

# CAPÍTULO 1

## LA INSUSTENTABILIDAD DEL MODELO DE AGRICULTURA ACTUAL

*Santiago J. Sarandón y Claudia C. Flores*

### Introducción

La agricultura es una de las actividades humanas más importantes. Pareciera que ha existido desde tiempos inmemoriales y va a existir por siempre. Sin embargo, durante la mayor parte de su historia en el planeta, la especie humana no practicó la agricultura: se adecuó a la naturaleza, viviendo de la caza y la recolección. Si pudiéramos equiparar la historia del género humano con 1 año calendario (habríamos aparecido sobre la tierra el 1 de enero), la agricultura habría surgido recién el 30 de diciembre a las 4 de la mañana. Es decir, que durante la mayor parte de la historia de la humanidad el ser humano se alimentó, se vistió y satisfizo sus necesidades básicas sin practicar la agricultura. La agricultura moderna, que nos resulta tan familiar, basada en la masiva aplicación de agroquímicos y el uso de cultivares e híbridos de alto potencial de rendimiento, recién habría hecho su aparición 13 minutos antes de la medianoche del 31 de diciembre; tan sólo un instante en la historia de nuestro género sobre este planeta. Sin embargo, en estos 13 minutos en que hemos aplicado nuestros conocimientos científicos y nuestra "sabiduría" a la agricultura, hemos originado una serie de problemas de tal magnitud, que están poniendo en duda la posibilidad de alimentar a las futuras generaciones.

Es cierto que la tecnificación de la agricultura ha incrementado, a través de un mayor rendimiento (por unidad de área) de los cultivos, la producción de alimentos en el mundo, pero no es menos cierto también, que esto ha estado basado en el uso de dosis masivas de insumos costosos y/o escasos: combustibles fósiles, plaguicidas, fertilizantes, semillas híbridas, maquinarias, agua para riego, etc. A su vez, este modelo de agricultura, tampoco ha logrado

solucionar el problema del hambre en la población mundial: actualmente hay 1.200 millones de personas desnutridas, con dietas que no cumplen el mínimo necesario de calorías.

El objetivo de este Capítulo es analizar el modelo de agricultura vigente, entender su impacto transformador del territorio, y analizar sus consecuencias para el ambiente y para la sustentabilidad de los agroecosistemas.

## La Revolución Verde: el cambio de paradigma en agricultura

No es posible entender la agricultura actual, sin analizar la influencia que en ella ha tenido lo que se conoce como Revolución Verde. El término "Revolución Verde" fue acuñado en 1968 por William Gaud, (administrador de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional-USAID), para referirse al incremento sorprendente y repentino de la producción de granos que ocurrió en varios países en vías de desarrollo a mediados de los años '60. Este aumento fue producto, entre otras cosas, de la difusión de variedades de trigo y arroz de alto potencial de rendimiento desarrolladas después de la Segunda Guerra Mundial, con el objetivo de solucionar el problema de hambre en el mundo. Las semillas "milagrosas" se difundieron rápidamente gracias al importante apoyo de los Centros Internacionales de Investigación Agrícola (entre ellos el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT)) creados por las Fundaciones Ford y Rockefeller, y al poco tiempo también se desarrollaron nuevos tipos de arroz y de maíz.

Este movimiento consideró que el problema del hambre en algunas regiones del planeta, se debía a la baja productividad de los cultivos y ésta a la inadecuada elección de los cultivares (genotipos) que se utilizaban, ya que no soportaban altas dosis de fertilizante (se volcaban). Por lo tanto, según este diagnóstico, la solución era cambiar el genotipo o tipo de cultivares. Y eso fue lo que hizo la Revolución Verde: desarrolló arroces y trigos enanos o semienanos que podían soportar altas dosis de fertilizantes sin volcarse. En nuestro país, estos materiales, sobre todo de trigo, llegaron provenientes de

uno de los más famosos de los Centros Internacionales creados por la Revolución Verde: el CIMMYT, con sede en México. Por eso se conocieron aquí como trigos mexicanos, o con germoplasma mexicano.

Esto significó un cambio sustancial del paradigma agrícola imperante hasta el momento: la disponibilidad y el uso de numerosas **variedades (ecotipos, razas locales) adaptadas a la variabilidad natural de los agroecosistemas**, se sustituyó por algunas pocas variedades de **alto potencial de rendimiento**, las cuales brindaban una promesa teórica de alta productividad por unidad de área (rendimiento), en tanto y en cuanto **el ambiente se adaptara a sus requerimientos**. Es decir, necesitaban que se les suministraran las condiciones necesarias para expresar este potencial de rendimiento. Este intento por brindarles el ambiente adecuado a las nuevas variedades implicó que, paulatinamente, se incorporaran masivamente fertilizantes, agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas, maquinarias, combustibles y riego. Ya no era necesario tener y conocer un gran número de variedades adaptadas a diferentes condiciones: unas pocas y bien rendidoras era todo lo que se necesitaba, siempre y cuando se les dieran las condiciones necesarias para expresar su potencial.

*El ambiente al servicio del genotipo: La Revolución Verde introdujo y generalizó la idea de modificar el ambiente para permitir expresar el alto potencial de rendimiento de pocas variedades en lugar de conservar una alta variabilidad genética para adecuarse a la gran diversidad de ambientes que constituyen los agroecosistemas. El problema de este enfoque es el alto costo ambiental que genera.*

A partir de este cambio de paradigma, la capacidad de las plantas de transformar energía luminosa en energía química a través del fenómeno de la fotosíntesis quedó condicionada, en los sistemas agrícolas, al suministro de ciertos recursos que no pueden considerarse totalmente renovables, como combustibles fósiles y recursos minerales.

A pocos años del inicio de la Revolución Verde, la agricultura que ha sido considerada, desde siempre, como la actividad de uso racional y renovable de

los recursos naturales por excelencia (en consecuencia sustentable) empieza a ver cuestionada su sustentabilidad por una serie de impactos ecológicos, económicos y sociales, derivados de las prácticas “modernas” de producción.

## La insustentabilidad de la “Agricultura Moderna”: los impactos negativos del modelo de la Revolución Verde

Es innegable que el modelo de la Revolución Verde logró un incremento significativo de la producción y productividad agrícola. En Argentina, desde 1989 hasta el 2011, la producción de granos se incrementó en un 60% y la superficie agrícola sólo el 24% (CASAFE, 2011). Sin embargo, este modelo estuvo asociado a una serie de problemas sociales y ambientales, algunos de ellos de gran magnitud, que ponen en duda su permanencia en el tiempo. (Tabla 1.1).

### Uso de agroquímicos

Una de las principales características de este proceso fue el incremento en el uso de insumos químicos. A pesar de las promesas del control total de plagas que surgieron cuando aparecieron los primeros pesticidas, el uso de insecticidas y herbicidas ha aumentado en los últimos años mostrando una tendencia preocupante: en Argentina, se pasó de un consumo de 73 millones de kg/l en 1995, a 236 millones de kg/l en el año 2005 (CASAFE, 2011) (Figura 1.1). En Brasil, existe preocupación porque el proceso productivo agrícola brasileiro depende, cada vez más, de los agrotóxicos y fertilizantes químicos (ABRASCO, 2012). Según esta publicación, en los últimos 10 años, el mercado mundial de agrotóxicos creció un 93%, mientras que el mercado brasileiro creció un 190%, utilizándose 853 Millones de litros, con una media de 12 l/ha. En 2008, el Brasil, superó a los Estados Unidos y se constituyó en el mayor mercado mundial de agrotóxicos. Los autores de esta publicación señalan su

preocupación porque de los 50 productos más utilizados en el país, 22 están prohibidos en la Unión Europea (ABRASCO, 2012).

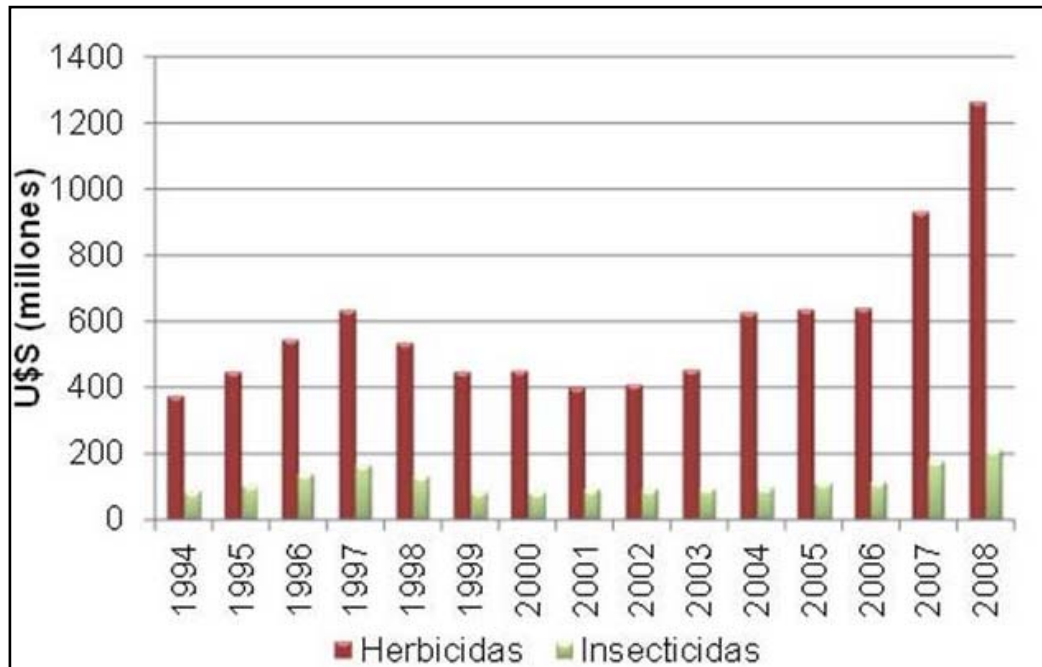
- Dependencia creciente de agroquímicos (insecticidas, herbicidas, fungicidas, fertilizantes).
- Contaminación de alimentos, aguas, suelos y personas por pesticidas y productos derivados del uso de fertilizantes sintéticos (nitratos y P en las aguas).
- Desarrollo de resistencia a los plaguicidas de ciertas plagas y patógenos.
- Pérdida de la capacidad productiva de los suelos, debido a la erosión, degradación, salinización y desertificación de los mismos. Pérdida de nutrientes de los suelos debida a la falta de reposición, junto con lixiviación y baja eficiencia en el uso de fertilizantes.
- Colmatación de cuerpos de agua (sedimentos). Eutrofización de embalses. Disminución de los acuíferos en zonas de regadío.
- Dependencia creciente de combustibles fósiles y la disminución de la eficiencia productiva en términos energéticos (cada vez se requiere más energía para mantener o aumentar la productividad de los cultivos).
- Pérdida de biodiversidad: Efecto de agroquímicos y simplificación de hábitats.
- Pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos (erosión génica).
- El desplazamiento de algunas técnicas de cultivo propias de agricultores/as tradicionales por la tecnología “moderna” supuestamente de aplicación universal (erosión cultural).
- Contribución al calentamiento global del planeta y disminución de la capa de ozono.
- No ha sido aplicable a todos los agricultores/as.
- No ha solucionado el problema de la pobreza rural.

**Tabla 1.1:** Características de este modelo de agricultura, que la hacen inviable y permiten dudar de su sustentabilidad en el tiempo (de Sarandón & Sarandón 1993, modificado)

Aunque en algunos países industrializados su uso ha declinado, la toxicidad de los principios activos puede no disminuir, e incluso aumentar, como señaló Mc Ginn (2000b), por lo que la cantidad de producto liberado puede seguir aumentando.

Esta intensificación en el uso de insumos químicos en la agricultura, junto con el uso inapropiado de ciertas tecnologías, provocaron impactos que perjudicaron, tanto a los recursos propios de los sistemas agrícolas, atentando

contra su capacidad productiva, como a los recursos globales o de otros sistemas (ciudades, ríos, lagos, atmósfera) y a las personas que forman parte de ellos.



**Figura 1.1:** Evolución del consumo de agroquímicos en Argentina en el período 1994-2008 (en millones de dólares estadounidenses)

### Contaminación por plaguicidas

Los plaguicidas utilizados en la agricultura pueden tener efectos negativos sobre la población relacionada directamente con las actividades agropecuarias y también con la salud de los consumidores de los productos provenientes de las mismas (Anexo 1.1). Cada año, un millón de personas (mayormente pobladores rurales expuestos permanentemente al contacto con los plaguicidas) se intoxican en forma accidental (PNUMA, 1990).

En la Argentina, el diario Clarín, uno de los más leídos del país, señaló el 1/4/2006 que en Córdoba, se había encontrado un pesticida prohibido (hexacloro ciclohexano, incluido en el listado de la "docena sucia") en la sangre de 23 chicos cordobeses. Es "posiblemente cancerígeno", señalaba el informe,

y apareció en estudios hechos a 30 niños de 4 a 14 años. Asimismo, una investigación realizada en Buenos Aires, detectó la presencia de pesticidas organoclorados prohibidos en el país, como el DDT, Mirex y Endosulfán en la leche materna de madres puérperas. El 90,5 % de los casos estudiados tenía residuos de, por lo menos, un plaguicida (Parsehian & Grandi, 2003).

#### Anexo 1.1

En la actualidad casi no se concibe la posibilidad de una agricultura sin un importante aporte de los agroquímicos, fundamentalmente pesticidas. Como señala Mc Ginn (2000a) “la agricultura moderna tiene una seria dependencia de agroquímicos - una adicción a los pesticidas”. La aparición de los plaguicidas de síntesis abrió una nueva era en el control de las principales adversidades bióticas que limitaban la producción de los cultivos. El bajo costo de estos productos, su fácil aplicación, el desconocimiento y la falta de conciencia acerca de su impacto sobre el ser humano y los ecosistemas, facilitaron su difusión de manera sorprendente. El desarrollo de los plaguicidas de síntesis fue recibido como un triunfo del hombre sobre la naturaleza. A tal punto, que el químico Paul Müller, recibió en 1948 el premio Nobel, por haber desarrollado el DDT.

Sin embargo, la ilusión duró sólo unos pocos años. En 1964 Rachel Carson publicó su famoso libro *La primavera silenciosa* (Carson, 1964) donde la peligrosidad de los plaguicidas fue puesta en evidencia con una crudeza inusitada y las cosas ya no volvieron a ser como antes.

Irónicamente, los mismos pesticidas que fueron vistos durante muchos años como un símbolo del triunfo del hombre sobre la naturaleza, hoy son puestos en las listas negras de numerosos países (por su extrema peligrosidad). Nueve de los 12 productos químicos más peligrosos que existen, denominados la “docena sucia”, fueron desarrollados y promovidos como insecticidas o fungicidas para su uso en la agricultura. Ellos son el Aldrin, Clordano, DDT, Dieldrin, Endrin, Heptacloro, Hexacloro, “Mirex” y “Toxafeno”. Estos productos, definidos como contaminantes orgánicos persistentes, conocidos por su sigla en inglés como POP (persistent organic pollutants), poseen la característica de ser muy tóxicos, acumularse en la cadena alimenticia, ser persistentes en el ambiente y tener el potencial de viajar largas distancias desde su punto de liberación. Estos compuestos, liberados entre 1942 (DDT) y 1959 (“Mirex”), están actualmente prohibidos o restringidos en varios países del mundo.

En la actualidad, en Argentina, existen cada vez más denuncias y casos de intoxicaciones por agroquímicos, hay regiones o franjas donde la de la aplicación de agroquímicos está totalmente prohibida, se observa una demanda creciente de alimentos sin agroquímicos y el problemas de plagas de la agricultura no se ha solucionado, ni mucho menos.

Es evidente que algo anda mal. Y surge entonces la duda o reflexión: nosotros, los agrónomos ¿tenemos alguna responsabilidad en esto? ¿Hay algo que debemos cambiar?

La respuesta parece ser clara ante las crecientes demandas sociales y las problemáticas ambientales asociadas al uso de los agrotóxicos: El poder diseñar y manejar sistemas sin necesidad de usos de agroquímicos será, entre otras cosas, el desafío que enfrentaremos los agrónomos en un futuro muy próximo.

Además, el uso de plaguicidas puede poner en peligro la salud de los consumidores de productos agropecuarios. Análisis efectuados por el Laboratorio del Mercado Central de la Ciudad de Buenos Aires, durante 1988 y 1989, mostraron que el 29,5 y el 14,2 % de las muestras de papa y apio

respectivamente, presentaban restos de plaguicidas superiores a los niveles tolerables, por lo que fueron consideradas no aptas para el consumo (Limongelli *et al.*, 1991). En Brasil, un tercio de los alimentos consumidos cotidianamente está contaminado por agrotóxicos, según un análisis de muestras recolectadas realizada por el programa de análisis de residuos de agrotóxicos en alimentos de ANVISA (2011).

En los EE.UU., un 26% de 15 frutas y hortalizas evaluadas por el Departamento de Agricultura de la Florida, mostraron la presencia de 2 o más pesticidas, entre ellos alguno prohibido como el DDT (Florida Department of Agriculture, 1987).

En un estudio en la Ciudad de México, en 96 muestras de leche comerciales, Prado *et al.* (1998) encontraron compuestos sumamente tóxicos y generalmente prohibidos, en cantidades que sobrepasaban en algunos casos el valor máximo permitido hasta 2,70 veces (Endrin) y hasta 2,21 veces, estando contaminadas hasta el 47,90 % de las muestras (Lindano).

### **Resistencia creciente a los plaguicidas**

Una de las consecuencias del uso indiscriminado de agroquímicos, que actualmente se está transformando en una gran preocupación, es la pérdida de efectividad de muchos plaguicidas debido al desarrollo de resistencia por parte de las especies plagas. Los agricultores/as perciben claramente este problema al observar que la efectividad de los plaguicidas está disminuyendo aceleradamente y que necesitan aplicar más y nuevos productos, para el control de las adversidades bióticas. Para el año 1989, ya se contabilizaban 504 especies de insectos que habían desarrollado resistencia a uno o más pesticidas (PNUMA, 1990). Esto significa la necesidad de uso de nuevos productos y/o de mayores dosis a intervalos más cortos para obtener el mismo resultado. Además, el uso indiscriminado de plaguicidas provoca la eliminación de depredadores naturales y aumenta la probabilidad de aparición de plagas nuevas y más vigorosas (Anexo 1.2).



### **Anexo 1.2. El caso del picudo del algodón en Nicaragua**

Tal vez uno de los ejemplos más dramáticos del uso indiscriminado de agroquímicos y su efecto sobre las plagas es el del control del picudo del algodón en Nicaragua en la década del '60 (Sweezy & Faber, 1990). Luego de 10 años de aplicación de plaguicidas el número de plagas económicamente importantes había aumentado de 5 a 9, los rendimientos cayeron hasta un 30% y el picudo del algodón adquirió 10 veces más resistencia al Metilparathión que antes. En casos extremos los campos se trataban hasta 35 veces en una temporada, llegando el costo de estas labores al 32% del costo total de producción. Asimismo, una plaga secundaria, como la oruga del algodón (*Heliothis zea*) adquirió 45 veces más resistencia al Metilparathión que antes, transformándose en una dificultad adicional.

El problema no es nuevo. En California, de las 25 pestes más serias listadas por el Departamento de Agricultura del Estado de California en 1970, 18 eran resistentes a uno o más insecticidas y 24 habían sido originados por el uso de pesticidas o agravadas por ellos (Luck *et al.*, 1977).

Uno de los casos más paradigmáticos ha sido, sin duda, la aparición, en Salta, Argentina, en el año 2005, de un biotipo de sorgo de Alepo resistente al glifosato. La aplicación de un único herbicida (glifosato) durante un largo período de tiempo en grandes superficies (actualmente 20 millones de hectáreas de monocultivo de soja transgénica RR) ejerció una enorme presión de selección que favoreció la rápida selección de ecotipos resistentes (ver Capítulos 6 y 11).

A esto hay que agregar el efecto destructivo potencial de los plaguicidas sobre la microflora y microfauna del suelo (no suficientemente estudiado), esenciales en los procesos de descomposición de residuos vegetales y en el reciclaje de nutrientes.

### **Pérdida de capacidad productiva de los suelos**

La pérdida de capacidad productiva de los suelos debida a procesos de degradación está aumentando en severidad y extensión en muchas partes del mundo con más del 20% de tierras agrícolas afectadas, el 30% de los bosques

y el 10% de los pastizales, lo que significa que un cuarto de la población mundial depende directamente de suelos degradados (FAO, 2008).

La **erosión de los suelos** es una de las causas principales de la pérdida de esta capacidad productiva. El estudio GLASOD (1990) estimó que la erosión hídrica es el tipo dominante de degradación del suelo y la responsable del 56% de las tierras degradadas en el mundo (11 millones de km<sup>2</sup>) mientras que la erosión eólica es responsable del 28% de esa degradación. En Argentina, el 20 % del territorio (55 millones de hectáreas), está afectado por erosión hídrica o eólica en grado severo, y crece en aproximadamente 650.000 hectáreas por año (CEPAL, 1999).

En la “Pampa Ondulada”, Argentina, la introducción de la soja en la década del ‘70, en reemplazo del maíz, y la agricultura permanente (rotación trigo-soja), con uso del arado de reja y vertedera, han sido responsabilizadas de la pérdida de 5 a 20 cm de la capa superficial del suelo en una superficie de 1.280.000 has., que representan el 32% de una de las regiones más productivas del país (Senigagliesi, 1991). En sólo 20 años, millones de toneladas de la mejor tierra han ido a parar a los cursos de agua, arrastrando nutrientes indispensables para mantener la productividad de los cultivos y provocando otros problemas derivados de la acumulación de sedimentos en los cuerpos de agua.

La **pérdida de nutrientes** es otro problema importante del cual se ha tomado conciencia en los últimos años y ya ocupa el segundo lugar dentro de los tipos de degradación del suelo en Sudamérica (FAO, 2008). El aumento sostenido en el tiempo de los rendimientos de los cultivos, producto del empleo de los germoplasma de alto potencial de rendimiento, basado en un mayor índice de cosecha (relación grano/planta entera), ha llevado a un incremento permanente de las tasas de extracción de los nutrientes que no fue compensada con una adecuada reposición de los mismos, lo que ha determinado un empobrecimiento de nutrientes del suelo.

Por ejemplo, en el período 1970-1999, la Región Pampeana Argentina perdió 23 millones de Toneladas de nutrientes (N, P, K) de las cuales el 46% correspondieron al cultivo de soja, el 28% al trigo y el 26% al maíz (Flores &

Sarandón, 2003. Los costos económicos de esta pérdida representaron el 20,6%, 20,0% y 18,7% de los márgenes brutos promedios de la década del '80 y '90, respectivamente.

Darwich (2003) ha señalado los valores de las pérdidas de nutrientes N, P y S de los suelos de la Región Pampeana Argentina, en los cultivos de soja, maíz, trigo, girasol y alfalfa por falta de reposición de los nutrientes extraídos por la cosecha (Tabla 1.2). En el caso de la soja este déficit puede llegar hasta 105 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Si bien los balances de N, P, K y S para los cultivos de soja, maíz, trigo y girasol se han equilibrado durante los últimos años, aún siguen siendo negativos. Para la campaña 2009/2010 la fertilización sólo habría alcanzado para reponer un 30%, 39%, menos del 1% y 29% de N, P, K y S respectivamente, de los nutrientes extraídos por cosecha (García & González Sanjuan, 2010).

Cultivo	Rinde	NITRÓGENO			FOSFORO			POTASIO		
		Extr.	Fert.	Bal.	Extr.	Fert.	Bal.	Extr.	Fert.	Bal.
Soja	3.500	210	0	<b>-105</b>	24	12,0	<b>-12</b>	16,5	8,0	<b>-8,5</b>
Maiz	8.000	120	70	<b>-50</b>	24	18,0	<b>-6</b>	14,5	0	<b>-14,5</b>
Trigo	4.000	80	55	<b>-25</b>	15	14,0	<b>-1</b>	4,4	3,0	<b>-1,4</b>
Girasol	2.500	68	30	<b>-38</b>	10	8,0	<b>-2</b>	4,75	0	<b>-4,75</b>
Alfalfa	10.000	250	0	<b>-75</b>	25	16,0	<b>-9</b>	35,0	0	<b>-35,0</b>

**Tabla 1.2:** Extracción (Extr.) y reposición (Fert.) y balance de Nutrientes (Bal.) (Kg/Ha) para diferentes rendimientos en los principales cultivos de la Región Pampeana Argentina. Año 2002. Modificado de Darwich (2003)

Este extracción “minera” de nutrientes ha sido una de las causas de la aparición de situaciones de creciente respuesta a la fertilización en los diferentes cultivos y en determinadas zonas de la región pampeana, entre ellos el fósforo (Darwich, 1991), el boro (Salvagiotti, 2013) y el azufre (Martínez & Cordone, 2000; Díaz Zorita *et al.*, 2002).

La **pérdida de materia orgánica** es otro proceso de degradación que afecta la productividad de los suelos. En Argentina, los elevados contenidos de materia orgánica de los suelos han sido disminuidos como consecuencia del modelo de producción agrícola (Zubillaga & Zubillaga, 2008). El monocultivo de soja ha agravado esta situación, ya que la cantidad y calidad de su rastrojo, no alcanzan a compensar las pérdidas de carbono edáfico que se producen por mineralización de la materia orgánica (Andriulo, 1999; Fontanetto & Keller, 2003). En buena parte de la Región núcleo sojera se han registrado balances negativos de materia orgánica debido a que el carbono mineralizado anualmente por la soja no es compensado por la escasa cantidad y baja relación C/N de sus rastrojos (Martellotto *et al.*, 2001). Según Fontanetto & Keller, 2003), en la zona núcleo sojera de la Argentina, luego de una soja se pierden 141 Kg/ha de carbono. Con estos datos, Zazo *et al.* (2011) calcularon, para el Partido de Arrecifes (provincia de Buenos Aires), una pérdida anual promedio de C para el cultivo de soja de 7.808 t, lo que significó una pérdida de 13.969 t de carbono en el período comprendido entre 1987-2007.

Este balance negativo de C, conduce, luego de varios años de monocultivo de soja, a que el suelo tienda a densificarse, a formar “pisos” o capas endurecidas que, a su vez, limitan el crecimiento de las raíces, y, en algunos casos, determinan el cambio de dirección de las mismas (Casas, 2006).

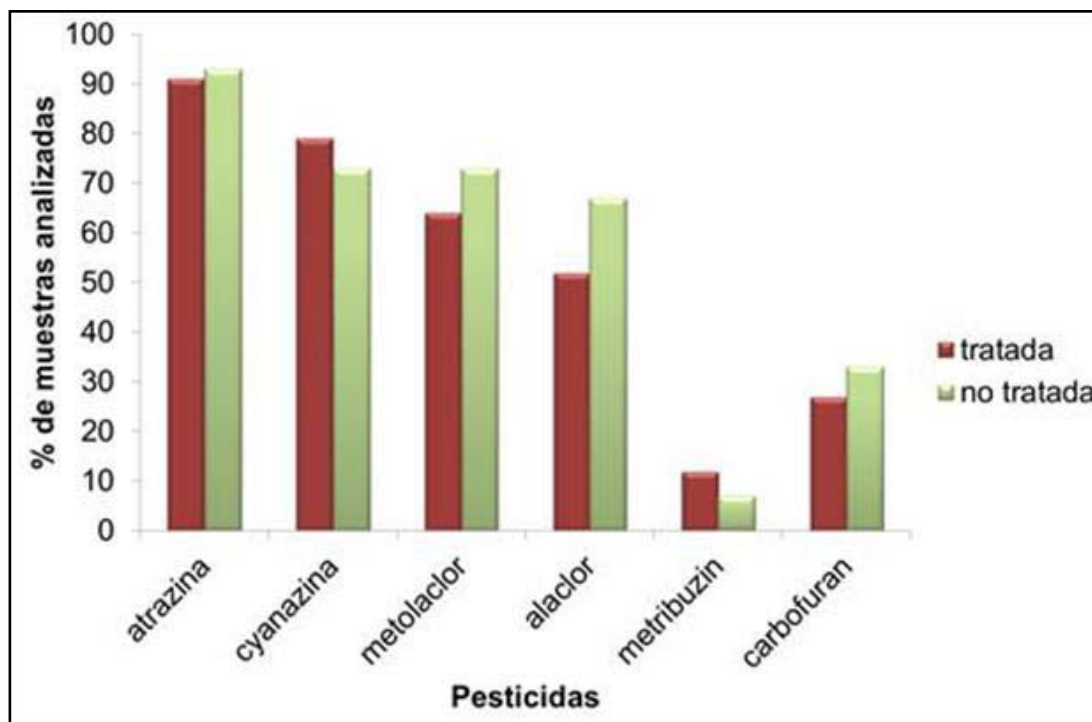
Esta **pérdida de la estructura del suelo**, con la aparición de problemas de encostramiento (planchado) y piso de arado, además de producirse por la pérdida de C orgánico, también es producida por el uso excesivo y/o inadecuado de la maquinaria agrícola. Como consecuencia de dicha pérdida, disminuye la capacidad de infiltración de agua y provoca un aumento en el número de labores para mantener el suelo en condiciones productivas. Este exceso de laboreo disminuye, a su vez, el contenido de materia orgánica y por lo tanto la fertilidad, provocando el incremento en el uso de fertilizantes sintéticos para restituirla.

## Deterioro de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas

El agua es sin dudas uno de los recursos más importantes y valiosos para la agricultura y para la humanidad. Aunque el agua abunda en nuestro planeta (2/3 de su superficie están cubiertas por agua) y forma parte de un ciclo que parece no agotarse nunca, hay dos características que deben ser tenidas en cuenta y que pueden significar un serio problema para los humanos: su calidad y su disponibilidad. La mayor parte del agua es salada y, por tanto, no útil para la mayoría de los usos, entre ellos el consumo humano y el riego para la agricultura. Por lo tanto, la disponibilidad de agua dulce impone importantes restricciones a su uso indiscriminado. La agricultura es la actividad humana que hace un mayor uso del agua para consumo. Por lo tanto, el modelo de agricultura elegido, tendrá un gran impacto sobre este recurso. De alguna manera, la disponibilidad de agua de calidad, es una de las principales limitantes a la productividad de los cultivos a escala mundial.

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). Existen importantes evidencias de **contaminación de las aguas destinadas al consumo con plaguicidas y/o con derivados de fertilizantes** (como los nitratos), sobre todo en países desarrollados donde se hace un mayor consumo de agroquímicos (Newbould, 1989). En los estados del cinturón maicero de los Estados Unidos, existen datos que demuestran la contaminación de las aguas, aún después del tratamiento de potabilización, con herbicidas e insecticidas (Figura 1.2). En el estado de Iowa, EE.UU., un 82% de las muestras de agua superficiales utilizadas para bebida humana contenían 2 o más pesticidas, entre ellos Alaclor y Atrazina, considerados con posibles efectos cancerígenos (NRC, 1989). En Almería (España), tal vez la zona con mayor superficie de invernáculos del mundo, se encontró una alta frecuencia de muestras de agua que contenían los plaguicidas endosulfán y clorpirifós (Martínez Vidal *et al.*, 2004). Aparentemente, muchos de estos plaguicidas no son fácilmente

eliminados por los tratamientos de potabilización, ni siquiera por los más sofisticados.



**Figura 1.2:** Porcentaje de muestras que presentaron restos de plaguicidas en el agua tratada para su potabilización y no tratada, en el estado maicero de IOWA, EE.UU. (NRC, 1989)

La **contaminación de los cuerpos de agua por exceso de fertilizantes** es un grave problema en países desarrollados o industrializados donde la agricultura se realiza con altas dosis de uso de fertilizantes y con una eficiencia en su uso muy baja debida, entre otras causas, al exceso de aplicación. Un 25% de los estados de EE.UU. tienen niveles de nitratos en aguas subterráneas superiores al límite recomendado de  $3 \text{ mg.l}^{-1}$  y en algunos supera el nivel de  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  (NRC, 1989). En la Argentina, se ha citado un aumento en el número de casos de metahemoglobinemia (enfermedad relacionada con los nitratos en agua), en la población escolar de zonas hortícolas del Gran Buenos Aires, que se caracterizan por la aplicación intensiva de fertilizantes (Catoggio, 1991).

La **colmatación de embalses** por arrastre de sedimentos o deposición de nutrientes, resultado de los fenómenos erosivos, es otra consecuencia importante de las actividades agrícolas. Se calcula que este efecto es económicamente 8 veces más importante que la pérdida de productividad del suelo (USDA, 1987). Los sedimentos arrastrados ocasionan turbidez en el agua afectando la captación de luz por las plantas acuáticas y por lo tanto de quienes se alimentan de ellas. Además, la calidad del agua disminuye para su uso recreativo, navegable y aumenta los costos de su procesamiento para el consumo humano.

La **eutrofización de los cuerpos de agua** (enriquecimiento de nutrientes del agua) es otro problema bastante común en países que utilizan grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados y fosforados. Esto disminuye la calidad del agua para consumo humano o usos recreativos por la proliferación de hongos y plantas acuáticas. En algunos casos, estos organismos pueden producir olores desagradables e incluso toxinas que pueden ocasionar mortandad masiva de peces, aves o mamíferos.

Otro efecto de este modelo de agricultura sobre el recurso hídrico es **la disminución del nivel de los acuíferos** por el aumento de las superficies bajo riego (en cultivos tradicionalmente de secano) como consecuencia de una velocidad en el uso de agua mayor que la capacidad de recarga.

De todas las vulnerabilidades que caracterizan a la agricultura bajo riego en la actualidad, ninguna parece mayor que la disminución de los niveles de los acuíferos. Aunque el agua se “obtiene” o “encuentra” cavando un pozo dentro de los límites de la finca o predio, la misma no pertenece a nuestro sistema, sólo hacemos uso de ella; y a veces en forma no adecuada. La disminución del acuífero se debe a que, muchas veces, se utiliza el agua a una velocidad mayor que la capacidad de recarga, a veces con el objetivo de maximizar los rendimientos en cultivos de alto valor pero poco eficientes en el uso del agua.

En nuestro país y en otros países del mundo, se ha verificado un crecimiento importante de las áreas bajo riego de grandes cultivos en zonas tradicionalmente de secano, basado, fundamentalmente en el uso del agua subterránea. Este aumento de la superficie bajo riego tiene importantes efectos

sobre la disminución de los niveles de los acuíferos. En la India, se han citado disminuciones del nivel de las napas de agua a un ritmo de 0,50 m por año en grandes áreas de la zona del Punja (Postel, 2000). En ciertas regiones de EE.UU., en el 45% del área irrigada el acuífero ha disminuido a un ritmo de 0,30 m por año y en Nebraska a unos 0,60 m por año. En las grandes planicies del Norte de Texas, donde la recarga del acuífero es lenta, este ha disminuido a niveles que restringen su uso agrícola (NRC, 1989).

A su vez, el uso de riego está asociado con un aumento en las dosis de agroquímicos, principalmente fertilizantes, los que resultan necesarios dentro de un paquete tecnológico de mayores insumos. Por lo tanto, también aumenta el riesgo de percolación y contaminación de los acuíferos.

### **Disminución de la eficiencia energética**

La energía es un recurso imprescindible para la existencia y el manejo de los agroecosistemas (ver Capítulo 4 y 7). Aunque el rendimiento de los cultivos ha aumentado sensiblemente en las últimas décadas, la energía necesaria (en forma de insumos, maquinaria y combustibles) invertida para lograrlo, en muchos casos, se ha incrementado en forma más que proporcional. Por lo tanto, la eficiencia energética (energía cosechada por unidad de energía utilizada) ha disminuido peligrosamente. Según Pimentel *et al.* (1990) desde el año 1700 hasta 1900 el incremento en el uso de la energía (principalmente fósil) aumentó 17 veces, mientras que, en el mismo período, los rendimientos del maíz aumentaron sólo 3 veces. En China, Dazhong & Pimentel (1990) citan que desde 1950 la energía utilizada en la agricultura (con el advenimiento de los fertilizantes sintéticos, pesticidas y maquinaria) aumentó unas 100 veces para incrementar los rendimientos 3 veces. Esto significa que cada vez se requiere más energía para producir aumentos en los rendimientos.

El modelo agrícola moderno, intensivo y altamente productivo, se basa en el uso de elevadas cantidades de insumos derivados del petróleo, en forma de aportes directos de combustibles e indirectos para la producción de



agroquímicos, fertilizantes, maquinaria y semillas (Gliessman, 2001). En algunos sistemas, la proporción de energía renovable representa sólo un 7 a 16% de la energía primaria total utilizada, mostrando la alta dependencia de energía no renovable de los modelos intensivos de agricultura (Grönross, 2006).

La eficiencia energética, entendida como unidades de energía cosechada por cada unidad de energía suministrada, ha sido analizada en diversos sistemas de producción (Ozkan *et al.*, 2003; Flores *et al.*, 2004, Iermanó y Sarandón, 2009a, 2009b, 2010) mostrando, en muchos casos, valores cercanos a la unidad o aún menores. En cierto sentido, la agricultura moderna de altos insumos consiste en transformar la energía proveniente de los combustibles fósiles en alimentos o fibra. Energía que ha tardado millones de años en acumularse se está consumiendo a un ritmo excesivamente acelerado. La explotación petrolera es una actividad minera y no productiva y la posibilidad de mantener este ritmo de extracción por mucho tiempo, parece totalmente improbable. La idea de utilizar la propia agricultura para producir energía, mediante los denominados agrocombustibles, (principalmente el etanol y el biodiesel) aparece también como poco probable desde el punto de vista de la eficiencia energética, y, además, plantea una serie de problemas ecológicos de gran magnitud (Iermanó & Sarandón, 2009a) (ver Capítulo 7).

### **Pérdida de biodiversidad: erosión genética**

La producción agropecuaria está relacionada también con otros efectos negativos para la calidad del ambiente, cuyas consecuencias pueden parecer menos evidentes por presentarse en una escala más global. Uno de ellos es la pérdida de biodiversidad y la extinción acelerada de especies.

La biodiversidad o diversidad biológica (DB) es definida como “(*...la variabilidad entre organismos vivientes de todo tipo u origen, incluyendo, entre otros, ecosistemas terrestres, marinos y otros sistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los cuales ellos forman parte.* Esto incluye diversidad dentro de las especies (genética), entre especies (específica) y de

ecosistemas” (UNEP, 1994) La Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) reconoce explícitamente “el valor intrínseco de la DB y de los valores ecológicos, genéticos, económicos, sociales, científicos, educacionales, recreativos, culturales y estéticos de la diversidad biológica y sus componentes”. Reconoce, además, la importancia de la DB para la evolución y mantenimiento de los sistemas necesarios para la vida en la biosfera y destaca, especialmente, la preocupación por su considerable reducción como consecuencia de determinadas actividades humanas.

A pesar de la importancia que la biodiversidad tiene para la agricultura, tanto como fuente de genes, como por la prestación de servicios ecológicos, la agricultura es, paradójicamente, una de las actividades humanas que mayor impacto negativo tiene sobre la diversidad biológica.

*A pesar de la importancia que la biodiversidad tiene para la agricultura, tanto como fuente de genes, como por la prestación de servicios ecológicos, la agricultura es, paradójicamente, una de las actividades humanas que mayor impacto negativo tiene sobre la diversidad biológica.*

Los sistemas agrícolas, representan entre un 50 a un 70% de los ecosistemas terrestres en la mayoría de los países. La agricultura consiste en modificar los ecosistemas para lograr la producción de pocas o de una especie “económicamente rentable”. Cualquier tipo de agricultura implica una simplificación del sistema y una reducción importante de la biodiversidad. Pero la agricultura moderna se caracteriza por su gran uniformidad a nivel genético y específico (híbridos simples de maíz, clones de papa), a nivel parcela (toda la parcela sembrada con la misma especie, sin presencia de vegetación espontánea: malezas), a nivel finca (grandes superficies con unos pocos cultivos) y a nivel región (zonas productoras de determinados cultivos), lo que se traduce también en la uniformidad del paisaje (Sarandón, 2002).

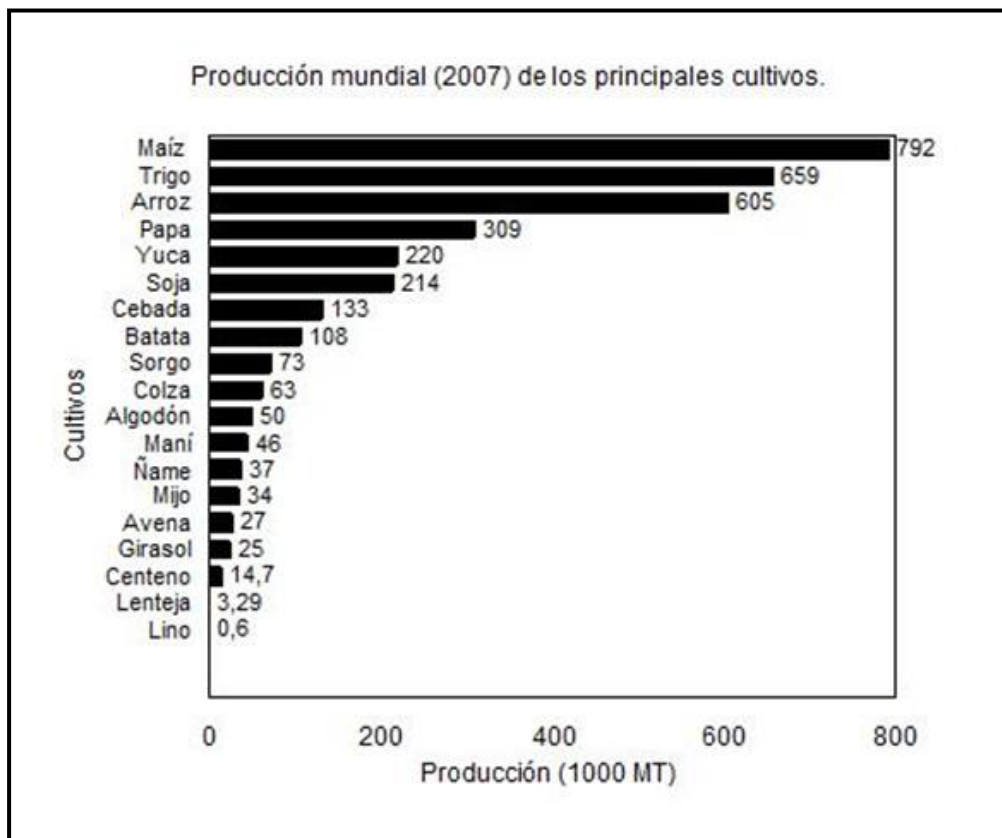
Además, “el uso inapropiado y la excesiva dependencia en agroquímicos han producido un substancial efecto negativo sobre ecosistemas terrestres, incluidos organismos del suelo, costeros y acuáticos, perjudicando, por lo tanto,

la diversidad biológica de diferentes ecosistemas” (UNEP, 1997). La interrelación entre agroecosistemas y ecosistemas naturales es, por lo tanto, estrecha y evidente. La idea que puede “salvarse al planeta con plaguicidas y plásticos” (Avery, 1998), se estrella con las leyes naturales de la ecología que no reconocen estas fronteras artificiales entre ecosistemas naturales y domesticados.

Aun existe en las ciencias agropecuarias una visión limitada sobre lo que es la biodiversidad y su rol en los agroecosistemas. Durante mucho tiempo, los agrónomos han visto y valorado a la biodiversidad principalmente, o casi exclusivamente, como fuente de genes; como un valioso recurso al cual acudir para “diseñar” o “reparar” cultivares de alto potencial de rendimiento, que, (paradójicamente, debido a su monocultivo) se vuelven ecológicamente susceptibles. Hoy se comprende que la biodiversidad es un importante recurso capaz de brindar una serie de servicios ecológicos imprescindibles para el buen funcionamiento de los agroecosistemas (Sarandón, 2009).

La pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos es otro de los graves problemas a afrontar. La agricultura de por sí implica una reducción en la biodiversidad natural de los ecosistemas para reemplazarla por una población artificial de uno o pocos cultivos en grandes áreas. Pero la agricultura actual ha reducido esta diversidad al máximo. De las cerca de 80.000 plantas comestibles que se considera que existen, sólo se usan unas 200, y únicamente 12 son alimentos básicos importantes de la humanidad (FNUAP, 1991). Esto se ve claramente cuando se analizan las producciones anuales mundiales de los principales cultivos (Figura 1.3). La producción de los 3 cultivos más importantes (arroz, trigo y maíz), de los 19 que aparecen en esta figura, supera la suma de todos los demás y representa aproximadamente un 60 % de la producción mundial total.

Esta baja diversidad se ve agravada por el hecho de que en general, se utilizan sólo unas pocas variedades (las más "exitosas") de estos cultivos en amplias superficies, aumentando la fragilidad del sistema y el riesgo de que el ataque de una plaga o patógeno pueda provocar efectos devastadores en la producción de alimentos. Un ejemplo de ello es el cultivo de soja en Argentina.



**Figura 1.3:** Producción mundial anual de los principales cultivos. Fuente: FAOSTAT (2009)

Como un ejemplo del peligro de la uniformidad genética sobre la fragilidad de los agroecosistemas, basta recordar los casos de los cultivos de papa en Irlanda en el siglo XIX (1845 y 1846) y de maíz en Estados Unidos en 1970 y 1971, donde grandes superficies cultivadas con unas pocas variedades muy susceptibles fueron destruidas por enfermedades.

La falta de variabilidad genética restringe a su vez las fuentes potenciales de resistencia a plagas, enfermedades y adaptación a condiciones desfavorables (sequías, salinidad, bajas temperaturas etc.).

### **La erosión cultural: el costo de la “soberbia” de algunos científicos**

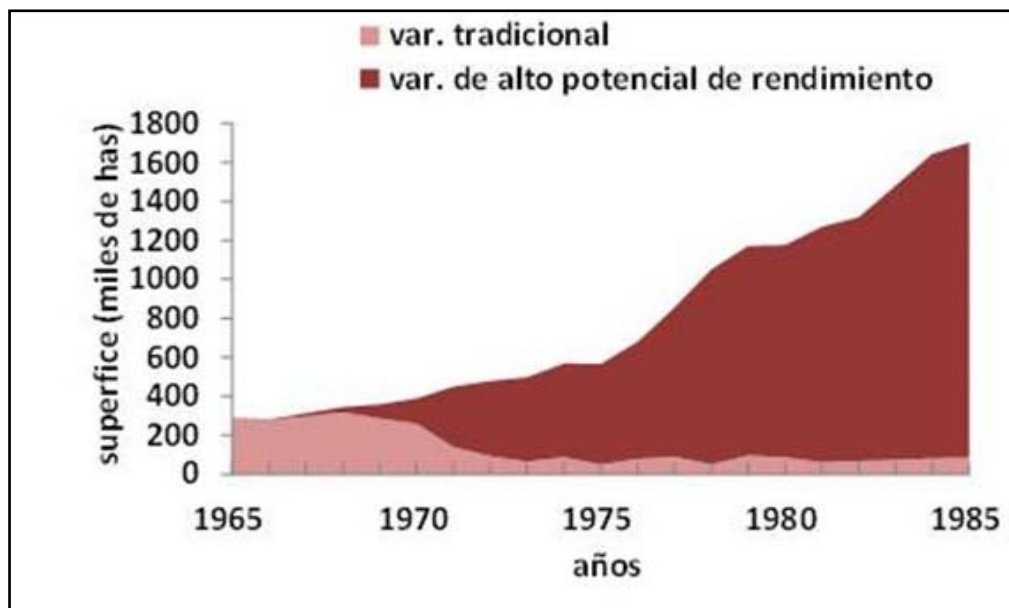
La agricultura industrial no solo ha generado impactos ecológicos; sino también un impacto cultural de inapreciables consecuencias: la destrucción de los saberes acumulados durante más de 10.000 años de interacción entre la

sociedad humana y la naturaleza. En efecto, la agricultura industrializada se ha expandido en gran parte del mundo “ignorando” y “despreciando” los conocimientos locales, los que fueron visualizados como atrasados, arcaicos, primitivos o inútiles. Este modelo no ha podido reconocer ni valorar la existencia de un saber local (entendido como la gama de conocimientos propios, de carácter empírico, transmitidos oralmente) entre los agricultores/as (Toledo, 2005).

El logro de una agricultura sustentable requiere un manejo ecológicamente adecuado de los recursos naturales presentes en los agroecosistemas, manejo muchas veces coincidente con las prácticas agrícolas utilizadas por estos productores/as (Altieri, 1991; Toledo, 1992; Gómez-Benito, 2001). Estas prácticas son producto de la coevolución de los agricultores/as con el medio. Esta coevolución los ha dotado de un conocimiento y valoración de los recursos naturales presentes en el agroecosistema y se ha traducido en el diseño y ejecución de estrategias de producción adecuadas con la conservación de los recursos. Esto ha sido comprobado en viticultores de la zona de Berisso (Abbona *et al.*, 2007), en horticultores familiares de la zona de La Plata, (Gargoloff *et al.*, 2007) y en productores/as familiares de la región de Misiones, Argentina (Noseda *et al.*, 2011).

Sin embargo, el menosprecio y desconocimiento de las técnicas tradicionales de cultivo, y de sus bases ecológicas y culturales, provocó que, durante mucho tiempo, éstas fueran desplazadas y reemplazadas por una “tecnología moderna más eficiente”. Esto generó una gran erosión cultural que tiene enormes repercusiones en los intentos de conservación de germoplasma in situ. Vandana Shiva (1991) señala enfáticamente que la introducción de las variedades “milagrosas” de la Revolución Verde en la India, provocó la disminución de la superficie sembrada con numerosas variedades tradicionales que se fueron perdiendo al reemplazarse por pocas variedades modernas (Figura 1.4). Muchas variedades y ecotipos de plantas de cultivo han desaparecido para siempre de la faz de la tierra.

En la actualidad, algunos científicos han reconocido el error y están revalorizando la cultura de los agricultores/as tradicionales y sus métodos de cultivo, ya que ellos pueden conservar el germoplasma *in situ* en coevolución con los cambios del ambiente, lo que no puede hacerse con la conservación *ex situ* en los grandes centros internacionales o bancos de germoplasma. Asimismo, se reconoce que el mantenimiento de la diversidad cultural es imprescindible para el mantenimiento de la diversidad biológica, ya que no puede cultivarse lo que no se conoce (ver Capítulo 5).



**Figura 1.4:** *Impacto de la Revolución Verde en la India: difusión de nuevas variedades de arroz y desplazamiento de las tradicionales. Confeccionado a partir de datos de Shiva (1991)*

### Exclusión de los agricultores/as más pobres

Más allá de los graves problemas ambientales y sociales detallados previamente, la aplicación del modelo de la Revolución Verde ha provocado la exclusión de un gran número de agricultores/as de los países en vías de desarrollo, ya que para adecuarse al modelo, era necesario disponer de un capital importante para adquirir la maquinaria agrícola y comprar los fertilizantes y pesticidas. Así, los productores/as más pobres de los países de África, Asia y América quedaron relegados de esta nueva agricultura. Con el

paso de los años, este modo agrícola industrial llevó a una disminución en el número de establecimientos agropecuarios no sólo por la disminución de “pequeños productores” sino por la concentración de las tierras productivas en las manos de los “grandes”.

Estos errores empiezan a ser reconocidos. En la Argentina, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2005) admite que “la pequeña agricultura familiar es parte de un sector social relevante en Argentina dado su gravitante rol en la seguridad alimentaria, en la absorción de mano de obra en la actividad agrícola y en la retención de la migración campo–ciudad”. Por su parte, la FAO admitió que, a pesar de que se habían invertido muchos recursos en las últimas décadas para lograr la modernización del sector agropecuario en Latinoamérica, “los resultados de estos esfuerzos fueron modestos, por no decir decepcionantes” (IICA, 1999). Además, reconoció que “se cometió el gravísimo error de no priorizar la generación de tecnologías de bajo costo que fuesen adecuadas para las circunstancias de escasez de capital y adversidad físico-productiva que caracteriza a la gran mayoría de los productores agropecuarios.” (IICA, 1999). Y que el sistema de subsidios y créditos (para que los productores accedieran a la moderna tecnología), con demasiada frecuencia benefició más al sector financiero y a los fabricantes de insumos y equipos, que a los propios agricultores/as.

El INTA (2005) ha reconocido que “el gran desarrollo tecnológico producido en las últimas décadas ha estado centrado principalmente en tecnología de insumos y capital intensiva, lo que desplazó al sector de pequeños productores”. Asimismo, ha señalado que “la tecnología generada no siempre ha satisfecho la demanda del sector de la agricultura familiar”. Cabe aclarar, que el sector de agricultores/as familiares es el más numeroso en la Argentina representando cerca del 70 % de los agricultores/as, variando entre 66 % (Obschatko, 2007) y 87 % (FAO, 2012).

## Conclusiones

De lo expuesto hasta aquí, surge que el manejo actual de los agroecosistemas pone en peligro tanto la calidad del ambiente como la capacidad productiva del mismo.

Debido a que el manejo de los sistemas agropecuarios altamente tecnificados se basa en: la utilización en forma ineficiente de energía proveniente principalmente de fuentes no renovables (combustibles fósiles), prácticas de uso intensivo del suelo (con deterioro de sus propiedades productivas), agotamiento de un recurso vital como el agua, la aplicación creciente de plaguicidas peligrosos y cada vez menos eficientes y el uso de un número limitado de variedades mejoradas de cultivos (cuya base genética está agotándose), esta agricultura no puede considerarse sustentable por mucho tiempo.

Debemos pues, cambiar este estilo de agricultura si queremos pensar en las generaciones futuras. Como señala Bright (2000), debemos tratar de anticiparnos a la “sorpresa” ambiental porque la naturaleza no tiene un botón de “reset” para apretar y comenzar de nuevo. Las causas y probables soluciones las analizaremos en el siguiente Capítulo.

## Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué fue el movimiento llamado Revolución Verde y cuál fue su influencia en el modelo de agricultura actual? ¿Cuál cree usted que ha sido la influencia de la llamada Revolución Verde en las Ciencias Agrarias? Dé un ejemplo.*
2. *Identifique cuáles de los problemas asociados a la agricultura actual, descritos en este Capítulo, afectan la capacidad productiva del agroecosistema y cuáles de ellos tienen impacto sobre el sistema global.*
3. *Basándose en el análisis de este documento, identifique y describa los principales problemas de la actividad agropecuaria que caracteriza a su región. Agrupe los mismos según sean de tipo ecológico, social o económico ¿Considera que esto pone en riesgo la sustentabilidad de la zona? ¿Por qué?*
4. *Seleccione uno de los problemas descritos en la pregunta anterior e identifique por lo menos 3 factores causantes y 3 efectos de dicho problema asociándolos a cada dimensión (ecológica, social y económica) ¿Encuentra alguna interrelación entre causas y efectos de diferentes dimensiones? Describa brevemente.*



5. *¿Cuál es el significado de la expresión “poner el ambiente al servicio del cultivar” que se atribuye al enfoque de la Revolución Verde? ¿Cómo se relaciona esta idea con los problemas asociados a la agricultura actual?*
6. *¿Cuál ha sido el impacto del modelo de agricultura sobre el acceso a la tecnología por parte de los productores/as?*

## Bibliografía citada

- Abbona EA, SJ Sarandón, ME Marasas & M Astier (2007) Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (3- 4): 335-345.
- ABRASCO (2012) Associação Brasileira de Saúde Coletiva Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1 - Agrotóxicos, Segurança Alimentar e Nutricional e Saúde. Carneiro FF, W Pignati, RM Rigotto, LGS Augusto, A Rizzolo, NMX Faria. VP Alexandre, K Friedrich, MSC Mello. Rio de Janeiro. 88pp.
- Altieri MA (1991) ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? En *Agroecología y Desarrollo*. CLADES 1:25pp.
- Andriulo A (1999) Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. [http://www.agronomyjournal.org/index.php?option=article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/agro/pdf/1999/05/Agronomie\\_02495627\\_1999\\_19\\_5\\_ART0004.pdf](http://www.agronomyjournal.org/index.php?option=article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/agro/pdf/1999/05/Agronomie_02495627_1999_19_5_ART0004.pdf). Último acceso: noviembre de 2013.
- ANVISA (2011) Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxico em Alimentos (PARA), dados da coleta e análise de alimentos de 2010. Brasília:. Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em: 21/12/2011.
- Avery D (1998) Salvando al planeta con plaguicidas y plásticos. El triunfo ambiental de la agricultura de altos rendimientos. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, Buenos Aires, 318 pp.
- Bright (2000) Anticipating environmental “surprise”. In: *State of the World 2000*. Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. WW Norton & Company, New York, London. 2:22-38.
- Carson R (1964) *The silent spring*. New York, Fawcett. 304 pp.
- CASAFE (2011) Guía de Productos Fitosanitarios. 15° Edición. Cámara de Sanidad Agropecuaria y fertilizantes. 2000 pp.
- Casas R (2006) Preservar la calidad y salud de los suelos una oportunidad para la Argentina. En: [http://www.anav.org.ar/trabajos\\_publicados/5/casas.pdf](http://www.anav.org.ar/trabajos_publicados/5/casas.pdf). Último acceso: marzo de 2013.
- Catoggio JA (1991) Contaminación del agua. Causas de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Precipitaciones ácidas. Eutroficación; polución costera. *Latinoamérica Medio Ambiente y Desarrollo*. Programa de Medio Ambiente. Seminario Latinoamericano sobre Medio Ambiente y Desarrollo. San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro, Argentina. Octubre de 1990: 137-155.
- CEPAL (1999) Tendencias actuales de la gestión del agua en América Latina y el Caribe. Documento LC/L.1180. República Dominicana. 98 pp.
- Darwich N (1991) Recursos Naturales. Pampa Húmeda Sur. INTA, Seminario Juicio a nuestra agricultura. Hacia un desarrollo sostenible. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.: 51-63.

- Darwich N (2003) El balance económico en las rotaciones agrícolas. INTA Proyecto fertilizar. Disponible en [www.fertilizar.org](http://www.fertilizar.org)
- Dazhong W & D Pimentel (1990) Energy flow in Agroecosystems of Northeast China. In SR Gliessman (Ed.) *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. Springer-Verlag: 322-336.
- Díaz Zorita M, F García & R Melgar (coord.) (2002) Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Boletín Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino. 44 pp.
- FAO (2008) FAO sala de prensa: Aumenta la degradación del suelo. Un cuarto de la población mundial está afectada, según un nuevo estudio. <http://www.fao.org/newsroom/news/2008/1000874>. Último acceso: febrero 2011.
- FAO (2012) Boletín de Agricultura Familiar de América Latina Y el Caribe, Observatorio de la Agricultura Familiar, La agricultura familiar en Argentina 4-7. Octubre – Diciembre 2012.
- FAOSTAT (2009) <http://faostat.fao.org/>. Último acceso 1/9/2009.
- Flores CC & SJ Sarandón (2003) ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El análisis económico convencional y el costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*: 105 (1): 52-67.
- Flores CC, SJ Sarandón & MJ Iermanó (2004) Eficiencia energética en sistemas hortícolas familiares del partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Anales (CD-ROM) II Congreso Brasileiro de Agroecología, V Seminário Internacional sobre Agroecología, VI Seminário Estadual sobre Agroecología, Porto Alegre, 22 al 25 de Noviembre de 2004, Porto Alegre, Brasil*. 278 MAP. 4pp.
- Florida Department of Agriculture (1987) Residue Testing Laboratory. Data compiled from the 1986-87 growing season, Florida Dept of Agriculture, Tallahassee. Available from Environmental Health Research, Vero Beach, Fla. In: National Research Council (1989) *Problems in US. Agriculture*. In: *Alternative Agriculture*. Committee on the role of alternative farming methods in modern production agriculture. National Academy Press, Washington, DC 448 pp.
- Fontanetto H & O Keller (2003) Consumo y manejo de nutrientes de las rotaciones de cultivos. 11<sup>avo</sup> Congreso de AAPRESID. Rosario. Agosto 2003.
- FNUAP (1991) Fondo de Población de las Naciones Unidas. La población y el medio ambiente: los problemas que se avecinan. 44 pp..
- Gaud W (1968) The Green Revolution: Accomplishments and Apprehensions. Transcripción del speech de William Gaud del 8 de marzo de 1968 in the Society for International Development. Disponible en: <http://www.agbioworld.org/biotech-info/topics/borlaug/borlaug-green.html>. Último acceso: enero de 2013.
- García F & MF González Sanjuan (2010) Balances de nutrientes en Argentina. ¿Cómo estamos? ¿Cómo mejoramos? En: <http://fertilizando.com/articulos/Balancedenutrientes2010.pdf> Último acceso: febrero 2011.
- Gargoloff NA, P Riat, EA Abbona & SJ Sarandón (2007) Análisis de la Racionalidad Ecológica en 3 grupos de horticultores en La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 2 (2): 468-471.
- GLASOD (Global Assessment of Human-induced Soil Degradation) (1990). ISRID: World soil information <http://www.isric.org/UK/About%2BISRIC/Projects/Track%2BRecord/GLASOD.htm>
- Gliessman S (2001) *Agroecologia. Processos ecológicos em agricultura sustentável*. Segunda Edição. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade. 18: 509-538.

- Gómez-Benito C (2001) Conocimiento local, Diversidad Biológica y Desarrollo. En Agroecología y Desarrollo: Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. Ediciones Mundi Prensa. 2: 49- 64.
- Grönross J (2006) Energy use in conventional and organic milk and rye bread production in Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117:109-118.
- Iermanó MJ & SJ Sarandón (2009a) ¿Es sustentable la producción de agrocombustibles a gran escala? El caso del biodiesel en Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*. Brasil. 4 (1): 4-17.
- Iermanó MJ & SJ Sarandón (2009b) Análisis de la demanda de energía en 3 cultivos oleaginosos de clima templado, según distintos procesos ecológicos. *Revista Brasileira de Agroecologia* 4(2): 1738-1741.
- Iermanó MJ & SJ Sarandón (2010) Cultivo de soja para la producción de agrocombustibles (biodiesel) en la pampa húmeda: energía invertida en la regulación biótica. -Trabajo en Congreso-. XVIII Jornadas de Jóvenes Investigadores de la AUGM (Asociación de Universidades Grupo Montevideo), Ciudad de Santa Fe, Publicación en actas: Libro de resúmenes y trabajo completo en CD.
- INTA (2005) Programa Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico para la pequeña agricultura familiar. Documento Base. Abril de 2005.
- Limongelli JC, MC Rondinone & J Fernández Lozano (1991) Contaminación. Impacto de la contaminación en la calidad de los productos vegetales. INTA, Seminario Juicio a nuestra agricultura. Hacia un desarrollo sostenible. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 183-196.
- Luck RF, R van den Bosch & R García (1977) Chemical insect control, a troubled pest-management strategy. *Bioscience*, 27:606-611.
- Martelotto E, H Salas H & E Lovera (2001) Sustentabilidad de los sistemas agrícolas en la Pcia. de Córdoba: Factores que la condicionan. *Boletín INTA Manfredi*.
- Martínez F & G Cordone (2000) Avances en el manejo de azufre: Novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. In Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Martínez Vidal JL, MJ González-Rodríguez, A Belmonte Vega & A Garrido Frenich (2004) Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Ecosistemas* 13 (3): 30-38. En: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=37> . Ultimo acceso febrero de 2011.
- Mc Ginn AP (2000a) Why Poison Ourselves? A Precautionary Approach to Synthetic Chemicals. Chris Bright, Editor, *Worldwatch Paper* 153,: 92 pp.
- Mc Ginn AP (2000b) Phasing out persistent organic pollutants. In: *State of the World 2000*. Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. WW Norton & Company, New York-London: 80-100.
- Newbould P (1989) The use of nitrogen fertilizer in agriculture. Where do we go practically and ecologically? *Ecology of arable land* (Eds M Clarholm & L Bergstöm), Kluwer Academic Publishers.pp. 281-295.
- Nosedá C, SJ Sarandón, D Magda, N Girard, G González & R Gorriti (2011) Lógica y saberes campesinos en dos localidades ubicadas en la zona Norte del Alto Paraná, Misiones, Argentina: aportes para la producción agroecológica. *Cadernos de Agroecologia* 6 (2): 5pp.
- NRC (National Research Council) (1989) Problems in US. Agriculture. In *Alternative Agriculture*. Committee on the role of alternative farming methods in modern production agriculture. National Academy Press, Washington, DC 448 pp.
- Obschatko, Edith Scheinkerman de (2007) Los pequeños productores en la República Argentina: importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al censo nacional agropecuario 2002: 2da.Edición revisada y ampliada / Edith Scheinkerman de

- Obschatko; María del Pilar Foti; Marcela E. Román. - 2a ed. - Buenos Aires: Secretaría Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Dirección de Desarrollo Agropecuario: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura- Argentina, 2007.127 p. + 1 CD ROM; 30x21 cm. (Estudios e investigaciones; 10)
- Ozkan B, A Kurklu & H Akcaoz (2003) An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass & Bioenergy* 98: 89-95.
- Parsehian S & C Grandi (2003) Contaminantes Organoclorados en Leche Humana 33 Congreso Argentino de Pediatría. Libro de resúmenes RP 136, Mar del Plata, Pimentel D, W Dazhong & M Giampietro (1990) Technological changes in energy use in US Agricultural Production. In: SR Gliessman (Ed.) *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. Springer Verlag: 305-322.
- PNUMA (1990) Reseña del PNUMA. Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenia. 48 pp.
- Postel S (2000) Redesigning irrigated agriculture. In: *State of the World 2000*. Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. WW Norton & Company, New York-London 3:39-58.
- Prado G, G Díaz, S Vega y Leon, M Gonzalez, N Perez, G Urban, R Gutiérrez, A Ramírez & M Pinto (1998) Residuos de plaguicidas organoclorados en leche pasteurizada comercializada en ciudad de México. *Arch. Med. Vet.* 30 (1) Valdivia 17 pp.
- Salvagiotti F (2013) <http://inta.gob.ar/documentos/respuesta-a-la-fertilizacion-con-boro-en-soja-en-el-sur-de-santa-fe/>
- Sarandón SJ & R Sarandón (1993) Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable En: Goin F y C Goñi (Eds.) *Bases para una política ambiental de la R. Argentina*, Sección III, 19:279-286, HC Diputados de la Pcia. de Buenos Aires.
- Sarandón SJ (2002) La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El Impacto de la Agricultura intensiva de la Revolución Verde. En "AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable", SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata.1: 23-48.
- Sarandón SJ (2009) Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. En *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. SOCLA 2009, Editor/Compilador: MA Altieri, Publicado por: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Medellín, Colombia. [www.agroeco.org/socla](http://www.agroeco.org/socla), 4: 95-116.
- Senigagliesi C (1991) Recursos Naturales. Pampa Húmeda Norte. INTA, Seminario Juicio a nuestra agricultura. Hacia un desarrollo sostenible. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 29-51.
- Shiva V (1991) "Miracle seeds" and the destruction of genetic diversity. In: *The violence of the green revolution. Third World Agriculture, Ecology and Politics*. Third World Network, Pennang, Malaysia: 61-102.
- Sweezy S & D Faber (1990) La acumulación desarticulada, las exportaciones agrarias y las crisis ecológicas en Nicaragua: el ejemplo del algodón. *Ecología Política* 1:19-31.
- Toledo VM (1992) La racionalidad ecológica de la producción campesina. En: *Ecología, campesinado e historia*. Sevilla Guzmán, E. y Gonzáles de Molina, M. (Editores). Ed. La Piqueta. Madrid. España. 5:197-218.
- Toledo VM (2005) La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *LEISA*. 20 (4).
- UNEP/CBD (1994) *Convention on Biological Diversity. Text and Annexes*. The Interin Secretariat For the Convenion on Biological Diversity, Geneva, Switzerland: 34 pp.

- UNEP (1997) The Biodiversity Agenda. Decisions from the third Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. Second Edition, Buenos Aires, Argentina, 4-15 Nov, 1996. 116 pp.
- USDA (1987) Agricultural Resources-Cropland, water and conservation-Situation and outlook report. AR-8. Economic Research Service. Washington D.C.
- Zazo F, CC Flores & SJ Sarandón (2011) El costo oculto del deterioro del suelo durante el proceso de sojización en el Partido de Arrecifes, Argentina. Revista Brasileira de Agroecología. 6 (3).
- Zubillaga MM & MS Zubillaga (2008) ¡Qué caro... cosechar nutrientes! Encrucijadas 46. Disponible en: <http://www.uba.ar/encrucijadas/46/sumario/enc46-quecaro.php>. Último acceso: enero de 2014.