

# **Intensificación Agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural**

**Fernando García Préchac, Oswaldo Ernst,  
Pedro Arbeletche, Mario Pérez Bidegain,  
Clara Pritsch, Alejandra Ferenczi, Mercedes Rivas**

## **Art.2**

**"Fondo Universitario para Contribuir a la  
Comprensión Pública de Temas de Interés General"**



Colección Art.2

ISBN: 978-9974-98-XXXXXXX

Queda hecho el depósito que ordena la ley  
Impreso en Uruguay - 2010  
Tradinco S.A.  
Minas 1367 - Montevideo.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este libro, por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, especialmente por fotocopia, microfilme, offset o mimeógrafo o cualquier otro medio mecánico o electrónico, total o parcial del presente ejemplar, con o sin finalidad de lucro, sin la autorización del autor.

Diseño de tapa: **Paula Cruz** [pcruz@ei.ur.edu.uy](mailto:pcruz@ei.ur.edu.uy)

# Índice

## **Prólogo**

La Universidad al servicio de la República. . . . . 7

Colección Artículo 2 . . . . . 9

Introducción. . . . . 11

## **Capítulo 1**

La Agricultura en Uruguay y su Evolución . . . . . 13

## **Capítulo 2**

Biotecnología moderna, cultivos transgénicos y  
proceso de adopción en Uruguay. . . . . 29

## **Capítulo 3**

La erosión de suelos en sistemas agrícolas . . . . . 67

## **Capítulo 4**

Valorización y conservación de la biodiversidad en Uruguay . . . . . 89

## **Capítulo 5**

Impactos socio-económicos de la expansión agrícola . . . . . 111



## Prólogo

### La Universidad al servicio de la República

Los fines de la Universidad de la República están establecidos en el Artículo 2 de su Ley Orgánica. Uno de ellos es “contribuir al estudio de los problemas de interés general y propender a su comprensión pública”. Se trata, en breve, de poner el conocimiento al servicio de la sociedad; ésa es la médula del ideal latinoamericano de Universidad. Acercar los ideales a la realidad nunca es fácil; exige innovar una y otra vez. Con vocación autocrítica y renovadora, el Consejo Directivo Central de la UDELAR definió, en sus jornadas extraordinarias del otoño de 2007, los lineamientos orientadores de una nueva Reforma Universitaria; con esa perspectiva se ha trabajado desde entonces. Una de las iniciativas dirigidas a revitalizar aquel ideal es la creación del **Fondo Universitario para la comprensión pública de temas de interés general**, que por cierto toma su nombre de la precedente cita de la Ley Orgánica. Apunta a promover el estudio de temas relevantes y frecuentemente polémicos, poniendo a disposición de los ciudadanos interesados elementos de juicio que permitan la elaboración de opiniones informadas y propias.

Cada año, la conducción colectiva y democrática de la institución define una lista de temas prioritarios; luego se realiza un llamado a propuestas que serán presentadas por equipos multidisciplinarios interesados en estudiar tales temas, con un apoyo financiero previsto en el presupuesto universitario. Cada propuesta seleccionada debe dar lugar a la publicación de material impreso y/o audiovisual, así como a la organización de encuentros u otras formas que se estimen pertinentes para comunicar a la ciudadanía el resultado de los estudios. Cada equipo orienta su labor de

acuerdo a su leal saber y entender, en el contexto del pluralismo inherente a la genuina labor universitaria.

En 2008 se escogieron los siguientes “problemas de interés general”, todos ellos referidos a la situación nacional:

- Inserción internacional
- Matriz energética
- Permanencia y conclusión de los estudios en los diversos niveles de la enseñanza
- Despenalización del aborto
- Impactos del aumento del área agrícola y las modificaciones experimentadas por los sistemas agrícolas ganaderos en el período 2002-2008

**Hoy la Universidad pone a disposición de la República estos aportes a la búsqueda de alternativas para afrontar grandes cuestiones. Anima a la institución la vocación de contribuir - con tanta modestia como tesón - a los debates ciudadanos en los que día a día se consolida y enriquece la democracia uruguaya.**

*Junio de 2010*

*Rodrigo Arocena  
Rector de la Universidad de la República*

## Colección Artículo 2

**A** efectos de cumplir con el mandato contenido en la Ley Orgánica a través de su Artículo Segundo, se ha creado el “Fondo Universitario para Contribuir a la Comprensión Pública de Temas de Interés General”, cuyo objetivo es financiar proyectos en torno a temas de relevancia nacional e interés público.

La Colección Artículo 2 reúne, en esta primera edición, los resultados del llamado 2008. Una comisión evaluadora compuesta por Hugo Achugar, Luis Bértola, Pablo Carlevaro, Gerardo Caetano, Álvaro Díaz, Rodolfo Gambini, Adela Pellegrino y Juan Piquinela. fue la encargada de seleccionar aquellos proyectos que actualmente han culminado con la elaboración de seis libros:

- La Matriz Energética: una construcción social.
- Intensificación Agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural.
- La Inserción Internacional de Uruguay en Debate.
- La Desafiliación en la Educación Media y Superior de Uruguay. Conceptos, estudios y políticas.
- (Des)Penalización del Aborto en Uruguay: prácticas, actores y discursos. Abordaje interdisciplinario sobre una realidad compleja.
- Hacia la Despenalización del Aborto: el rol de la Ley de Defensa al Derecho a la Salud Sexual y Reproductiva.



## Introducción

**E**n Uruguay, desde el año 2002 se ha desarrollado un proceso de intensificación y expansión agrícola a partir de la desaparición de una parte del marco legal regulatorio de la actividad, existente antes de los 90, los cambios tecnológicos y al aumento de la demanda en el mercado internacional. Los principales cambios tecnológicos asociados al mismo son: la adopción de siembra sin laboreo, el empleo de cultivos transgénicos, el cambio de una agricultura basada en cultivos de invierno a una basada en cultivos de verano fundamentalmente soja, la disminución de pasturas dentro de la rotación, la implementación de sistemas de agricultura continua y el desarrollo de sistemas agrícolas en nuevas zonas de producción, no tradicionalmente agrícolas. Sin embargo, no está cuantificado aún el impacto de estos cambios en la sociedad y el medio ambiente. Tampoco está precisamente establecido cuánto de este cambio es coyuntural y cuánto es un cambio hacia un sistema permanente. ¿Está el Uruguay transitando un cambio de paradigma? ¿Es el sistema de producción actual el que conduce hacia la sustentabilidad?. Si bien se han realizado esfuerzos en investigar los posibles impactos de este proceso aún persisten interrogantes acerca de las consecuencias productivas, económicas, ecológicas y sociales que se pueden anticipar de este proceso de cambio. El objetivo de este libro, es contribuir a la construcción de un debate social transparente, diverso y educado, de manera tal que la ciudadanía cuente entonces con información objetiva y sistematizada de las interrogantes y diferentes opiniones sobre el tema.

En este sentido el libro se divide en cinco capítulos que abordan distintos aspectos del proceso de intensificación y expansión agrícola en el período 2002-2008: “Biotecnología moderna, cultivos transgénicos y proceso de adopción en Uruguay”; “La agricultura en Uruguay y su evolución reciente”; “La erosión de suelos en sistemas agrícolas”; “Valoración

y conservación de la biodiversidad en Uruguay”; y por último “ Impactos socio-económicos de la expansión agrícola”. En cada uno de los capítulos se indica los responsables de los mismos.

Este trabajo contó con la financiación de la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República llamado competitivo 2008 correspondiente al “Fondo Universitario para contribuir a la comprensión pública de temas de interés general”

## Capítulo 1

# La Agricultura en Uruguay y su Evolución

*Pedro Arbeletche<sup>1</sup>, Oswaldo Ernst<sup>2</sup> y Esteban Hoffman<sup>3</sup>*

### *La evolución de la agricultura en Uruguay*

**E**n la época colonial y a partir del establecimiento de los primeros colonos europeos, la actividad agrícola de la ciudad de Montevideo se desarrollaba en sus alrededores, siendo el principal objetivo el autoabastecimiento de la misma. A partir del alambramiento de los campos en la segunda mitad del siglo XIX, se crea un marco muy favorable para la expansión de los cultivos, los cuales para fines del mismo siglo ocupan cerca de 500 mil hectáreas. El Censo Agropecuario de 1908 muestra que existía una superficie agrícola de 836 mil hectáreas, lo que indica que en esa primera década del siglo XX se había alcanzado un crecimiento del 67%. Este crecimiento fue el resultado de una serie de condicionantes como ser: un contexto internacional favorable debido a los altos precios de los cereales, a políticas proteccionistas del gobierno del momento y a la inmigración europea con cultura y conocimiento agrícola. Dentro de los principales cultivos de la época se encontraban el trigo (más del 50% del área), el maíz y el lino. Para 1930 se había alcanzado una superficie de un millón de hectáreas, pero el fuerte crecimiento presentado inicialmente había disminuido. La agricultura era realizada con tracción animal y estaba localizada principalmente en Canelones, Montevideo y San José (Scarlatto, 1986).

---

1 Dpto. Ciencias Sociales - Facultad de Agronomía. arbe19@fagro.edu.uy

2 Dpto. Producción Vegetal - Facultad de Agronomía. oernst@fagro.edu.uy

3 Dpto. Producción Vegetal - Facultad de Agronomía. tato@fagro.edu.uy

En la década del 40 el crecimiento se estanca, pero vuelve a retomar su ritmo para la década del 50 con una tasa acumulativa anual del 10,7%, alcanzando en 1956 el millón 660 mil hectáreas, de las cuales el 87% eran cereales. Al mismo tiempo se da una relocalización de la actividad agrícola que se desplaza del Centro Sur del país hacia el Litoral Oeste, expandiéndose a tierras que no habían tenido cultivos y que presentaban una alta fertilidad, baja erosión y buenas condiciones físicas del suelo.

A partir de los años 60, las condiciones y las políticas hacia la agricultura cambiaron. Si bien se continúa manteniendo un cierto nivel de protección de esta actividad, las políticas sufrieron sucesivos cambios y falta de continuidad. Los productos agrícolas que no competían en el mercado externo se estancaron o retrocedieron, manteniéndose solamente y con altibajos el arroz, la cebada, el sorgo y la soja. Como consecuencia, el área agrícola comenzó a reducirse progresivamente hasta finales de los 90, alcanzando en el 2000/01 un mínimo (sin arroz) por debajo de las 400.000 hectáreas sembradas de cultivos de invierno (trigo, cebada) y de verano (maíz, sorgo, girasol) (De los Campos y Pereira, 2002).

Considerando el comercio mundial, la soja en la última década se convirtió en el grano con mayor crecimiento, duplicando su volumen comercializado internacionalmente entre los años 1999 y 2008. A su vez, pasó a ser la oleaginosa que presentó mayor aumento en términos de producción (109%) y consumo (122%) entre 1990 y 2008. Siendo que el resto de las oleaginosas juntas, solo aumentaron un 49% en producción y un 54% en consumo a nivel mundial. En Sudamérica, el incremento entre el 2002 y 2008, fue muy importante ya que el área incrementó un 20% en Brasil, un 50% en Argentina y un 80% en Paraguay (Oyhantçabal y Narbondo, 2008).

Entre otras causas que influyen en dicha expansión, se destacan la generalización de los cultivos transgénicos y la siembra directa; y en el caso particular de Uruguay, las medidas de política económica en Argentina y la estandarización de labores que incrementan la competitividad frente a otras producciones agrarias.

Es así como a comienzos del nuevo siglo y frente a lo ocurrido en los otros países del MERCOSUR, Uruguay comienza a desarrollar nuevamente un fuerte proceso de expansión de la agricultura, impulsado principalmente por el crecimiento del área de soja.

Si bien puede destacarse la expansión del área agrícola en el país, la misma no es suficiente para alcanzar los máximos históricos a los que se llegó (Cuadro 1). Esto indicaría que aún existe superficie que en algún

momento fue agrícola y que no es utilizada en la actualidad. Por lo que, de mantenerse las condiciones favorables de este proceso, se podría alcanzar o aproximar en mayor medida a la superficie histórica.

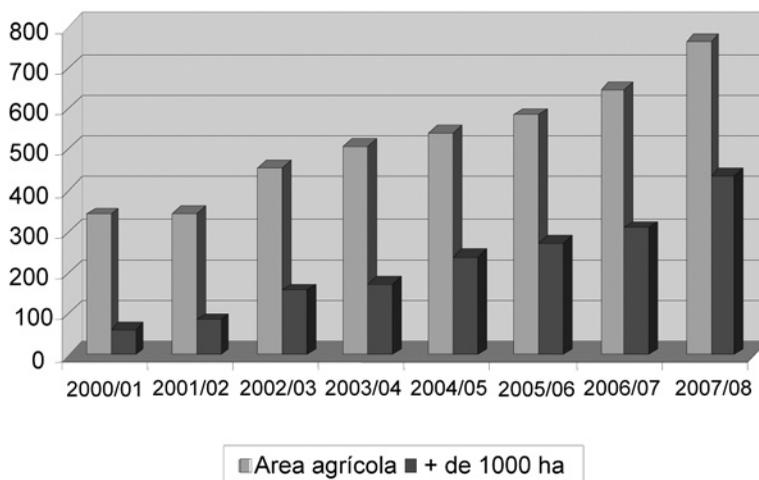
Cuadro 1.- Evolución del área agrícola.

Año	1956	1970	1980	1990	2000	2003	2006	2008
Cultivos Invierno	926.983	625.102	501.269	381.555	312.932	252.500	249.400	393.838
Cultivos Verano	506.674	351.111	296.123	173.103	144.280	308.600	432.700	614.165
Total sembrado	1.433.657	976.213	797.392	554.658	457.212	561.100	682.100	1.008.003
Índice (1956=100)	100%	68%	56%	39%	32%	39%	48%	70%
Siembras de 2ª	39.332	17.624	20.867	30.506	23.703	186.000	215.000	271.129
Sup. de chacra	1.394.325	958.589	776.525	524.152	433.509	510.900	583.200	768.791
Cultivado/chacra	1,03	1,02	1,03	1,06	1,05	1,10	1,17	1,31

Fuente: Elaborado en base MGAP-DIEA, 1956-2000; Censos Agropecuarios, 2003 a 2008; Encuestas Agrícolas, www.mgap.gub.uy/diea.

El mencionado crecimiento del área de soja se encuentra asociado además a una fuerte concentración productiva. El incremento del área puede explicarse en un 89 % por las superficies de chacras de más de 1000 hectáreas. Mientras que el área desarrollada en superficies mayores a 1.000 hectáreas, aumenta su participación pasando de ser del 18% del total de chacra en el 2000, al 57% en la zafra 2008 (Figura 1).

Figura 1.- Evolución del área agrícola total y del área perteneciente a establecimientos de más de 1000 hectáreas para el período 2000/01 – 2007/08.

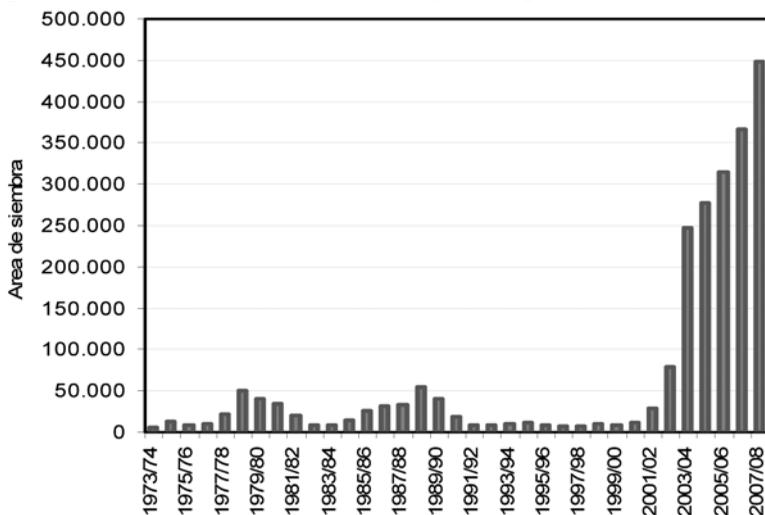


Fuente: Elaborado en base a MGAP-DIEA, 2009.

De esta manera, la soja que había tenido dos períodos de auge en el pasado, pasa de prácticamente no cultivarse a tener una superficie que se

multiplica por diez en ocho años (Figura 2), transformándose en el primer cultivo de mayor superficie sembrada (40%) a nivel nacional y que en el 2008-09, alcanza las 578 mil hectáreas (MGAP-DIEA, 2009).

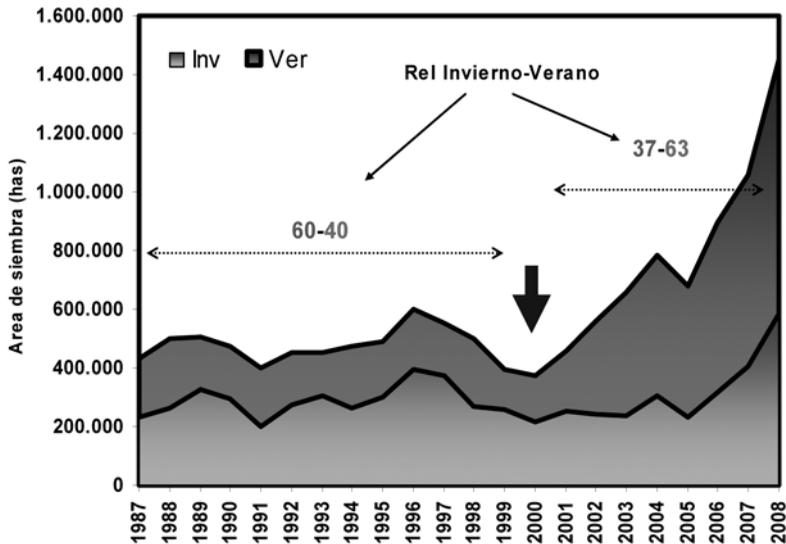
Figura 2.- Evolución del área de siembra de soja en Uruguay.



Fuente: MGAP-DIEA, 2008.

Este crecimiento de la soja de forma ininterrumpida, alcanzó un nuevo máximo histórico y cambió la relación de superficie sembrada entre los cultivos de invierno y de verano. De esta forma se produce un proceso de “veranización de la agricultura” ya que el 70% del área corresponde a los cultivos de verano que dejan de jugar un papel secundario dentro del área de siembra de secano, para pasar a ser los principales en pocos años (Figura 3 y 4). Este proceso se vio conjuntamente acompañado por otro de “intensificación” en el uso de la tierra, realizándose un doble cultivo invierno/verano; proceso que abarca más del 30% del área (MGAP-DIEA, 2008). Por otro lado, los tradicionales sistemas de rotación de agricultura y pasturas han venido sufriendo un desplazamiento gracias a un importante crecimiento en los sistemas de agricultura continua. Estimándose que en el 2005/06 un 47% del área agrícola estaba bajo este sistema de rotación agrícola.

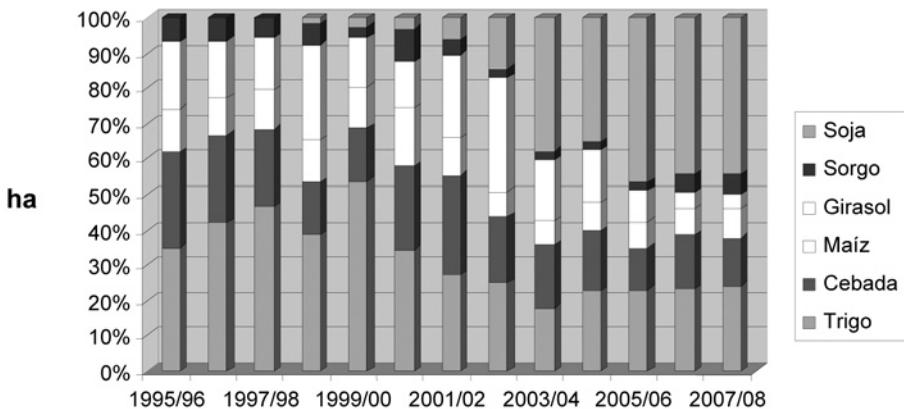
Figura 3.- Relación de área de siembra de cultivos de invierno - verano en Uruguay.



Fuente: Elaborado en base a DIEA-MGAP, 2008; Hoffman, 2007.

Figura 4.- Composición del área agrícola por cultivo.

**Composición del Área Agrícola**

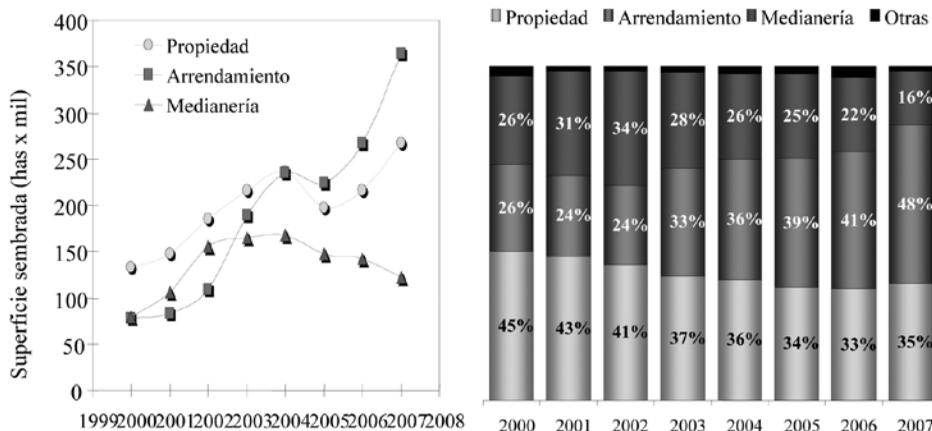


Fuente: Elaborado en base a DIEA-MGAP, 2008.

A partir del 2007, ocurre un lento crecimiento en las áreas de cultivos de invierno y una tendencia a incluir otros cultivos de verano como ser el sorgo y el maíz, mientras que en la zafra 2008-2009 comienza a recuperarse el área de cultivo de girasol.

El crecimiento explosivo de la soja, se caracteriza por realizarse principalmente sobre formas de tenencia basadas en el arrendamiento de corto y mediano plazo (Figura 5), disminuyendo la participación relativa y absoluta del área en régimen de medianería. La zafra de 2008-2009 señaló que el 65% de las chacras fue sembrado en tierras que no pertenecían al productor (MGAP-DIEA, 2009).

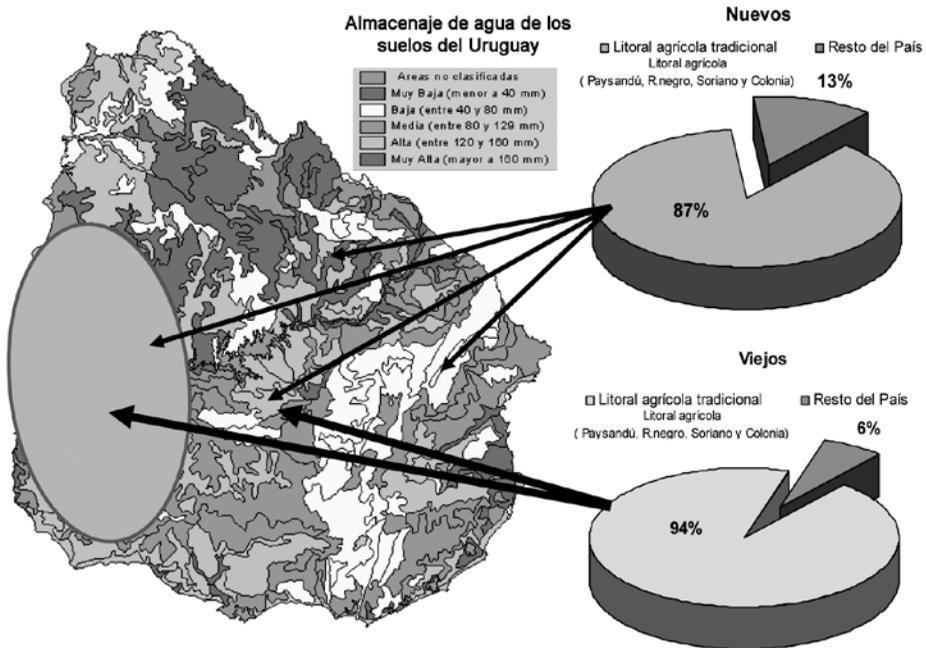
Figura 5.- Evolución del área agrícola de secano reciente, por tenencia de la tierra, en términos absolutos y relativos.



Fuente: Elaborado en base a información de la DIEA-MGAP, 2008.

Si bien ocurrió un crecimiento agrícola principalmente en las áreas tradicionales del litoral oeste, también se dio en zonas sin tradición agrícola como son las regiones centro y noreste del país (Figura 6 y Cuadro 2). Esto es explicado fundamentalmente por la llegada de los nuevos agricultores.

Figura 6- Distribución del área agrícola en Uruguay (zafra 2007/08), de acuerdo al tipo de productor: Viejos = empresas agrícolas tradicionales, existentes antes del año 2000. Nuevos = empresas agrícolas nuevas, posteriores al año 2000.



Fuente: Elaborado en base a datos de DIEA-MGAP, 2008; Molfino y Califra, 2001; Hoffman, 2007; Arbeletche y Carballo, 2008.

Cuadro 2.- Localización geográfica de la agricultura de secano 2007-08

	Agricultura de Verano		Soja	
	Área	%	Área	%
Litoral	422.459	83	312.373	85
Centro Sur	56.898	11	40.266	11
Resto del país	27.179	5	13.896	4
Total	506.536	100	366.535	100

Fuente: Elaborado en base a DIEA-MGAP, 2008.

Es así como a pesar que la mayor parte del área agrícola tradicional estaba concentrada en los principales cuatro departamentos agrícolas del país (Soriano, Colonia, Río Negro y Paysandú), los nuevos agricultores duplican su área relativa en áreas agrícolas no tradicionales.

Según Molfino y Califra (2001), los suelos que presentan mayor capacidad de almacenaje de agua (Figura 6), que se ubican en Tacuarembó y Rivera, no son mayormente aptos para cultivar soja debido a los elevados

niveles de aluminio intercambiable. Por otra parte, los suelos de Treinta y Tres y Rocha presentan problemas de drenaje. Sin embargo, la mayor proporción del cultivo de soja se ubica en el litoral centro y centro del país, (áreas de cultivos de verano).

En el año 2000 el 52 % del área agrícola se repartía en partes iguales entre renta anual de la tierra y el sistema de aparcería o medianería. El valor de participación era sobre el total de grano producido por cultivo (no por año) y oscilaba entre el 14 y 20%. Para el año 2007 ambas formas de tenencia elevaron su participación en un 62%, con un 77% bajo arrendamiento anual y con incremento del valor de las rentas en valores absolutos (valores que a inicios del 2008 superan los 450 U\$S por hectárea para los mejores suelos del litoral agrícola). Esto transforma al costo de la tierra en un componente estructural fijo, independiente del número de cultivos por año y del rendimiento final. Esta situación contribuyó al fuerte incremento del área de cultivos de invierno en el 2008 (53%), ya que junto con las expectativas de precio del trigo para el segundo trimestre del año, se genera la necesidad de incrementar la proporción de doble cultivo como forma de diluir el alto costo de la tierra (Figura 5).

El proceso de expansión mencionado, generó un crecimiento en el Valor Bruto de Producción (VBP) y un aumento del Producto Bruto Interno (PIB) del país incrementando las exportaciones agrícolas, que se multiplicaron por tres, siendo la soja el 50% de las mismas, seguida por el arroz y subproductos con el 27% y la cebada y subproductos con un 16% (Cuadro 3). Pero a su vez, esto generó otras repercusiones importantes, como ser el aumento de los índices de concentración agrícola a nivel global y por cultivo; y el desplazamiento o abandono de productores que no podían competir frente a las nuevas condiciones, por la aparición de nuevos actores y/o empresas que incorporaban lógicas de funcionamiento y estrategias productivas relativamente diferentes a las del productor agrícola tradicional.

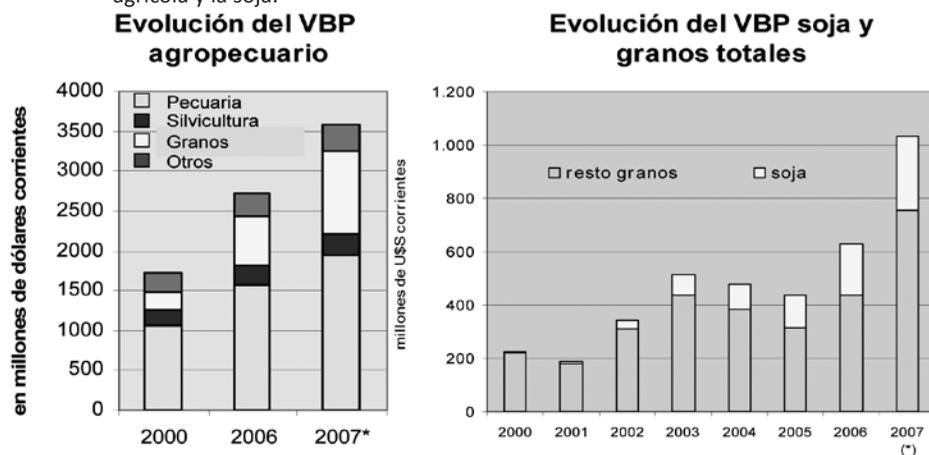
Cuadro 3. - Exportaciones de granos, subproductos y semillas, por año, según producto (en miles de dólares).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Arroz y sub productos	165.369	167.978	140.109	187.330	168.417	200.200	219.021	280.683
Soja	0	1.592	10.055	36.357	82.620	100.678	138.167	209.326
Cebada cervecera grano y malteada	44.160	53.044	49.198	53.821	72.269	75.941	84.882	112.314
Trigo y subproductos	5.541	4.592	1.539	2.158	1.725	13.511	5.273	27.136
Girasol y subproductos	1.265	4.620	30.455	51.865	34.898	35.160	12.347	6.937
Otros	15	3.324	626	26	65	4	4	4
Semillas	96	228	321	183	262	493	349	680
<b>Total exportaciones</b>	<b>216.446</b>	<b>235.377</b>	<b>232.302</b>	<b>331.739</b>	<b>360.257</b>	<b>425.986</b>	<b>460.042</b>	<b>637.080</b>

Fuente: OPYPA en base a información del Banco Central del Uruguay (BCU, [www.mgap.gub.uy/opypa](http://www.mgap.gub.uy/opypa)).

El VBP del sector agropecuario entre los años 2000 y 2007 se incrementó un 107%, destacándose el crecimiento de los granos que fue de un 303% (medido en dólares), con una alta participación de la soja (Figura 7), que partiendo de valores nulos alcanzó en un corto tiempo una participación del 30% (Souto, 2008; Arbeletche *et al.*, 2008).

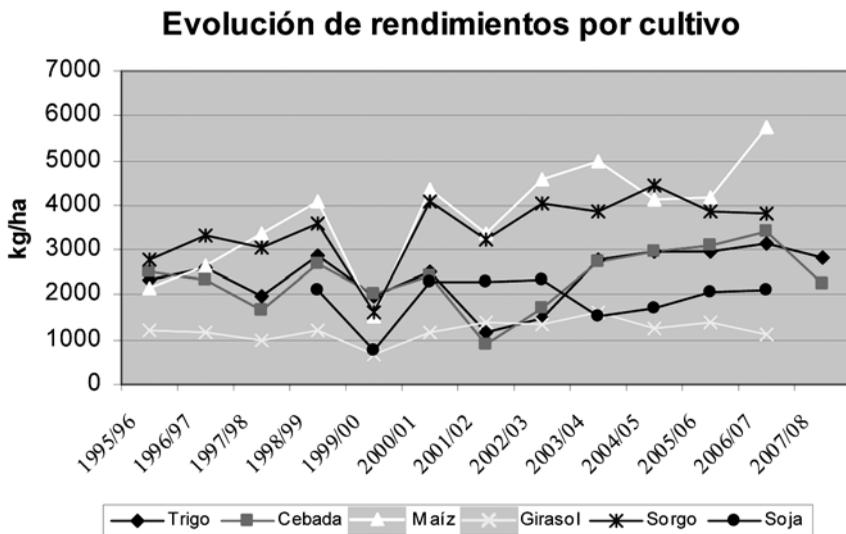
Figura 7.- Evolución del Valor Bruto de Producción agropecuario, la contribución del sector agrícola y la soja.



Fuente: Elaborado en base a datos de DIEA-MGAP, 2008.

El rendimiento por cultivo en los últimos 15 años muestra una evolución diferencial de los mismos (Figura 8). Por un lado, se destacan cultivos de incrementos anuales superiores a los 100 Kg./hectárea/año, por otro lado cultivos con incremento cercano a los 60 Kg./hectárea/año, y cultivos que si bien se incrementan anualmente, lo hacen de manera muy escasa (Cuadro 4).

Figura 8.- Evolución de los rendimientos de los principales cultivos agrícolas.



Fuente: Elaborado en base a DIEA-MGAP, 2009.

Cuadro 4. Tasa anual de incremento de rendimientos de los cultivos agrícolas (1995/2008).

Cultivo	Incremento anual (Kg./ha)
Maíz	249
Sorgo	118
Cebada	61
Trigo	58
Soja	33
Girasol	26

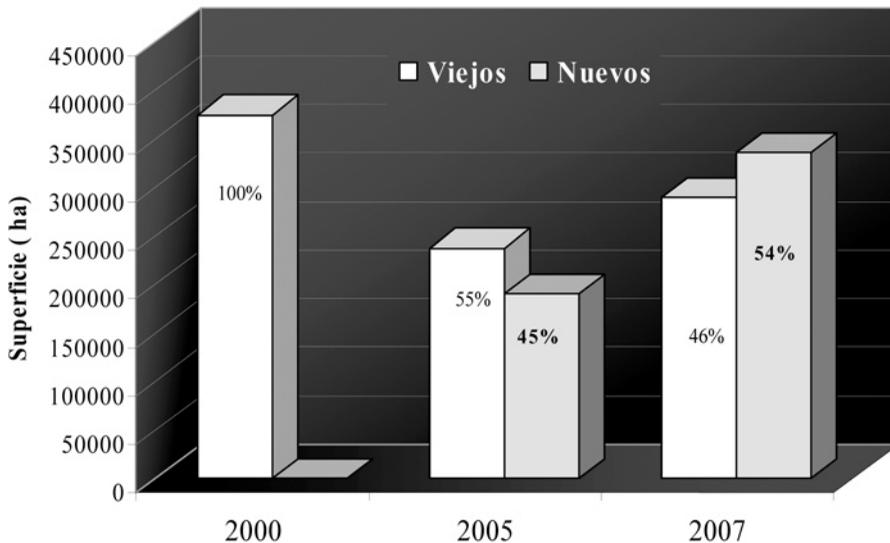
Fuente: Elaborado en base a DIEA-MGAP, 2009.

### **Los sistemas de producción en Uruguay Los nuevos y los viejos agricultores**

La inclusión del cultivo de soja, la aparición de nuevos actores y los avances tecnológicos generaron fuertes cambios al comienzo del siglo XXI.

En la actual estructura de producción se pueden distinguir agricultores que hace años están en el sector y los llamados “nuevos agricultores” (Figura 9).

Figura 9.- Proporción del área total agrícola de secano, para productores con historia agrícola en Uruguay (viejos), y los que irrumpen en el mercado a partir del año 2000 (nuevos), para tres periodos dentro de la evolución agrícola reciente.



Fuente: Elaborado en base a Arbeletche y Carballo, 2008.

Se pueden definir diferentes tipos de productores de acuerdo a la importancia que presentan, al espacio que ocupan dentro de la agricultura y a las características propias. Cinco corresponden a los más antiguos o “viejos agricultores” y tres a los “nuevos agricultores” (ausentes en el año 2000), (Arbeletche y Carballo, 2006a; 2006b y 2007).

Los mismos son:

## **“Viejos agricultores”**

### **Los medianeros “chicos”**

Son sistemas basados en explotar la tierra en forma de medianería<sup>4</sup> (72% del área en esta tenencia), no existiendo prácticamente tierra en propiedad. Son netamente agrícolas con poca ganadería (muy escasa presencia de pasturas) y usan mano de obra familiar.

En el año 2000 este grupo estaba compuesto por un total de 226 establecimientos, caracterizados por poseer una superficie media de 426 hectáreas, destinando un 69% para la agricultura. Para el año 2007, el 46% había abandonado la actividad como agricultor, pasando a constituir la principal oferta de servicios de maquinaria.

### **Los medianeros “grandes”**

Sistemas de “medianos a grandes” con alto porcentaje del área bajo medianería. Eran muy agrícolas, actividad que se realizaba en el 65% del área total de la empresa. Realizaban ganadería de manera complementaria y poseían un alto porcentaje del área con pasturas sembradas. Usaban mano de obra mayoritariamente asalariada.

En el año 2000 ocupaban el 23% del área agrícola total y al 2007 su número disminuye un 63%, pasando a ser uno de los grupos de mayor contracción.

### **Empresarios agrícola-ganaderos medianos**

Sistemas “medianos”, con áreas agrícolas de importancia intermedia. La tierra se encuentra mayoritariamente en propiedad (73%). A pesar que predomina la ganadería de carne, presentan altos porcentajes en la producción de lana y leche. La mano de obra es básicamente asalariada, pero con un 27% de trabajadores familiares.

En el 2000 eran 633 establecimientos con una superficie media de 822 hectáreas, con un 19% destinada a la agricultura. Se estima que entre el año 2000 y el 2007 un 68% de estos productores abandonaron la agricultura como rubro de producción.

### **Empresarios agrícola-ganaderos grandes**

Sistemas “grandes” (12 explotaciones grandes de 6.239 hectáreas promedio), con importantes áreas agrícolas y ganaderas. Un tercio de su superficie es destinada a la agricultura, lo que resulta en un área de chacra

4 Sistema mediante el cual el dueño de la tierra entrega la explotación de la misma a otro productor, a cambio de recibir un cierto porcentaje de la producción bruta.

promedio de 1.878 hectáreas. La tierra en propiedad y arrendamiento presenta proporciones similares y la mano de obra es mayoritariamente asalariada.

Este grupo de agricultores prácticamente no ha variado en número entre el año 2000 y 2007.

### ***Productores agrícolas familiares***

Sistemas “pequeños” y familiares que concentran a la mayoría de los productores lecheros. El grupo más grande en cuanto a número de integrantes, son los de menor superficie (216 hectáreas), con un 33% destinado a la agricultura. Poseen un 46% de la tierra en propiedad y el resto principalmente está bajo arrendamiento.

Se estima que entre el 2000 y el 2007 el 47% de estos productores abandonaron la agricultura.

## ***“Nuevos agricultores”***

### ***Los “gerenciadores”***

Grandes agricultores sin o con poco activo fijo. Actúan como unidades de gerencia de negocio, que una vez constituidas, consiguen sus tierras fundamentalmente en base a arrendamiento. Contratan servicios de maquinaria y básicamente llevan adelante los cultivos de acuerdo a un plan de producción previamente determinado.

En Uruguay se caracterizan por expandir el área en base a medianería y/o arrendamiento, sembrando en todo el país. Son básicamente agricultores y tienen empresas similares en otros países de la región, lo que les permite una mayor cobertura de riesgo. Su escala y poder de competencia les han permitido en general, disponer de las mejores tierras en cada zona, desplazando a los productores locales hacia tierras marginales o hacia fuera del sector.

### ***Agricultores muy grandes con ganadería como complemento***

En general parten de realizar una inversión importante en activo fijo, la tierra. Al igual que el grupo anterior, realizan en las áreas de mayor potencial, agricultura continua con sistemas de rotación más diversificados pero sin pasturas, e incorporan en las áreas marginales o de menor potencial a la ganadería. Trabajan fundamentalmente sobre su propia tierra.

***Medianeros de agricultura continua***

Son los agricultores que a partir del boom de la soja llegaron al país, principalmente desde Argentina, atraídos por el bajo costo de la tierra y la menor carga impositiva existente y por la ausencia de retenciones. Ingresaron masivamente en el 2002/03 y hoy están en la etapa de retiro o transformación hacia otros sistemas (descriptos anteriormente). En general desarrollaron un sistema de soja continua, con un nivel tecnológico inferior.

***Bibliografía***

- Arbeletche P. y Carballo C. (2006a).* Crecimiento agrícola y exclusión: el caso de la agricultura de secano en Uruguay. En VII Congreso Latinoamericano de Sociología Rural (Alasru), Quito, Ecuador. CD.
- Arbeletche P. y Carballo C. (2006b).* Sojización y concentración de la agricultura uruguaya. En XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola Córdoba, Argentina. CD.
- Arbeletche P. y Carballo C. (2007).* Dinámica agrícola y cambios en el paisaje. En Congreso CEISAL, Simposio ESE 6, Bruselas, Bélgica. CD.
- Arbeletche P. y Carballo C. (2008).* La expansión agrícola en Uruguay: alguna de sus principales consecuencias. En XXXIX Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola y Segundo Congreso Regional de Economía Agraria, Montevideo, Uruguay. CD.
- Arbeletche P., Ferrari J.M., Souto G. y Escudero J. (2008).* Impacto socioeconómico de la soja en Uruguay. [www.mesadeoleaginosos.org.uy/08set.php](http://www.mesadeoleaginosos.org.uy/08set.php)
- De los Campos G. y Pereira G. (2002).* “La actividad agrícola de secano en el Uruguay” Montevideo, Uruguay.
- Hoffman E. (2007).* Material elaborado para los cursos de 4to año de Facultad de Agronomía-Curso de Cereales y Cultivos Industriales. Uruguay.
- MGAP- DIEA (2008).* Encuesta agrícola “Primavera 2007” Serie encuestas N° 257; Montevideo, Uruguay, 40 pp.
- MGAP- DIEA (2009).* Anuario Estadístico Agropecuario 2009. Montevideo, Uruguay, 215 pp.
- MGAP- DIEA (2009).* Encuesta Agrícola, invierno 2009. Montevideo, Uruguay, 20 pp.

*Molfino J.H. y Califra A. (2001). Agua disponible de las tierras del Uruguay. Segunda aproximación. División Suelos y Aguas. Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables. MGAP. Uruguay. [www.mgap.gub.uy/renare](http://www.mgap.gub.uy/renare)*

*Oyhantçabal G. y Narbondo I. (2008). Radiografía del complejo sojero. Redes AT, Montevideo, Uruguay.*

*Scarlatto G. (1986). La producción de granos. Una actividad en crisis?. En Revista Uruguay Hoy, Ciedur.*

*Souto G. (2008). Crecimiento e intensificación de la actividad agropecuaria. Los impactos sobre la ganadería. [www.caf.org.uy/programa-tentativo](http://www.caf.org.uy/programa-tentativo)*

Paginas Web consultadas: [www.mgap.gub.uy/diea](http://www.mgap.gub.uy/diea)  
[www.mgap.gub.uy/opypa](http://www.mgap.gub.uy/opypa)



## Capítulo 2

# Biotecnología moderna, cultivos transgénicos y proceso de adopción en Uruguay

*Omar Borsani<sup>1</sup>, Enrique Castiglioni<sup>2</sup>, Marta Chiappe<sup>3</sup>, Alejandra Ferenczi<sup>4</sup>, Federico García<sup>5</sup>, Clara Pritsch<sup>6</sup>, Pablo Speranza<sup>7</sup>*

**E**l proceso de intensificación de la agricultura que se percibe notoriamente en la actualidad es consecuencia del desarrollo científico y tecnológico que viene ocurriendo en las ciencias biológicas desde comienzos del siglo XX. En particular, los productos biotecnológicos obtenidos en los últimos veinte años tales como plantas, animales y microorganismos genéticamente seleccionados o modificados, o sus derivados han ampliado la oferta de productos agrícolas. Al mismo tiempo, la integración de estos productos y procesos en la matriz productiva ha generado cambios importantes en la organización de la producción y en las relaciones comerciales y económicas entre los diferentes actores sociales.

La agricultura se encuentra hoy ante el desafío de satisfacer múltiples necesidades de la sociedad, ya que a la demanda por producción de alimentos y fibras, se suman otras como producción de biocombustibles, el poder mantener un uso racional del agua, conservar áreas naturales para

- 1 Dpto. de Biología Vegetal, Bioquímica, Facultad de Agronomía, oborsani@fagro.edu.uy
- 2 Dpto. de Protección Vegetal, Entomología, Facultad de Agronomía bbcast@fagro.edu.uy
- 3 Dpto. de Ciencias Sociales, Sociología Rural, Facultad de Agronomía mchiappe@fagro.edu.uy
- 4 Dpto. de Biología Vegetal, Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía aferenczi@fagro.edu.uy
- 5 Dpto. de Ciencias Sociales, Economía Agraria, Facultad de Agronomía fgarcia@fagro.edu.uy
- 6 Dpto. de Biología Vegetal, Biotecnología, Facultad de Agronomía clara@fagro.edu.uy
- 7 Dpto. de Biología Vegetal, Fitotecnia, Facultad de Agronomía pasp@fagro.edu.uy

refugio de la flora y fauna y servicios ecológicos y desarrollar áreas para recreación, entre otros. Mientras algunas de estas demandas implican respuestas de corto plazo, otras implican resultados que se podrán cuantificar en el mediano y largo plazo. En este escenario de alta complejidad, las biotecnologías junto a otras tecnologías como las de información, logística y de procesos deberían articularse armoniosamente entre sí en sus esfuerzos por satisfacer de la forma más pertinente las necesidades de la sociedad.

En este capítulo se aclaran los conceptos de biotecnología moderna con relación a los procesos de mejoramiento convencional de especies agrícolas, cómo nos enfrentamos con pautas a la regulación de los productos innovadores y los impactos de la incorporación de estas nuevas tecnologías en nuestro sistema agrícola.

### ***Las bases bioquímicas y moleculares de la información genética***

Las características de un individuo están determinadas por su genética, es decir por la expresión de la información de sus genes contenida en el ADN (Ácido Desoxirribo Nucleico) de sus cromosomas. El ADN está constituido por una molécula compuesta por dos hebras, cuyas unidades son los nucleótidos. Cada nucleótido, además de la desoxirribosa y el fosfato presentan una base nitrogenada, que puede ser Adenina(A), Guanina (G), Citosina (C) o Timina (T). La información de los genes está dada por la secuencia de los centenares o miles de nucleótidos que los conforman, de manera que para cada mensaje hay una secuencia determinada en una región de la cadena. Para comprender cómo a partir de diferentes secuencias de nucleótidos se genera distinta información, es sencillo pensarlo en los mismos términos de cómo con las mismas letras se pueden construir diferentes palabras, por ejemplo *ramo*, *amor*, *roma*. Dicha secuencia brinda la información para la construcción de una proteína específica con propiedades biológicas definidas. Las mismas cuatro bases, simbolizadas por las letras A, T, C y G, están presentes en el ADN de todos los seres vivos, y los cambios en su secuencia son los responsables de determinar la información biológica.

### ***Biotechnología moderna e Ingeniería genética***

El intercambio de información genética entre plantas y entre animales se realiza a través de la reproducción sexual. Las células encargadas de transferir dicha información son denominadas *gametos*. De esta manera, los hijos (progenies) combinan (recombinan) la información genética aportada por cada padre. Sin embargo, desde la década de los 80 del siglo XX, se han desarrollado nuevas técnicas biotecnológicas, lo que se denomina *biotecnología moderna*, que permiten la transferencia de genes sin involucrar el cruzamiento sexual entre individuos. En particular, la metodología denominada *ingeniería genética* incluye una etapa *in vitro* (fuera del ser vivo) de modificación o rediseño del ADN de uno o varios genes lo cual se logra mediante la *tecnología de ADN recombinante*, seguido por una etapa de transferencia del ADN recombinante desnudo a células del organismo receptor, proceso que se denomina *transformación*. En consecuencia, la aplicación de esta metodología hace posible la transferencia de información genética entre especies con sistemas reproductivos incompatibles ya que es independiente de dichos sistemas.

El rediseño de las secuencias de ADN correspondientes a genes de interés es un proceso claramente innovador e implica el empalme voluntario de secuencias de ADN asociadas a regiones funcionales de diferentes genes utilizando la tecnología de ADN recombinante. El gen rediseñado se denominado *transgén*. Esta etapa es necesaria por varias razones: i) para generar una variante superior del gen a ser transferido mediante alteración de su secuencia de nucleótidos; ii) para asegurar un alto nivel de expresión del gen en el organismo receptor mediante la incorporación de secuencias de ADN específicas implicadas en la expresión; esto es particularmente inevitable cuando el gen a ser expresado pertenece a una especie alejada evolutivamente de la especie receptora; iii) para asegurar que el nuevo producto génico, generalmente proteínas, se localice en el compartimento de la célula adecuado donde cumplirá su función (núcleo, citoplasma, vacuola, cloroplasto, mitocondria). Por esta razón, los transgenes suelen combinar secuencias de ADN de diferentes orígenes (viral, bacteriano, vegetal) para las cuales ya se cuenta con información de su potencial contribución al funcionamiento del gen una vez integrado en el genoma vegetal<sup>8</sup>. En la actualidad, existe una línea de trabajo que se

8 Por ejemplo el transgén que otorga la tolerancia al herbicida glifosato presente en la soja denominada RR (RoundUp Ready) está compuesto por diferentes tramos de secuencias de nucleótidos de: i) una secuencia reguladora de un gen de un virus vegetal (que asegura alto nivel de expresión del gen en

enfoca en reintroducir a una especie una versión mejorada, en su información y/o en su patrón de expresión, de un gen propio o nativo. Para diferenciarlo de los transgenes, algunos investigadores han acuñado el término *cisgenes* para denominar a estos genes recombinantes obtenidos por ingeniería genética a partir de ADN nativo de la especie.

La transformación genética implica la transferencia de ADN libre, básicamente un fragmento pequeño de un genoma a una célula receptora. El ADN transferido es eventualmente incluido en el genoma de la célula receptora y esta nueva información genética es transmitida a las células hijas resultantes como parte integrante de su genoma, que a partir de ahora es denominado genoma recombinante. El proceso de transferencia en plantas, puede llevarse a cabo en condiciones naturales como las que ocurren durante la infección de *Agrobacterium* (una bacteria del suelo causante de agallas en los tejidos vegetales) a un tejido vegetal, el cual recepciona un fragmento del ADN de la bacteria. La capacidad de esta bacteria de incorporar a la planta ADN extraño ha sido usada por el hombre como herramienta para incorporar numerosas características deseables. Más recientemente, se han desarrollado métodos de transferencia directa que permiten la entrada del ADN "desnudo" a células receptoras utilizando agentes físicos o químicos. La integración física de ADN de muy distintos orígenes es posible dado que todos los seres vivos utilizan el mismo tipo de molécula química (secuencias de nucleótidos de ADN) para almacenar la información genética. De esta manera, esta técnica posibilita obtener individuos recombinantes con una amplitud ilimitada del origen del ADN utilizado en la transformación (viral, bacteriano, animal, vegetal). Más aun, no sólo es posible la integración física y su transmisión a la descendencia, sino también la expresión de esa nueva información genética adquirida por transformación.

En un mismo experimento de transformación, que involucra diferentes células receptoras, suelen observarse diferentes patrones de integración de los transgenes en el genoma de acuerdo a: número de copias, la localización en los cromosomas y el nivel de integridad de la secuencia transferida. Las plantas derivadas de cada una de estas variantes en la in-

---

dicha planta), ii) una secuencia codificante de un péptido señal de un gen de petunia que asegura que la nueva proteína producida en la célula de soja sea relocalizada correctamente desde el citoplasma al cloroplasto donde cumplirá su función), iii) una variante de un gen bacteriano que otorga tolerancia al glifosato al permitir que el metabolismo de la célula de soja no se bloquee por el herbicida; iv) y de un extremo de un gen bacteriano (*cp4epsps*) que asegura que dicha zona sea reconocida como señal para delimitar al transgén.

tegración del transgén se denominan *Eventos*. Cada evento constituye un genotipo independiente el cual es evaluado por varias generaciones para verificar que el *transgén* efectivamente está establemente integrado en el genoma y que su patrón de expresión está de acuerdo al diseño original del *transgén*.

Luego de una transformación exitosa, el organismo receptor es denominado Organismo Genéticamente Modificado (OGM), u Organismo Vivo Modificado (OVM). En el caso que el organismo sea un vegetal se denomina Vegetal Genéticamente Modificado (VGM) o también plantas transgénicas. Se entiende entonces por OGM a cualquier organismo vivo que posee una combinación nueva de material genético y que se ha obtenido mediante la aplicación de las tecnologías del ADN recombinante. Esto permite distinguir el origen de este individuo de aquellos que también han sido modificados genéticamente pero sin intervención de las técnicas del ADN recombinante. El uso de la ingeniería genética comenzó en organismos simples y así se obtuvieron bacterias que llevan y expresan la información para producir, por ejemplo, la insulina humana, la hormona de crecimiento humano, etc

La diferencia más relevante que tienen las plantas transgénicas con aquellas mejoradas por métodos convencionales es que pueden llevar información genética de organismos muy alejados evolutivamente. Si no fuera por este hecho no habría diferencias sustanciales con plantas mejoradas por cruzamientos, o generadas por modificación de su ADN por métodos químicos o físicos, como por ejemplo la inducción de mutaciones, que son cambios estables en el ADN.

### ***Plantas transgénicas y su relación con el mejoramiento genético convencional***

Para comprender el lugar que ocupan las tecnologías del ADN recombinante en los procesos de mejoramiento de las plantas es necesario observar en perspectiva la larga historia de la domesticación y mejoramiento genético de las plantas que hoy utilizamos, que abarca desde las etapas de simples colectas de plantas o sus partes en estado silvestre al desarrollo de las plantas mejoradas que conocemos actualmente, adaptadas para integrarse en agroecosistemas específicos para su cultivo o producción.

La relación del hombre con sus cultivos mediante procesos de domesticación comenzó hace aproximadamente unos 10.000 años coincidentemente con la finalización de la última glaciación. Esta relación es tan íntima que cada foco de civilización humana se identifica con la domesticación de un cultivo, particularmente un cereal. A su vez, durante este proceso el hombre y sus cultivos se volvieron cada vez más interdependientes de modo que algunos de nuestros principales cultivos no serían capaces de propagarse sin la intervención del hombre.

Los procesos de domesticación se refieren a procesos evolutivos complejos en los cuales las intervenciones de uso de una especie por el ser humano han seleccionado (consciente o inconscientemente) determinadas variantes de plantas que presentan importantes alteraciones morfológicas y fisiológicas más adaptadas a los nuevos ecosistemas. En consecuencia, estas variantes, pasan a prevalecer en la población de plantas cultivadas. Luego de un largo proceso, las plantas domesticadas se diferencian notoriamente de las plantas silvestres, aumentando su productividad, su tamaño, su calidad y la perdurabilidad del producto cosechado. Se considera por ello que la domesticación de las plantas (y animales) es una de las innovaciones tecnológicas más importantes en la historia de la humanidad. Por ejemplo, una de las plantas que más ha sufrido modificaciones genéticas mediante domesticación, dificultando la identificación de la especie silvestre ancestral de la cual deriva, es el maíz. No fue sino hasta la década de 1980, y con la ayuda de poderosas herramientas de análisis moleculares, que pudo llegarse a un consenso entre los investigadores acerca del proceso evolutivo que dio origen al maíz que cultivamos hoy.

Los impactos de la tecnología “domesticación” no sólo incluyen cambios en la calidad y producción de las plantas (y animales) a través de cambios morfo-fisiológicos ya mencionados, sino también cambios sociales y económicos asombrosos en las comunidades humanas. La regularidad y/o abundancia de alimentos se asoció a un aumento de la complejidad del desarrollo social, el desarrollo de artes y la urbanización, así como también determinó nuevos sistemas de producción, distribución y consumo de los productos.

Durante el siglo XX el mejoramiento de los cultivos se vio muy acelerado por el desarrollo de los métodos científicos de mejoramiento genético. Este progreso más o menos continuo sufrió una nueva aceleración hacia mediados de siglo con la llamada *revolución verde* en que la arquitectura y

la fisiología de los cultivos sufrió una alteración importante que condujo al desarrollo de los cultivares modernos con alto potencial de rendimiento.

En forma paralela a este proceso, los investigadores individualizaron genes útiles en especies silvestres emparentadas con los cultivos, que codificaban características útiles no existentes en el acervo genético de la especie cultivada. Si bien en algunos casos los cultivos y sus especies silvestres y malezas emparentadas pueden intercambiar naturalmente genes, en la medida en que se trabaja con especies más lejanamente emparentadas este proceso es más dificultoso. Los métodos convencionales para transferir genes de otras plantas hacia los cultivos alcanzaron importantes grados de complejidad en muchos casos lográndose transferencias efectivas cuya probabilidad de ocurrencia sin la intervención humana podría considerarse nula. En algunos cultivos como el trigo este proceso ha sido particularmente intenso, de forma que entre los cultivares que se utilizan comúnmente se han incluido en su genoma decenas de genes provenientes de pastos silvestres y especies emparentadas.

Todos los procedimientos anteriormente descritos se conocen como *convencionales* en oposición a las tecnologías del *ADN recombinante*, ya que en el primer caso la transferencia se realiza a través de gametos sexuales y en el segundo caso es independiente de los gametos. Las tecnologías de ADN recombinante pueden, en principio, aplicarse a casi cualquier organismo, aunque no en todos los casos se han puesto a punto los procedimientos para lograrlo. Con relación a los cultivos, estas tecnologías se aplicarán a cultivares modernos que se encuentran alejados de sus parientes silvestres por milenios de modificación humana.

Las tecnologías del ADN recombinante, se utilizan como complemento del mejoramiento convencional y no necesariamente implican modificaciones genéticas más drásticas. Su principal ventaja para los mejoradores consiste en la intencionalidad con que se logran las modificaciones en contraposición a la dependencia del azar y el tiempo requerido para la identificación de mutaciones naturales. Una vez que un gen en particular es integrado al acervo genético de una especie, sea a través de una mutación natural o inducida, un cruzamiento interespecífico o tecnología del ADN recombinante, el nuevo gen se transferirá de un cultivar a otro por medio de cruzamientos convencionales (Figura 1).

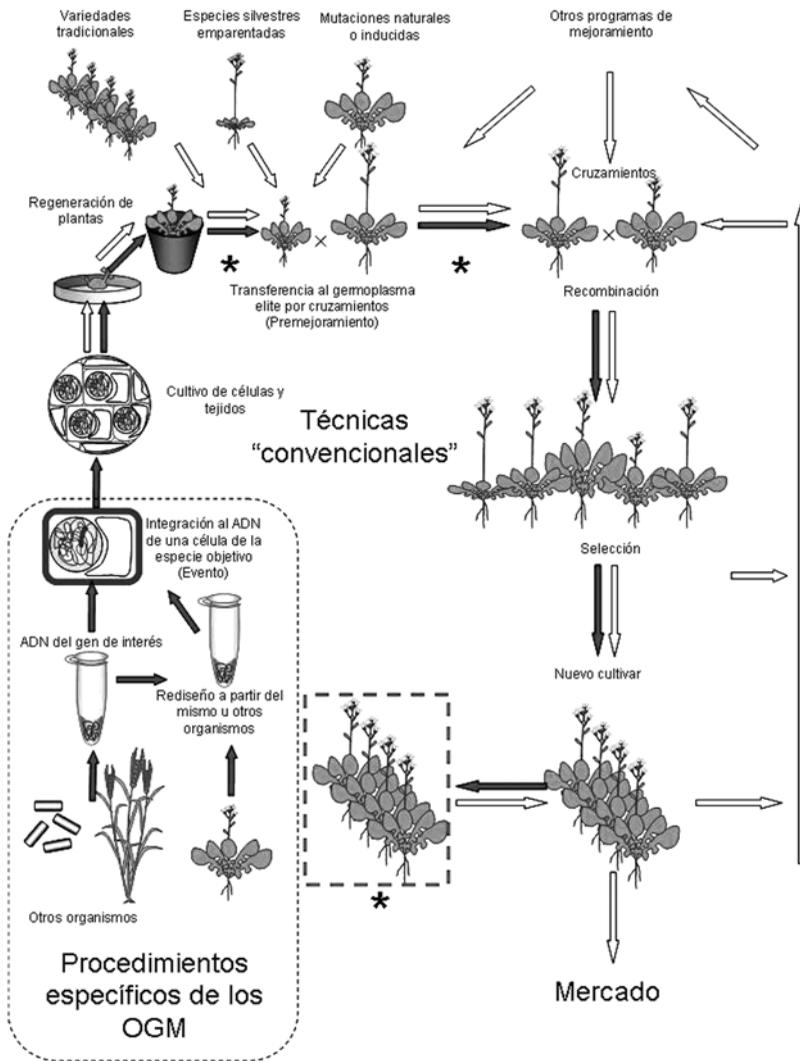


Figura 1. Integración de los organismos genéticamente modificados en el mejoramiento genético convencional. Todos los procedimientos indicados por flechas coloreadas deben realizarse en condiciones controladas y están sometidas a evaluación de riesgo. Los materiales altamente mejorados (gemoplasma elite) son los que se utilizan para obtener nuevos cultivares al recombinarse sus genes a través de cruzamientos. A este gemoplasma elite se le incorporan genes por diversas metodologías incluyendo la ingeniería genética en una etapa conocida como premejoramiento. Los materiales genéticamente modificados provenientes de otros países se pueden incorporar al proceso en los pasos indicados por asteriscos dependiendo de su nivel de adaptación y potencial de rendimiento en las condiciones locales.

Debido a que tanto los métodos agrupados bajo la categoría de convencionales y las tecnologías del ADN recombinante pueden provocar modificaciones genéticas muy variadas, el modo de origen de la modificación no es solamente la principal diferencia con las obtenidas por métodos convencionales sino también la única característica que define a los OGM. Por este motivo, no es posible identificar características genéticas, nutricionales, fisiológicas ni de ningún tipo comunes a todos los OGM *per se*, excepto la forma en que fueron obtenidos y las implicancias filosóficas y comerciales que esto conlleva.

### ***Cultivos transgénicos y bioseguridad***

La tecnología transgénica posee un alto potencial para la generación de nuevos productos, pudiendo incluir organismos morfológica y fisiológicamente alterados en un grado bastante radical. No es la tecnología transgénica *per se*, sino su impacto potencial, lo que hace necesario adoptar una actitud cautelosa y determina que los cultivos transgénicos sigan canales regulatorios diferentes a las plantas derivadas de programas de mejoramiento genético convencionales<sup>9</sup>.

El Análisis de Riesgos (AR) es una metodología internacionalmente aceptada para determinar si se autoriza la adopción y uso de cultivos transgénicos. Se aplica en el ámbito de la *bioseguridad*<sup>10</sup> en su sentido amplio y en general para toda nueva tecnología.

El AR incluye los siguientes pasos:

1. **identificación** de efectos adversos potenciales, lo cual dependerá de la combinación específica en el cultivo de un *transgén* (o transgenes), ca-

9 Hay sistemas regulatorios, como el de Canadá, en el cual se controla la liberación al ambiente de toda nueva combinación genética no sólo derivada de ingeniería genética sino también derivada de mutagénesis u otros métodos “convencionales”.

10 La “bioseguridad” es un concepto global y constituye un elemento central para el desarrollo agrícola sostenible, abarca la inocuidad de los alimentos, la zoonosis, la introducción de plagas y enfermedades de los animales y las plantas, la introducción y gestión de especies exóticas invasivas y la introducción y liberación de organismos vivos genéticamente modificados y sus productos. De esta forma la misma constituye un enfoque estratégico e integrado orientado al análisis de riesgos para prevenir, combatir y/o gestionar los riesgos pertinentes para la salud de las personas, los animales y las plantas y el medio ambiente.

La metodología de Análisis de Riesgos es considerada cada vez más a nivel mundial como disciplina unificadora de todos los sectores que abarca la bioseguridad.

- racterística (o características) modificadas, especie receptora y ambiente donde será liberado ;
2. *estimación de la probabilidad* de ocurrencia de dichos efectos adversos, lo cual se relaciona con el nivel de exposición;
  3. *evaluación de las consecuencias* de que dichos efectos adversos ocurran;
  4. *caracterización del riesgo*, para lo cual se combina la probabilidad de ocurrencia de los efectos adversos (2) y sus consecuencias (3);
  5. consideración de *estrategias* apropiadas para el manejo del riesgo, qué se puede hacer para reducir la probabilidad y/o gravedad y atender eventualidades;
  6. estimación del *impacto global* incluyendo posibles efectos positivos, cuál es el balance riesgos/beneficios.

Cada combinación específica de *transgén-característica-especie-ambiente* implica riesgos potenciales diferentes, siendo necesario un AR *caso a caso*. A su vez, el AR se ajusta según el *uso* específico propuesto<sup>11</sup>.

Para el cumplimiento de estos pasos, un AR aborda la problemática a través de tres componentes distintos pero estrechamente interrelacionados: la *Evaluación de Riesgos*, la *Gestión de Riesgos* y la *Comunicación de Riesgos* (Figura 2).

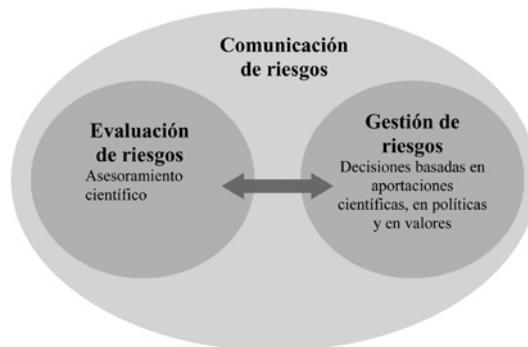


Figura 2: Componentes genéricos del análisis de riesgos (FAO, 2007)

11 En general se puede hablar de tres categorías de uso propuesto: uso contenido, lo que implica una estructura física cerrada (laboratorio, cámara de crecimiento, invernáculo apto para dicho fin); uso a escala de campo bajo condiciones controladas de bioseguridad y uso general para producción y comercialización.

La Evaluación de Riesgos (ER) se desarrolla en un ámbito técnico-científico basado en información multidisciplinaria, siguiendo una metodología *estructurada* aplicada *caso a caso*. La ER aplicada a la *bioseguridad* de cultivos transgénicos, implica la caracterización del riesgo potencial de un evento para la salud (humana, sanidad vegetal y animal) y el ambiente. Se discute en el ámbito internacional sobre la inclusión de una evaluación socioeconómica en esta etapa, que como se verá más adelante, la metodología de AR prevé su consideración en la etapa de Gestión.

Los procesos y metodología aplicados para la ER en OGM es la menos evolucionada entre los sectores que abarca la bioseguridad y en varios aspectos, especialmente en la ER ambiental, predominan expresiones cualitativas del nivel de riesgo por la dificultad de predicción del carácter y magnitud de las repercusiones, y debido a la falta de información científica.

El informe final de la ER debe documentar en forma objetiva y transparente las limitaciones, las incertidumbres e hipótesis de cada etapa de la ER, incluyendo la falta de consenso científico si la hubiera. En la conclusión de la ER se incluye la incertidumbre y variabilidad que existió en la estimación del riesgo, no siendo responsabilidad del evaluador, sino del gestor, resolver la incidencia de dicha incertidumbre en la decisión de gestión de riesgos. Esto hace a la característica de proceso iterativo (reiterativo, de ida y vuelta) entre gestores – evaluadores – solicitante, intercambiando y/o generando información adicional hasta llegar al nivel de riesgo aceptable, nivel que es fijado en la etapa de Gestión de Riesgos.

El *Codex Alimentarius*<sup>12</sup> ha desarrollado los principios para el AR de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos y elaborado una metodología específica de evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de cultivos transgénicos o producidos utilizando microorganismos modificados genéticamente y lo está preparando para alimentos obtenidos de animales transgénicos (FAO/OMS, 2003 a,b,c).

---

12 El *Codex Alimentarius* o código alimentario, redactado por una Comisión Internacional, reúne las normas alimentarias en el ámbito internacional. La Comisión del *Codex Alimentarius* fue creada en 1963 en un programa conjunto FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud). El *Codex Alimentarius* es un punto de referencia mundial en estos aspectos. Uruguay es miembro de la Comisión del Codex desde 1963.

La Gestión de Riesgos (GR) es el proceso de selección de medidas a tomar en respuesta a un riesgo ya caracterizado. Se sostiene en un método *articulado* basado en los resultados de la ER pero involucra también factores económicos, sociales, culturales, legales y políticos. Las decisiones adoptadas pueden seguir tres vías fundamentales: tolerar el riesgo tal cual se presenta, convivir con el mismo elaborando medidas de mitigación o evitarlo.

El *Codex Alimentarius* recomienda que, más allá de la necesaria interacción entre evaluadores y gestores, se asegure una separación funcional entre la evaluación de riesgo y la gestión, a los efectos de preservar la integridad científica de la ER, para prevenir confusión sobre las funciones que deben ejercer los evaluadores y gestores y para reducir cualquier conflicto de intereses.

Los gestores deben tener en cuenta las incertidumbres identificadas en la ER, considerar la valoración de las opciones para la gestión de los mismos, así como también la implementación, el seguimiento y revisión de las medidas de gestión tomadas. Al igual que en la ER, el proceso de GR debe ser objetivo, transparente, coherente y estar completamente documentado.

Encontrar el equilibrio entre las mejores medidas de control que apuntan a minimizar el riesgo y la capacidad real (costo y viabilidad técnica) de su aplicación significa un reto considerable para el equipo de gestores y tiene una expresión diferente en distintos países.

La Comunicación de Riesgos (CR) es el intercambio de información y opiniones en forma clara, iterativa y documentada a través de todo el proceso de AR entre los evaluadores, los gestores y todas las partes interesadas<sup>13</sup>. De esta forma se pretende garantizar que durante el proceso de adopción de decisiones se tenga en cuenta toda información y opinión necesarias para una gestión eficaz de los riesgos. Más que difusión de información, la CR tiene que ver con la *transparencia*, de manera que haya confianza de la ciudadanía en las decisiones de carácter normativo y las medidas de control.

Los informes de la ER, incluidos los términos de referencia, y de la GR con la explicación de las decisiones tomadas, deben estar a disposición de todas las partes interesadas, respetando el carácter confidencial de la in-

---

13 Partes interesadas incluye al gobierno, la industria, las instituciones académicas, los medios de información, los consumidores y las ONGs.

formación comercial e industrial. Para lograr una CR eficaz deben existir mecanismos y herramientas de consulta que inviten/promuevan la adecuada participación de todas las partes interesadas.

El sistema regulatorio debe lograr un balance entre la necesidad de minimizar el riesgo y la de promover las oportunidades que ofrece la biotecnología en innovaciones tecnológicas. A su vez, es necesario analizar cuidadosamente las posibilidades reales de control y de cumplimiento de las normas establecidas para lograr confianza y credibilidad en el sistema regulatorio.

### ***Riesgos potenciales para el ambiente considerados en la evaluación de riesgos***

Diferentes autores han discutido acerca de los riesgos potenciales que los cultivos transgénicos representan para los ambientes receptores. Se pueden establecer las siguientes subcategorías: i) riesgo de que el propio cultivo transgénico se transforme en una especie invasora o maleza, ii) riesgos derivados de la transferencia genética, y iii) riesgos sobre organismos no blanco.

También se incluyen posibles efectos no intencionales, ya que aumenta el interés por otras categorías como calidad de producto, mayor rendimiento, tolerancia a estrés abiótico, resistencia a enfermedades, que implican la utilización de genes con un efecto más amplio en el metabolismo celular y en la fisiología de la planta que los utilizados en las características tradicionales de resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas.

Por otro lado, dada la conexión de la bioseguridad de cultivos transgénicos con las Buenas Prácticas Agrícolas, también se incluyen riesgos potenciales de desarrollo de resistencia al control en insectos y malezas, y riesgos asociados al paquete tecnológico que hace prestar atención a aspectos tales como agroquímicos implicados, técnicas de laboreo, secuencia de rotaciones, entre otros.

Como se menciona anteriormente, no es la tecnología transgénica *per se* lo que determina posibles efectos adversos al ambiente, sino la combinación específica en el cultivo de: el transgén (o transgenes), la característica modificada (o características), la especie receptora, el ambiente dónde será liberado y el manejo del paquete tecnológico asociado al cultivo.

En el Uruguay, los *ambientes receptores* donde se pretenden liberar los cultivos transgénicos incluyen la existencia de áreas con diferentes grados de tecnificación, por lo que es importante considerar que la evaluación de riesgos posea un enfoque de *ecosistema* y no sólo del *agroecosistema*. Los factores que se consideran en la ER incluyen la naturaleza del ecosistema en el cual el cultivo transgénico será introducido, si se trata de la introducción de un nuevo cultivo y sistema de producción o si se está introduciendo un nuevo cultivar de un cultivo ya establecido. También se considera la existencia o no de parientes silvestres con quienes sea posible el intercambio de genes siendo esto especialmente considerado en los casos en los que existe ya una maleza agresiva sexualmente compatible.

En cuanto a la *característica introducida*, desde el punto de vista ambiental, aquellas de mayor riesgo potencial son las que confieren una ventaja de selección o de colonización de nuevas áreas, que lleve a transformar al *cultivo transgénico* en *invasor*. Esto lo pueden determinar características tales como cambios en la morfología y tasa de crecimiento del cultivo y no ocurre lo mismo con características que apuntan a mejorar la calidad del producto o la adaptabilidad del cultivo al sistema de producción, ya que significarían desventajas en condiciones silvestres. Otras características, como resistencia a enfermedades, pueden otorgar una ventaja comparativa a la población silvestre, en la medida en que dicha enfermedad sea un factor limitante para la dispersión de esa población. Dado que los niveles de las enfermedades varían considerablemente entre ambientes silvestres y sistemas de producción agrícola, definir si la resistencia será una ventaja selectiva, debe ser determinado caso a caso.

El mayor avance en estos últimos años en cuanto a nuevas características ha sido en el área de tolerancia al estrés abiótico (sequía, frío, altas temperaturas y salinidad), especialmente resistencia a la sequía. Estos casos plantean el riesgo potencial de generar plantas invasivas ya que dichas características le permitirían al cultivo y especies silvestres emparentadas colonizar áreas donde previamente no crecían. Este tipo de características han sido y están siendo introducidas por métodos convencionales de mejoramiento genético, lo cual permitirá intercambiar información para la ER de cultivos genéticamente modificados.

En el caso de un cultivar OGM que expresa tolerancia a herbicidas, debe controlarse *si el propio cultivo tiene características de maleza, que pueda convertirse en una especie invasora más difícil de combatir*.

En lo que respecta a *transferencia genética*, los cultivos transgénicos implican un riesgo potencial en la medida en que puedan transferir el material genético novedoso a otros individuos. El nivel de riesgo de dicha transferencia dependerá a su vez de las consecuencias sobre el ambiente.

La *transferencia genética* ocurre por diferentes mecanismos: mediante transferencia vertical de genes (también denominado *Flujo Génico*) en animales y vegetales a través de mecanismos asociados a la reproducción sexual dentro de una misma especie o entre especies emparentadas; y mediante *Transferencia Horizontal de Genes* (THG) a través de mecanismos de intercambio o incorporación de pequeños fragmentos de ADN libre de un organismo a otro que no forma parte de su descendencia<sup>14</sup>. En cuanto a THG, las contribuciones académicas a su estudio son de reciente incorporación y todavía no hay un consenso en la comunidad científica sobre la naturaleza y la magnitud de los riesgos derivados de la misma.

Lo primero que se busca conocer en una ER es si en el ambiente donde se liberará el cultivo transgénico existen individuos silvestres de la misma especie o especies emparentadas que permitan el *flujo génico* desde el individuo transgénico hacia estos<sup>15</sup>. En caso que esto sea factible, se debe conocer no sólo la probabilidad de hibridación sino también de introgresión del gen en los híbridos producto del cruzamiento y el impacto que el gen/característica tendrá en el ambiente receptor.

Los efectos adversos que pueden resultar de un *flujo génico* exitoso incluyen: generación de malezas resistentes en el caso de eventos con resistencia a herbicidas, y efectos sobre la diversidad biológica y los recursos genéticos.

Los cultivos transgénicos con resistencia a herbicidas constituyen un riesgo potencial si son transferidos a especies emparentadas a la cultivada, especialmente si éstas presentan características de malezas o si ya son malezas. Uno de los casos debatidos es el de posibles cultivares de sorgo transgénico que fácilmente puedan transferir la tolerancia a herbicidas

14 Estas definiciones se aplican en el marco de la biotecnología y regulación de la bioseguridad. Desde el punto de vista evolutivo, el flujo génico entre diferentes especies se considera una forma de transferencia horizontal.

15 En el caso de existir una política de coexistencia, con la cual se busca que los diferentes sistemas de producción (orgánico, convencional y transgénico) puedan desarrollarse, se incluye en esta consideración la probabilidad de hibridación con individuos no modificados de la misma especie. Cabe aclarar que la coexistencia es un tema ajeno a bioseguridad.

al sorgo de alepo. También se plantea esta situación para la colza o arroz transgénicos que presentan malezas emparentadas en nuestra región.

Efectos sobre la diversidad biológica y los recursos genéticos deben considerarse especialmente cuando el ambiente receptor de los cultivos transgénicos es un centro de diversidad primario o secundario de la especie en cuestión que se considera importante conservar. Alelos provenientes de individuos transgénicos pueden sufrir procesos de introgresión al germoplasma criollo o silvestre. Esto puede ser particularmente importante cuando implica la transferencia por ejemplo, de un evento de tolerancia a estrés abiótico o biótico, que dará al introgresante una ventaja comparativa en dichas condiciones.

En cuanto a los posibles *efectos no intencionales*, las nuevas características que están siendo desarrolladas surgen de genes diferentes a los utilizados en las características tradicionales de resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas. En estos casos, la proteína producto de los genes es directamente lo que determina la característica de interés. Estas proteínas cumplen su función específica y no participan en otros procesos de la célula. Por el contrario, la función de los genes que determinan características tales como resistencia a estrés abiótico o mayor rendimiento, es iniciar otros cambios en el metabolismo celular. Si bien estos genes tienen la ventaja de lograr lo que de otra forma significaría el manejo de docenas de genes, pueden determinar interacciones entre genes afectando múltiples características, siendo necesaria la consideración de posibles efectos sobre la capacidad de sobrevivencia y flujo génico.

El estudio de posibles interacciones también es necesario en el caso de los denominados cultivos transgénicos “apilados” (también conocidos como acumulados, combinados o *stack*), los cuales si bien se obtienen por métodos de cruzamiento convencional entre parentales que contienen los eventos individuales, combinan diferentes características en una misma planta.

Los riesgos sobre *organismos no blanco* se refieren a los impactos potenciales no intencionales de la introducción de un cultivo transgénico en el ambiente receptor y sus componentes. Comprende alteraciones en la biodiversidad, efectos a nivel de las redes tróficas y alteración de procesos ecosistémicos a nivel de suelo. Uno de los ejemplos de genes introducidos en cultivos comerciales por tecnologías transgénicas que pueden tener

efectos sobre organismos no blanco son los que codifican para toxinas *Bt*<sup>16</sup>.

Entre los impactos potenciales sobre organismos no blanco de la introducción en el ambiente de cultivos que incluyen toxinas *Bt* para resistencia a insectos se destacan: los efectos no previstos sobre insectos fitófagos *no blanco*, los efectos en la cadena trófica debido a efectos de las toxinas *Bt* en los enemigos naturales de las plagas que generan disrupción del control natural, los efectos de la acumulación de toxinas *Bt* en el suelo por fijación a arcillas y ácidos húmicos y modificaciones en el valor adaptativo (*fitness*) de los organismos no blanco.

Los efectos potenciales en los componentes de la cadena trófica constituyen un riesgo para la implementación de sistemas agrícolas sostenibles en el tiempo. La conservación y el incremento de los controladores biológicos son sustanciales para mantener en posiciones de equilibrio las poblaciones de las plagas agrícolas.

Los efectos de la transferencia de las toxinas *Bt*, ya sea desde las presas a sus predadores, o por su alimentación y la de los parasitoides con polen de las plantas que las contienen, pueden ser estudiados en laboratorio o indirectamente realizando prospecciones de las dinámicas de sus poblaciones. Un resumen de estudios sobre el impacto de cultivares *Bt* sobre predadores y parasitoides (Fontes et al., 2002), indica que en su mayoría los efectos fueron neutros o positivos, aunque la existencia de algunos casos negativos alerta sobre la necesidad de incrementar el número y el rango de situaciones bajo análisis (Cuadro 1).

16 La bacteria *Bacillus thuringiensis* es un bacilo flagelado, esporulado, gram positivo que produce, durante la esporulación, un cristal de proteína tóxica para determinados insectos, conocido también como delta endotoxina (toxina *Bt*). Al ingerirse la toxina *Bt* por el insecto durante su fase larvaria, el pH alcalino del intestino determina su pasaje a la forma activa de la endotoxina, la cual se une a receptores específicos de las membranas epiteliales del intestino del insecto, lo que genera poros que desequilibran su balance osmótico causando eventualmente su muerte.

Cuadro 1. Resumen del número de especies de enemigos naturales para las cuales existe información de efectos debido a cultivos transgénicos con tolerancia a insectos. (Fontes *et al*, 2002; modificado por García y Altieri, 2005).

Enemigos naturales			
Taxa y número de especies	Número de especies afectadas negativamente	Número de especies afectadas positivamente	Número de especies no afectadas
Coleoptera total (5 + fauna general)	2 + fauna general		4 + fauna general
Total Diptera (3)	2		1
Total Dermaptera (1)		1	1
Total Hemiptera (7)		1	6 + hemíptera fauna general
Total Hymenoptera (9)	4	2	8
Total Neuroptera (2)	2		1
Total predadores (17)	5	2	15
Total parasitoides (10)	5	2	7

Los enemigos naturales de los insectos generalmente no tienen una alta especificidad y es común que se alimenten de diferentes presas en diferentes cultivos, a fin de mantener sus poblaciones. De esta manera, es más probable que su contacto con las toxinas *Bt* provengan de especies fitófagas que no son blanco de los cultivares transgénicos, muchos de los cuales no son plagas importantes de los cultivos. Esto se debe a que mientras los insectos objetivo de los cultivares genéticamente modificados tienen receptores específicos en los cuales las toxinas *Bt* quedan ligadas, causando generalmente un efecto letal, los fitófagos no blanco sobreviven en general, y las toxinas ingeridas quedan libres en su interior. También las toxinas *Bt* pueden pasar a los predadores a través del polen que muchos de ellos ingieren como alimento suplementario a sus presas o, en algunos casos, porque también pueden alimentarse del tejido vegetal. La mayoría de los parasitoides adultos se alimentan con néctar y es frecuente que ingieran polen al mismo tiempo. En cualquiera de estos casos, las toxinas ingeridas por los enemigos naturales, desde su presa o el material vegetal, pueden causar efectos subletales negativos que afecten el desempeño o la adaptación de estos biocontroladores.

En un análisis más reciente de 42 experimentos de campo con algodón y maíz *Bt*, Marvier *et al* (2007) concluyeron que los organismos no blanco, en general, son más abundantes en cultivos modificados genéticamente que en los campos de algodón y maíz convencional que son manejados de la forma tradicional con aplicaciones de insecticidas. Sin embargo, cuando la comparación se realizó con cultivos convencionales libres de insectici-

das, se verificó que algunas especies no blanco fueron menos abundantes en los cultivos *Bt*.

Resultados similares fueron encontrados en monitoreos de fauna en cultivos comerciales de maíz *Bt* y sus respectivos refugios convencionales realizados por Facultad de Agronomía, INIA La Estanzuela y la Asesoría Técnica Entoagro en la región del Litoral Oeste de Uruguay durante cuatro ciclos estivales agrícolas<sup>17</sup>. Se verificó el efecto negativo de los cultivares de maíz *Bt* en los lepidópteros plagas, con eficiencia relativa diferente de acuerdo a la especie considerada, mientras que no se determinó, en general, un impacto significativo en los organismos no blanco (predadores y fitófagos secundarios) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número y proporción de muestreos en que las poblaciones de lepidópteros, predadores y trips fueron mayores, iguales o menores en áreas de maíz *Bt* que en sus correspondientes refugios de maíz convencional, según localidades y años, en el litoral oeste uruguayo (Adaptado de Castiglioni et al. 2006, 2007, 2009; Chiaravalle y Aznárez 2008; Castiglioni 2008).

Lugar/año	Lepidópteros plagas			Predadores			Trips		
	Bt < Ref.	Bt = Ref.	Bt > Ref.	Bt < Ref.	Bt = Ref.	Bt > Ref.	Bt < Ref.	Bt = Ref.	Bt > Ref.
Soriano 2005/06	19	4	0	3	19	1	2	19	0
Soriano 2006/07	26	0	0	2	6	3	3	15	1
Soriano 2007/08	21	4	0	2	11	0	6	4	0
Soriano 2008/09	13	1	0	2	12	0	0	14	0
San José/Colonia 2005/06	16	0	0	15	0	1	5	6	5
San José/Colonia 2006/07	22	5	1	2	11	10	0	11	13
San José/Colonia 2007/08	12	4	2	5	11	8	-	-	-
Río Negro/Paysandú 2005/06	9	2	0	6	8	2	0	0	11
Paysandú 2006/07	18	1	1	1	4	0	0	1	4
Río Negro/Paysandú 2007/08	9	2	2	1	2	8	1	2	8
Río Negro/Paysandú 2008/09	9	1	0	1	2	2	0	1	4
TOTAL (número)	174	24	6	40	86	33	17	73	46
PROPORCIÓN TOTAL (%) <sup>1</sup>	85,3	11,8	2,9	25,2	54,1	20,7	12,5	53,7	33,8

<sup>1</sup>Proporción (%) del total de muestreos en que el número de insectos fue menor, igual o mayor en maíz *Bt* que en el área de refugio de maíz convencional.

Hasta el presente, la mayoría de los estudios de campo han demostrado pequeños o nulos efectos negativos de los cultivares transgénicos en los organismos no blanco (Sisterson et al, 2007) (Cuadro 3). En algunos

17 Castiglioni, E.; Chiaravalle, W.; Zerbino, S. Responsables de los estudios financiados por la Cámara Uruguaya de Semillas (CUS).

casos, no ha sido posible explicar si la menor abundancia de artrópodos no blanco detectada en los cultivos *Bt*, en comparación con los cultivos convencionales, se debió a efectos tóxicos de los GM o a la menor abundancia de sus presas. No obstante, los estudios de campo que se centran en la abundancia de las especies, suelen enmascarar efectos que resulten letales para algunos de ellos.

Cuadro 3. Resumen de estudios sobre efectos debido a cultivos genéticamente modificados con tolerancia a insectos.

Cultivo	Duración/ lugar	Principales resultados en estudios de campo	Referencia
Algodón	6 años Arizona, USA	Análisis conjunto determinó diferencias menores en las poblaciones de artrópodos entre genotipos <i>Bt</i> y no <i>Bt</i> : reducción media de 19% en 5 predadores, asociadas a la menor presencia de lepidópteros plaga en los cultivos <i>Bt</i>	Naranjo. 2005. <i>Environmental Entomology</i> , 34(5):1193-1210
Algodón	3 años Georgia, USA	No hubo diferencias significativas en las poblaciones de predadores (arañas, dermápteros, carábidos, cicindélidos, heterópteros y estafilínidos) entre genotipos ( <i>Bt</i> y no <i>Bt</i> ).	Torres & Ruberson. 2007. <i>Annals of Applied Biology</i> , 150:27-39.
Arroz	3 años Zhejiang, China	Abundancia y composición de especies similar en cultivos <i>Bt</i> y convencionales no <i>Bt</i>	Li et al. 2007. <i>Environmental Entomology</i> , 36(3):646-654
Maíz	3 años Bonn Alemania	Mayor número de insectos saprófagos en <i>Bt</i> que en las isolíneas convencionales. Mayor número de pulgones y coccinélidos en maíz convencional con insecticidas que en <i>Bt</i>	Eckert et al. 2006. <i>Environmental Entomology</i> , 35(2):554-560
Maíz	1 año Sassenay, Francia	Sin efecto sobre artrópodos de suelo, tendencias a menores poblaciones de artrópodos aéreos en <i>Bt</i> que en convencional	Candolfi et al. 2003. <i>Biocontrol Science and Technology</i> , 14(2):129-170
Maíz	3 años Bonn Alemania	Diferencias en la actividad depredadora de arañas y carábidos en uno de tres años; en restantes dos años: diferencias en algunos muestreos.	Toschki et al. 2007. <i>Environmental Entomology</i> , 36(4):967-981
Rotaciones con Maíz y Papa	2 años Pennsylvania USA	Predadores de las familias Carabidae y Staphylinidae variaron según la secuencia de cultivos pero no resultaron afectados por el genotipo ( <i>Bt</i> x isolíneas no <i>Bt</i> )	Leslie et al. 2007. <i>Environmental Entomology</i> , 36(1):234-244

Mientras que la ausencia de diferencias en la abundancia de invertebrados se asume como señal de seguridad ambiental, cuando se encuentran diferencias significativas resulta difícil interpretar si las mismas se traducen en cambios ecológicamente importantes (Marvier et al. 2007).

Los estudios de laboratorio, si bien no reproducen ecológicamente lo que sucede en el campo, resultan una evaluación más directa del impacto de los cultivos genéticamente modificados en los organismos no blanco. El análisis de estudios realizados con 18 especies de predadores y 14 especies de parasitoides indicaron una destacable proporción de casos (30% para predadores y 39,8% para parasitoides) en los que los impactos de los cultivares genéticamente modificados fueron significativamente negativos (Lövei y Arpaia, 2005). Colectivamente, estos resultados sugieren que debe monitorearse el uso de cultivos transgénicos por los posibles efectos negativos que pueden tener sobre los enemigos naturales de las plagas.

Al presente, los estudios se han realizado con cultivos pertenecientes a la primera generación de variedades resistentes a insectos, por inclusión de una única toxina de *Bt*. La tendencia moderna es la creación de cultivares transgénicos con inclusión de más de una toxina (técnica de “pirimidación” de toxinas) o toxinas nuevas que pueden causar daños mayores, de manera que los nuevos cultivares resistentes puedan controlar un rango mayor de artrópodos que los cultivares de la primera generación. Ello podría determinar reducciones mayores en la abundancia de organismos no blanco en las áreas de refugio o de cultivo convencional (Sisterson et al. 2007). Al tiempo que los impactos potenciales de estos cultivares podrían ser mayores, los estudios necesarios para su evaluación serán más complejos y onerosos, y requerirán estudios locales en las áreas de uso y de duración suficiente como para poder estimarlos.

En cuanto al riesgo potencial de *desarrollo de resistencia*<sup>18</sup>, este está determinado por el manejo del paquete tecnológico que se encuentra asociado al evento. La mayoría de los cultivos transgénicos plantados en el mundo presentan genes que les permiten sobrevivir a la acción de herbicidas, o liberan sustancias insecticidas al ambiente para protegerse de insectos fitófagos. En el primer caso, la exposición del ambiente a niveles crecientes de esos herbicidas, como consecuencia de un manejo inadecuado, puede desembocar en la aparición de malezas resistentes a los mismos, disminuyendo los beneficios de la introducción de estos cultivos con la tecnología transgénica. En el segundo caso, pueden aparecer plagas de insectos resistentes a estas toxinas, dejando, en el caso de los cultivos *Bt*, no sólo sin efecto la propia tecnología transgénica sino también pudiendo invalidar el uso del *Bacillus thuringiensis* para esas plagas en los sistemas de producción orgánica. En dichos sistemas el uso de la mayoría de los insecticidas

18 Se entiende por resistencia a la capacidad hereditaria de sobrevivir y reproducirse de algunos individuos dentro de una población de plagas, después de la aplicación de un plaguicida.

convencionales no está permitido, de manera que el *B. thuringiensis*, apto para su uso como insecticida biológico, cumple un rol fundamental en el control de lepidópteros plagas.

La aparición de resistencia es un fenómeno directamente ligado a la evolución de los sistemas vivientes y aunque no puede ser evitada a largo plazo, se puede retrasar su aparición mediante la aplicación de medidas específicas de manejo. Éstas medidas implican en el caso de los cultivos tolerantes a herbicidas un manejo racional de dichos fitosanitarios. En el caso de cultivos con proteínas insecticidas se recurre a estrategias de Manejo de Resistencia a Insectos plaga (MRI). A modo de ejemplo, en nuestro país la estrategia de MRI para los eventos de maíz *Bt* sembrados implican la siembra de un “área refugio” con maíz no *Bt* en un porcentaje mínimo del 10% respecto al área cultivada con maíz *Bt* con el objetivo de mantener poblaciones susceptibles del barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*).

A su vez, un análisis exhaustivo de las ventajas y desventajas en base a una evaluación caso a caso basada en las condiciones del uso específico propuesto, aumenta las posibilidades del empleo exitoso de la tecnología concretando los potenciales beneficios de esta técnica. Por ejemplo, el uso de cultivares de algodón *Bt* ha conducido a una importante reducción del uso de insecticidas en este cultivo, en regiones productoras importantes, en las que se requería de un alto número de aplicaciones para el control de lepidópteros plaga. La magnitud de este impacto es menor en maíz, donde no se realizan aplicaciones de insecticidas para el control del barrenador del tallo (*D. saccharalis*), principal plaga objetivo de los cultivares modificados genéticamente para expresión de toxinas *Bt*.

En Uruguay, *D. saccharalis* provoca daños esporádicos y no resultan eficientes las aplicaciones de insecticidas para su control en maíz. En este cultivo, los mayores daños y más frecuentes son causados por la lagarta cogollera (*Spodoptera frugiperda*) especie para la cual los eventos y cultivares disponibles de *Bt* tienen eficacia parcial y variable. El empleo exitoso de la tecnología transgénica, en nuestro caso, debería basarse en la ventaja de disponer de estos materiales comerciales en conjunto con la racionalización del manejo de otras estrategias, dentro de las cuales una de las más importantes sigue siendo, en la práctica, el uso de insecticidas.

### ***La adopción de cultivos transgénicos y su impacto en la economía***

Cuando se adopta una nueva tecnología se genera un cambio en la producción que lleva a variaciones en las relaciones económicas entre los agentes. El impacto económico puede darse a diferentes niveles, apareciendo ganadores y perdedores por la adopción tecnológica. Algunas tecnologías tienen un impacto sobre los costos de producción, sobre el rendimiento, sobre el uso de los factores de producción y/o sobre los propios agentes productivos y el entorno social. La incorporación de cultivos transgénicos en la agricultura uruguaya plantea una serie de interrogantes sobre su impacto económico, las cuales han sido parcialmente respondidas por grupos académicos a nivel nacional.

El impacto económico de la adopción de soja y posteriormente de maíz transgénico fue evaluado en un trabajo de la consultora SERAGRO para la Cámara Uruguaya de Semillas (SERAGRO, 2008). Este informe es el primero que presenta un análisis comparativo entre dos escenarios, uno con transgénicos y otro en ausencia de dicha tecnología. Los valores que presenta dicho estudio pueden ser tomados como indicadores del sentido en que se movió la economía luego de la adopción de cultivos transgénicos. En ningún momento se pueden tomar como cifras reales o de magnitudes absolutas, dado que se trata de una simulación que utiliza supuestos sobre la evolución de la agricultura sin cultivos transgénicos. Por lo tanto el estudio se presenta como el primero que hace una medición cuantitativa de los impactos económicos directos e indirectos, utilizando una metodología basada en la matriz de insumo producto.

En dicho estudio se destaca que el resultado económico sobre el valor de la producción agrícola uruguaya en el período 2004 al 2008 se incrementó en 480 millones de dólares, debido a la introducción de cultivos transgénicos. Esta cifra surge de la diferencia entre el área de soja y maíz transgénico en ese período y un área simulada de evolución para los cultivos de entre 60 y 70% del área real. Esta estimación no incluye la dinamización del resto de la producción agrícola asociada, como fue el aumento del área de cultivos de invierno ni la reducción del área de otros rubros (ganadería y otros).

El mismo estudio concluye que el impacto indirecto sobre la economía produjo un incremento del producto de 1.406 millones de dólares. En los 5 años que abarca el estudio, el incremento del PBI total fue de 1.886 millones de dólares. Esto representa un incremento de 377 millones al año

equivalentes a un 1,4% de aumento del producto. En términos de empleo se calcula que la adopción de transgénicos permitió la creación de más de 900 puestos de trabajo directos y casi 4700 indirectos.

Aparte de los impactos estimados en dicho estudio, hay impactos potenciales sobre el resto de la economía que producen mayor controversia. La adopción ha sido en cultivos que tienen como destino principal la industrialización y la alimentación animal, pero la incorporación en alimentos y en cultivos destinados al consumo humano históricamente ha generado rechazo aumentando la incertidumbre. Asociado a esto, exigencias de etiquetado introducen una condicionante para el comercio de estos productos como ocurre por ejemplo en la Unión Europea.

Algunos países adoptaron como política mantener sus territorios “libres de transgénicos” para un rubro en particular como estrategia comercial. A modo de ejemplo se puede citar la moratoria impuesta al ingreso de arroz de origen estadounidense al mercado europeo en el año 2006. Arroz resistente a herbicida, que no estaba aún disponible comercialmente, contaminó una partida de arroz con destino a la Unión Europea. Esto derivó en el cierre comercial para el arroz producido en dicho país por un período de 2 años. Esta sanción comercial le abrió las puertas, entre otros, al arroz uruguayo. Esta situación constata los efectos comerciales de la estrategia de los cultivadores y molineros uruguayos respecto de los transgénicos en el cultivo de arroz.

Por otro lado, la eventual incorporación de variedades transgénicas genera un problema de coexistencia con las variedades convencionales si la adopción no es total. Según Falck-Zepeda (2006), la coexistencia refiere a un sistema de producción que permita el cultivo transgénico, la agricultura orgánica y la convencional (que se permita la existencia conjunta de al menos dos de ellas). Ésta es definida como la habilidad de los productores de hacer una elección práctica entre cultivos convencionales, orgánicos o genéticamente modificados, de acuerdo a las normas legales para la certificación de proceso y/o producto, el etiquetado y los estándares requeridos.

Para lograr la coexistencia habría que considerar cinco aspectos: i) mercados domésticos para los productos diferenciados, ii) mercados internacionales para los productos diferenciados, iii) segregación, trazabilidad y sistemas de preservación de identidad (STIP), iv) marcos legales

para asignar responsabilidades e identificar daños, y v) políticas, planes y capacidades para la biotecnología y la bioseguridad.

Un tema que incluye la coexistencia es el costo del etiquetado del producto. Hauffman y otros (2003) dividen el costo en dos componentes, uno fijo y otro variable. El primero incluye los análisis, la segregación, la trazabilidad y los sistemas de preservación de identidad y la prima por riesgo por no cumplir con el contrato. El costo variable se asocia al monitoreo necesario para determinar la veracidad del tipo de producto. El estudio realizado por estos autores reporta que el costo de preservación de identidad en trigo en Estados Unidos es de 53 dólares por tonelada para un nivel de tolerancia de un 5%, Pero indican que el costo de etiquetado podría ser menor.

Eventualmente podrían ser los productores de cultivos y alimentos no-OGM los que recurrieran al etiquetado de sus productos con el propósito de lograr un premio en el precio. Esto dependerá de la posición de los consumidores y de la ganancia potencial que estimen se pueda lograr por diferenciar su producto. En este aspecto Uruguay establece en su normativa un etiquetado voluntario OGM o no-OGM.

### ***Normativa en bioseguridad de OGM y posturas que han sostenido diferentes actores de la sociedad civil de Uruguay***

Se resume en esta sección la evolución histórica de la normativa uruguaya en materia de bioseguridad de OGM (Cuadro 4), y las diferentes posturas sostenidas por distintos actores de la sociedad civil frente a la introducción de transgénicos en el Uruguay, en particular de las organizaciones no gubernamentales (ONGs), organismos políticos y las organizaciones gremiales de productores y empresariales.

Cuadro 4: Evolución histórica del marco regulatorio nacional en bioseguridad de organismos genéticamente modificados y acuerdos internacionales relacionados en los que Uruguay participa.

<u>Marco Internacional</u>	<u>Marco Nacional</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1963 Miembros de la Comisión del <i>Codex alimentarius</i></li> <li>• 1993 CBD Ley 16.408</li> <li>• 1994 Unión Protección Obtentores Vegetales (UPOV-78)</li> <li>• 1995 Organización Mundial del Comercio (OMC)</li> <li>• 2001 Uruguay adhiere a Protocolo de Cartagena</li> <li>• 2008-2010 Uruguay en proceso de ratificación parlamentaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1996 RM MGAP <b>soja 40-3-2<sup>1</sup></b></li> <li>• 2000 Decreto 249/2000 CERV<sup>2</sup></li> <li>• 2000 Ley No 17.283 Ley General de Protección del Ambiente (art.23)<sup>3</sup></li> <li>• 2003 RM MEF MGAP: <b>MON810<sup>4</sup></b></li> <li>• 2003 RM 236/276 MVOTMA Condiciones MON810<sup>5</sup></li> <li>• 2004-RM MEF MGAP 290 <b>BT11<sup>6</sup></b></li> <li>• 2004 RM 292 MVOTMA Condiciones BT11<sup>7</sup></li> <li>• 2006-RM MVOTMA <b>Suspende maíz dulce GM<sup>8</sup></b></li> <li>• 2007 Decreto 037/007- Moratoria<sup>9</sup></li> <li>• 2008 Decreto 353/008 – Bioseguridad VGM<sup>10</sup></li> </ul>
<p>1 Resolución Ministerial (MGAP) que autoriza el evento GTS 40-3-2 en soja (tolerancia a glifosato).                  2 Decreto 249/2000 del 30 de agosto de 2000 que crea la Comisión de Evaluación de Riesgo de Vegetales genéticamente modificados (CERV). La CERV estaba conformada por un representante de los Ministerios de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), Ministerio de Salud Pública (MSP), Instituto Nacional de Semillas (INASE) e Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).                  3 El artículo 23 de la Ley General de Protección del Ambiente le da potestades al Ministerio de ambiente (MVOTMA) en lo referente a organismos genéticamente modificados.                  4 Resolución Ministerial (MEF, MGAP) que autoriza el evento MON810 en maíz (tolerancia a insectos).                  5 Resolución Ministerial (MVOTMA) que establece condiciones para la producción de maíz con el evento MON810.                  6 Resolución Ministerial (MEF, MGAP) que autoriza el evento BT11 en maíz (tolerancia a insectos).                  7 Resolución Ministerial (MVOTMA) que establece condiciones para la producción de maíz con el evento BT11.                  8 Resolución Ministerial (MVOTMA) que suspende al maíz dulce genéticamente modificado.                  9 El Decreto 037/007 del 29 de enero de 2007 impuso la suspensión por 18 meses de toda nueva solicitud de autorización para la introducción de eventos de organismos vivos de origen vegetal y sus partes genéticamente modificadas. Dicho decreto creó un Grupo de trabajo Interministerial (GIM), conformado por un delegado y sus alternos de los Ministerios de agricultura (MGAP), economía (MEF), salud (MSP) y ambiente (MVOTMA), con el objetivo de revisar y fortalecer las políticas en bioseguridad en el ámbito nacional. El GIM elaboró recomendaciones al respecto que fueron presentadas a los Ministros y aprobadas en un Decreto, N° 353/008, del 21 de Julio de 2008.                  10 El Decreto 353/008 del 21 de Julio de 2008 y Decretos modificativos 535/008 del 3 de noviembre de 2008 y 280/009 del 8 de junio de 2009, contienen la nueva estructura institucional para vegetales y sus partes genéticamente modificados, derogándose los decretos 249/000 de creación de la CERV y el 037/007 de la suspensión.</p>	

Para fines de la década de 1990, luego de la aprobación de la soja transgénica con tolerancia al herbicida glifosato (evento GTS 40-3-2) en 1996, algunas ONGs ambientalistas, de estudios sociales y de promoción y difusión de tecnologías “alternativas” (Redes-AT, CEUTA, RAPAL-UY, APODU, Línea Verde, CLAES, Red del Tercer Mundo, Instituto del Tercer Mundo, CIEDUR, entre otras) plantearon en diversos ámbitos la necesidad de efectuar una moratoria, en el entendido de que ellos pensaban que no estaban dadas las condiciones para el ingreso de transgénicos y que era necesario actuar con cautela (Semanaire Brecha, 1999).

Mientras tanto, la Federación Rural (FR) señalaba que era preciso asumir una definición que no afectase los intereses comerciales dentro de una

estrategia nacional coordinada, pero tanto ésta como la Asociación Rural del Uruguay (ARU), que comenzaban a analizar la temática, no tenían posición tomada (Diario El Observador, 2001).

En el año 2000 se promulga el Decreto N° 249/000 del 30 de agosto de 2000, que crea la Comisión de Evaluación de Riesgo de Vegetales genéticamente modificados (CERV) y se promulga la Ley N° 17.283 -Ley General de Protección del Ambiente- que en su artículo 23 se refiere a la bioseguridad de organismos genéticamente modificados.

En setiembre de 2002, ante una audiencia pública en la Dirección de Servicios Agrícolas (DGSSAA), realizada en el proceso de análisis de riesgos del maíz con tolerancia a ciertos insectos lepidóptero (evento MON810) en virtud del Decreto 249/000, organizaciones no gubernamentales se pronunciaron en contra de que se autorizara el maíz transgénico, autorización solicitada por la empresa Monsanto.

La preocupación planteada no estaba dada solamente en cuanto a los efectos ambientales, económicos y sociales que ellos pensaban que podrían ocurrir, sino a su efecto sobre el comercio y a la imagen del país como "Uruguay Natural", con la cual son promovidos los productos nacionales en los mercados internacionales (Radio El Espectador, 2003).

En noviembre del 2002, la Facultad de Agronomía de la UdelaR elaboró un Informe Técnico solicitado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca sobre la liberación comercial del maíz Bt con el evento MON810. En este Informe se sugiere a la CERV tenga en cuenta una serie de criterios científico-técnicos asociados a los impactos de la introducción de este evento en el sistema productivo, en el ambiente y en los mercados de los productos agrícolas. En particular, el documento identificó como puntos importantes a considerar en el análisis de riesgo: i) la ausencia de datos nacionales sobre la eficacia del evento MON810 frente a las plagas locales de mayor relevancia; ii) ausencia de datos experimentales locales generados en ensayos con el diseño experimental adecuado; además de señalar como inapropiado la extrapolación generalizada de datos de eficacia generados en Argentina para las condiciones de cultivo en Uruguay. Finalmente, el documento señala la necesidad de realizar experimentación a nivel local para generar información nacional (Facultad de Agronomía, 2002).

En junio de 2003, el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) y el Ministerio de Economía (MEC) autorizaron el ingreso del maíz MON 810 al país para su producción y comercialización de la semilla, productos y subproductos derivados. Es decir, se autorizó el ingreso al país de diferentes cultivares transgénicos de maíz que fuesen exclusivamente portadores del evento MON810. En julio y setiembre de 2003, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) a través del artículo 23 de la Ley General de Protección del Ambiente (Ley N° 17.283), estableció condiciones al uso, producción y comercialización de la semilla de maíz con dicho evento por Resolución Ministerial N° 236<sup>a</sup>/003 y N° 276/003. A nivel político hubo discrepancias siendo cuestionada la decisión de autorización del evento MON810 por algunos integrantes del sistema político.

En mayo de 2004 se autorizó otro evento en maíz (evento BT11), con tolerancia a ciertos insectos lepidópteros y a glufosinato de amonio, luego que la CERV aprobara la solicitud presentada en el año 2003 por la empresa Yalfin S.A. (representante de Syngenta en Uruguay). El MVOTMA estableció condiciones al uso, producción y comercialización de la semilla de maíz con el evento BT11 por Resolución Ministerial N° 292/004.

En 2005 se inició el Proyecto DINAMA-PNUMA-FMAM “Desarrollo del Marco Nacional de Bioseguridad” en el cual, a través de un Comité Nacional de Coordinación (CNC), se dio participación a todos los sectores involucrados e interesados para la elaboración de una propuesta de Marco Nacional de Bioseguridad<sup>19</sup>. Si bien dicho proyecto fue suspendido en marzo de 2007, se compaginó la propuesta de los diferentes gru-

---

19 Instituciones que participaron del CNC: Asociación de Productores Orgánicos del UY (APODU), Asociación Rural del Uruguay (ARU), Asociación Uruguaya de Biotecnología (AUDEBIO), Asociación Uruguaya de Siembra Directa (AUSID), Cámara Uruguaya de Semillas (CUS), Comisión Nacional de Fomento Rural (CNFR), Congreso de Intendentes, Cooperativas Agrarias Federadas (CAF), Dirección de Recursos Naturales (RENARE - MGAP), Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA MGAP), Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), Facultad de Agronomía (UdelaR), Federación Rural del Uruguay (FRU), Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), Instituto Nacional de Carnes (INAC), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Instituto Nacional de Semillas (INASE), Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Ministerio de Relaciones Exteriores (MRREE), Ministerio de Salud Pública (MSP), Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), Oficina de Planificación y Política Agropecuaria (OPYPA - MGAP), Oficina de Planificación y Política Agropecuaria (OPYPA - MGAP), Red ONG Ambientalistas, Red Temática de Medio Ambiente (RETEMA - UdelaR), Redes Amigos de la Tierra, Unión Internacional de Trabajadores Agrícolas (UITA).

pos de trabajo del CNC en el informe final (DINAMA-PNUMA-FMAM, 2007a,b,c,d).

En agosto de 2006 por Resolución Ministerial del MVOTMA, se prohibió la producción y comercialización de maíz *dulce* transgénico, que si bien se trataba de un evento autorizado (BT11), fue comercializado en forma irregular, lo que provocó sanciones. El MVOTMA entendió, conjuntamente con el MGAP, que las condiciones establecidas por el MVOTMA a los maíces transgénicos MON810 y BT11 *“no son aplicables a la situación tecnológica y productiva de los agricultores familiares del sector hortícola”*.

Seguidamente, el 29 de enero de 2007, el Poder Ejecutivo a través del Decreto N° 037/007, impuso la suspensión por 18 meses de toda *nueva* solicitud de autorización para la introducción de eventos de organismos vivos de origen vegetal y sus partes genéticamente modificadas. Es decir, los eventos autorizados hasta el momento, soja 40-3-2 (RR) y los maíces MON810 y BT11, podían continuar su producción y comercialización, no así presentarse solicitudes con nuevos eventos. Esta decisión implicó un giro respecto a la política que venía desarrollando el gobierno anterior en el sector agrícola.

Las posturas de las gremiales frente al Decreto 037/007 de suspensión a nuevos eventos han sido diversas en función de sus intereses. La Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA) ya en 1996 había tomado la determinación de no apoyar la introducción ni la explotación comercial de variedades de arroz genéticamente modificado, fundamentalmente debido a la estrategia de mantenimiento y expansión de acceso a los mercados internacionales que no admiten el ingreso de productos transgénicos.

La ARU se manifestó abiertamente en contra del Decreto 037/007, expresando que *“la moratoria tiene el agravante de que estaríamos perdiendo cuatro años para la aprobación de nuevos eventos, lo que implica un rezago en la competitividad de la producción agrícola”* (Semanaario Búsqueda, 2007). Otras gremiales agropecuarias manifestaron su disconformidad con la medida en el entendido que la decisión de suspensión establecida en el Decreto 037/007 atenta *“contra el desarrollo de la agricultura”* (Diario El País, 2007). Del mismo modo, la Cámara Uruguaya de Semillas (CUS), integrada por 32 empresas semilleras, presentó un recurso solicitando la derogación del Decreto junto a un voluminoso documento técnico-científico argumentando su solicitud.

El Decreto 037/007 creó un Grupo de trabajo Interministerial (GIM), conformado por un delegado y sus alternos de los Ministerios de Agricultura, Economía, Salud Pública y Ambiente, con el objetivo de revisar y fortalecer las políticas en bioseguridad a nivel nacional. El GIM elaboró recomendaciones al respecto que fueron presentadas a los Ministros y aprobadas en el Decreto N° 353/008, del 21 de julio de 2008.

El Decreto 353/008 del Poder Ejecutivo deroga los Decretos N° 037/007 y N° 249/000, de modo que la “moratoria” queda sin efecto y se establece una nueva institucionalidad para el Análisis de Riesgos de la introducción de organismos vegetales genéticamente modificados. Una descripción detallada de este Decreto se aborda en la sección que sigue.

Uruguay también es parte de acuerdos internacionales, algunos más directamente relacionados que otros a los organismos genéticamente modificados (Cuadro 4). Entre ellos cabe mencionar el Protocolo de Cartagena (PC)<sup>20</sup> que Uruguay acompañó de cerca en su proceso de elaboración, participando en varias de las instancias de negociación. Luego de su aprobación, en el 2001, Uruguay firmó el PC encontrándose ahora en proceso de ratificación por parte del Parlamento.

### ***Uruguay y su actual institucionalidad en Bioseguridad de organismos genéticamente modificados***

El nuevo sistema regulatorio se creó a partir del Decreto N° 353/008 del 21 de julio de 2008 y Decretos modificativos N° 535/008 del 3 de noviembre de 2008 y N° 280/009 del 8 de junio de 2009. Se estableció una nueva estructura institucional para organismos vegetales y sus partes genéticamente modificadas (OVGM). Se trata de una primera etapa hacia la redacción de una Ley Nacional de Bioseguridad para *todo organismo* genéticamente modificado. Se está trabajando en la elaboración de un proyecto de Ley que incluirá también microorganismos y animales genéticamente modificados para lo cual no existen al momento designaciones de competencia que específicamente los regulen, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 23 de la Ley 17.283 General del Ambiente.

20 El Protocolo de Cartagena (PC) es un acuerdo internacional jurídicamente vinculante que “...busca contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, el manejo y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna (...) centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos”

En los considerandos,<sup>21</sup> el Decreto N° 353/008 impulsa una política de *coexistencia regulada*, reconociendo que los diferentes sistemas productivos: convencional, orgánico, o transgénico, tienen un rol a cumplir en la actividad agropecuaria y por tanto es deseable promover el desarrollo de esos diferentes sistemas productivos. A su vez implica el desarrollo de una normativa específica cuya estrategia garantice dicha coexistencia.

Este Decreto considera el etiquetado<sup>22</sup>, estableciendo la posibilidad de un etiquetado voluntario “GM” o “no-GM” aplicable a aquellos alimentos en los que se pueda comprobar, mediante análisis del *producto final*, la presencia de proteínas o ADN genéticamente modificados.

21 Considerandos del Decreto N° 353/008:

- I) *“que es necesario, favorecer el empleo de herramientas que fortalezcan el desarrollo de las capacidades biotecnológicas nacionales y proceder a materializar la salida de la etapa denominada moratoria de organismos vivos de origen vegetal y sus partes genéticamente modificados, prevista en la norma precitada;*
- II) *que es de interés la promoción de una política de coexistencia regulada entre vegetales genéticamente modificados y no modificados;*
- III) *que pare ello es conveniente asimismo, adecuar y diseñar una nueva estructura orgánica en Bioseguridad de Vegetales y sus partes Genéticamente Modificados, que incorpore las novedades técnicas y los mecanismos jurídicos aptos para encauzar el complejo andamiaje técnico y científico que legitime esta área del conocimiento, de cara a la futura Ley Nacional de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados prevista en el Art. 5° del Decreto N° 37/007, de 29 de enero de 2007;*
- IV) *que el objetivo estratégico de la presente Administración es fomentar el “Uruguay Productivo”, porque se considera que innovación, producción con mayor conocimiento y uso de nuevas tecnologías, son componentes centrales de esa estrategia de desarrollo. El incremento de las capacidades tecnológicas y el uso de herramientas biotecnológicas, a nivel nacional, requiere de mayor articulación y coordinación para el logro de objetivos, tales como el cuidado del medio ambiente, conservación de recursos naturales, promoción y protección de la salud, así como el desarrollo productivos sostenible;*
- V) *el ámbito de los Convenios Internacionales suscriptos por el país;*
- VI) *el trabajo efectuado en el Proyecto de Desarrollo del Marco Nacional en Bioseguridad:”*

22 Premisas básicas sobre etiquetado consideradas:

- La racionalidad del etiquetado GM es proveer información al consumidor sobre el origen transgénico del alimento.
- El etiquetado GM no sustituye el rol tutelar del Estado en materia de inocuidad de los alimentos.
- La decisión sobre etiquetar o no los alimentos transgénicos es de índole claramente política. Se debe resolver si es necesario incorporar dicha información en los alimentos en función de aspectos culturales, sociales y socioeconómicos concretos.
- El etiquetado GM conlleva costos de implementación (industria, sector productivo) y control (gobierno).
- Una eventual exigencia de etiquetado GM debería aplicarse en igual medida a los productos importados.

A su vez, este Decreto brinda un marco genérico en el que se busca estructurar y guiar la aplicación de los principios del Análisis de Riesgos a la bioseguridad de organismos vegetales genéticamente modificados. Se vio como prioritario establecer, en la implantación del Decreto, mejores vinculaciones interinstitucionales y la actuación coordinada de los diferentes sectores, promoviendo el trabajo en red para un uso eficiente de los recursos.

En tal sentido, la nueva institucionalidad incluye: el Gabinete Nacional de Bioseguridad (GNBio), la Comisión para la Gestión del Riesgo (CGR), la instancia de Evaluación del Riesgo en Bioseguridad (ERB) y el Comité de Articulación Institucional (CAI) (Figura 3).



Secretaría Técnica, Grupo Interministerial Decreto 037/07 – DINAMA-MVOTMA

- 1- Solicitud se entrega en Secretaría de la CGR (MGAP, Constituyente 1476 Planta Baja, Mesa de entrada).
- 2- CGR elabora términos de referencia caso a caso que los comunica a la ERB con plazos para las distintas instancias. Informa a la ciudadanía un resumen de la solicitud disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxxx001.aspx?7,1,144,O,S,0,MNU;E;2;12;5;MNU;>
- 3- ERB coordina con red técnico-científica a través del CAI el análisis de la evaluación de riesgos presentada por el solicitante.
- 4- ERB entrega informe técnico-científico a CGR.
- 5- CGR elabora recomendación a GNBio considerando informe de la ERB/CAI, y demás factores (políticos, socioeconómicos, de mercado) según corresponda. Gestiona consulta pública.
- 6- CGR recibe y contesta comentarios de la consulta pública.
- 7- CGR elabora informe final con recomendación al GNBio.
- 8- GNBio toma decisión final.
- 9- CGR informa decisión final al solicitante y a la ciudadanía.

Figura 3. Diseño institucional sobre la bioseguridad de vegetales genéticamente modificados en Uruguay según Decreto 353/008.

El Gabinete Nacional de Bioseguridad (GNBio) está integrado por los Ministros del MGAP, (quien lo preside), MSP, MVOTMA, MEF, MRREE y Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). Entre sus cometidos está autorizar o no, luego del análisis de riesgos, las solicitudes presentadas. El GNBio es también quien definirá lineamientos de la política nacional en bioseguridad de OVG. M.

Cada uno de los Ministros del GNBio ha nombrado a un delegado, conformando así la Comisión para la Gestión del Riesgo (CGR) que funciona en la sede central del MGAP. La CGR gestiona el proceso de Análisis de Riesgos *caso a caso* y emite una recomendación al GNBio. La CGR también gestiona la consulta pública y realiza el seguimiento y monitoreo de los eventos autorizados asegurando el cumplimiento de las condiciones de bioseguridad establecidas según corresponda. La CGR tiene el cometido de elaborar el Proyecto de Ley Nacional de Bioseguridad de OGM mencionado anteriormente.

Para la instancia técnico-científica de Evaluación del Riesgo (ER), se conformó la Evaluación del Riesgo en Bioseguridad (ERB) que ha de estar integrada por un número reducido de expertos especialistas en las distintas áreas de la evaluación del riesgo. La ERB a partir de un trabajo en red, de coordinación con capacidades nacionales, regionales e internacionales, eleva a la CGR un informe respecto a la seguridad ambiental e inocuidad alimentaria según corresponda. Aspectos socioeconómicos, legales y políticos son incorporados por los gestores (la CGR) en su recomendación al GNBio.

La ERB debe asegurar el análisis *caso a caso* de la evaluación del riesgo sobre bases científicas objetivas según los términos de referencia pautados por la CGR, identificar capacidades nacionales y/o regionales para un trabajo en red, asesorar a la CGR en base a resultados de la ER, y proveer de información a las instancias de consulta.

La red de capacidades en bioseguridad se está conformando, para ello este Decreto crea el Comité de Articulación Institucional (CAI) que está integrado por representantes de un amplio número de instituciones del sector público y académico vinculadas con el proceso de evaluación del riesgo: MGAP, MVOTMA, MSP, Udelar, INIA, INASE, IIBCE, Inst. Pasteur y LATU. El CAI es una instancia auxiliar básica del proceso de ER para facilitar el compromiso de las instituciones a un trabajo en red ante las consultas que surjan del análisis de riesgos.

En resumen, el GNBio y la CGR conforman lo que en la metodología de AR se explicó anteriormente en este capítulo como el proceso de Gestión de Riesgos, son los “gestores”; mientras que la ERB y el CAI comprenden el proceso de Evaluación de Riesgos, son “los evaluadores”.

La Comunicación de Riesgos está prevista en este Decreto incluyendo una primera instancia de *información* a la población, mediante la cual se pone en conocimiento un resumen de todo nuevo evento transgénico para el cual se haya presentado una solicitud<sup>23</sup>. En una segunda instancia, luego de realizada la ER y previo a la presentación a los ministros de una recomendación elaborada por la CGR, se abre un período de *consulta* pública no vinculante, a través de puesta de manifiesto y/o audiencia pública u otro mecanismo a ser definido por la CGR.

El Decreto N° 353/008 también prevé la creación de un Comité Consultivo en Bioseguridad (CCB), para el cual se invitará a designar representantes a las instituciones públicas, UdelaR, sector privado y sociedad civil. Será un órgano asesor en la construcción y seguimiento de las políticas en bioseguridad de vegetales y sus partes genéticamente modificadas, de carácter no vinculante, constituido en la órbita del GNBio.

### Bibliografía citada

- Bourguet D, Chafaux J, Micoud A, Delos M, Naibo B, Bombarde F, Marque G, Eychenne N, Pagliari G (2002). *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). Environ Biosafety Res.1(1):49-60.
- Castiglioni E (2008) Monitoreo de entomofauna en cultivos de maíz Bt y áreas de refugio en cultivos comerciales. Norte del Río Negro – 2008. Informe Técnico para la Cámara Uruguaya de Semillas. Facultad de Agronomía. pp16.
- Castiglioni E, Chiaravalle W, Aznárez G, Zerbino S (2007) Monitoreo de insectos plagas y biocontroladores en cultivos de maíz Bt y áreas de refugio. Informe Técnico para la Cámara Uruguaya de Semillas. Facultad de Agronomía, Entoagro, INIA La Estanzuela. pp26.
- Castiglioni E, Chiaravalle W, Zerbino S (2006) Monitoreo de insectos plagas y biocontroladores en cultivos de maíz Bt y sus áreas de refugio, en el litoral oeste del

23 Información actualizada referente a solicitudes ingresadas, autorizaciones otorgadas, instancias de comunicación y otros temas relacionados, se encuentra en la Web de la Oficina de Bioseguridad <http://www.mgap.gub.uy> entrar a Dirección General – Gabinete de Bioseguridad

- Uruguay. Zafra 2005/06. Informe Técnico para la Cámara Uruguaya de Semillas. Facultad de Agronomía, Entoagro, INIA La Estanzuela. pp23.
- Castiglioni E, Silva H, Pereyra C, Zerbino S, Chiaravalle W, Aznárez G, Sillón M (2009) Muestreo de entomofauna y daños en cultivos de maíz Bt y áreas de refugio en cultivos comerciales. Informe Técnico para la Cámara Uruguaya de Semillas. Facultad de Agronomía, Entoagro, INIA La Estanzuela. pp8.
- Chiaravalle W y Aznárez G (2008) Evaluación de entomofauna en chacras de maíz Bt y sus correspondientes refugios. Zafra 2007/08. Informe Técnico para la Cámara Uruguaya de Semillas. Entoagro. pp13.
- Diario El Observador, 01/03/2001.
- Diario El País, 07/05/2007.
- DINAMA-PNUMA-FMAM. (2007a) Volumen 1: Informe final. Proyecto URU-04-009 Propuesta de Marco Nacional de Bioseguridad para Uruguay. pp148.  
[http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5](http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5)
- DINAMA-PNUMA-FMAM. (2007b) Volumen 2: Informes técnicos. Proyecto URU-04-009 Propuesta de Marco Nacional de Bioseguridad para Uruguay. pp203.  
[http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5](http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5)
- DINAMA-PNUMA-FMAM. (2007c) Volumen 3: Grupos de Trabajo. Proyecto URU-04-009 Propuesta de Marco Nacional de Bioseguridad para Uruguay. pp103.  
[http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5](http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5)
- DINAMA-PNUMA-FMAM. (2007d) Resumen. Proyecto URU-04-009 Propuesta de Marco Nacional de Bioseguridad para Uruguay. pp55.  
[http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5](http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=106&Itemid=367&limitstart=5)
- FACULTAD DE AGRONOMÍA (2002). Informe Técnico solicitado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca sobre la liberación comercial del Evento MON810 Maíz-BT (Transgénico). 6p. (Repartido n° 406/02).
- FAO (2007) Instrumentos de la FAO sobre la bioseguridad. FAO, Roma. pp166. [www.fao.org/ag/agn/agns/foodcontrol\\_biosecurity\\_es.asp](http://www.fao.org/ag/agn/agns/foodcontrol_biosecurity_es.asp)
- FAO/OMS (2003a) Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, Comisión del Codex Alimentarius. CAC/GL 45-2003 pp57. <http://www.fao.org/docrep/007/y5819e/y5819e03.htm>

- FAO/OMS (2003b) Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos producidos utilizando microorganismos de ADN recombinante. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, Comisión del Codex Alimentarius. CAC/GL 46-2003 pp57.  
<http://www.fao.org/docrep/007/y5819e/y5819e04.htm>
- FAO/OMS (2003c) Principios para el análisis de riesgos de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, Comisión del Codex Alimentarius. CAC/GL 44-2003 pp57.  
<http://www.fao.org/docrep/007/y5819e/y5819e02.htm>
- Falck-Zepeda J (2006) Coexistence, Genetically Modified Biotechnologies and Biosafety: Implications for Developing Countries. *Am J Agr Econ* 88(5):1200-1208.
- Fontes EMG, Pires CSS, Sujii ER, Panizzi AR (2002) The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. *Neotropical Entomology* 31:497-513.
- García MA, Altieri MA (2005) Transgenic crops: implications for biodiversity and sustainable agriculture. *Bulletin of Science Technology Society* 25(4):335-353.
- Huffman WE, Shogren JF, Rousu M, Tegene A (2003) Consumer Willingness to pay for Genetically Modified Food Labels in a Market with Diverse Information: Evidence from Experimental Auctions. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 28(3): 481-502.
- Lövei GL, Arpaia S (2005) The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114(1):1-14.
- Marvier M, McCreedy Ch, Regetz J, Kareiva P (2007) A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science* 316:1475-1477.
- OFICINA DE BIOSEGURIDAD - Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,1,144,O,S,0,MNU;E;2;2;12;5;MNU;,"](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,1,144,O,S,0,MNU;E;2;2;12;5;MNU;,)
- Radio El Espectador, 18/7/2003. <http://www.espectador.com/principal/noticias/ind0307173.htm>
- Semanario Brecha, 17/09/1999, p.22.
- Semanario Brecha, 08/06/2001.
- Semanario Búsqueda, 01/02/07, p.17.
- SERAGRO (2008) Informe sobre Impacto de la Adopción de cultivos transgénicos en la economía y agricultura Uruguaya. Consultora Agropecuaria SERAGRO.

Versión papel en prensa. pp4. [http://www.cus.org.uy/images/stories/refugio/Diptico\\_cus\\_baja\\_resolucion.pdf](http://www.cus.org.uy/images/stories/refugio/Diptico_cus_baja_resolucion.pdf)

Sisterson MS, Carrière Y, Dennehy TJ, Tabashnik BE (2007) Nontarget effects of transgenic insecticidal crops: implications of source-sink population dynamics. *Environmental Entomology* 36(1):121-127.

### Lecturas de referencia

Andow DA and Hilbeck A (2004) Science-based risk assessment for non-target effects of transgenic crops. *BioScience* 54(7):637-649.

Andow DA and Zwahlen C (2006) Assessing environmental risks of transgenic plants. *Ecology Letters* 9:196-214.

CÓMO SE HACEN LAS PLANTAS TRANSGÉNICAS [http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/CultivosTransgenicos/sp\\_how.html](http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/CultivosTransgenicos/sp_how.html)

Craig W, Tefper M, Degrassi G, Ripandelli D (2008) An overview of general features of risk assessments of genetically modified crops. *Euphytica* 164:853-880.

Conner AJ, Glare TR, Nap J-P (2003) The release of genetically modified crops into the environment: Part II. Overview of ecological risk assessment. *Plant Journal*, 33 (1):19-46.

Dale PJ, Clarke B, Fontes EMG (2002) Potential for the environmental impact of transgenic crops. *Nature Biotechnology* 20:567-574.

EFSA Journal - European Food Safety Authority (2006) Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed. *EFSA J* 99:1-100.

Ellstrand N, Prentice J, Hancock J (1999) Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. *Ann Rev Ecol Sys* 30:539-563.

Frow E, Ingram D, Powell W, Steer D, Vogel J, Yearley S (2009) The politics of plants. *Food Security* 1:17-23.

Gepts P (2002) A comparison between crop domestication, classical plant breeding, and genetic engineering . *Crop Science* 42(6):1780-1790.

Gepts P (2004) Crop domestication as a long-term selection experiment. *Plant Breeding Reviews* 24(2):1-44.

Hancock JF (2004) *Plant evolution and the origin of crop species*. Cambridge (Massachusetts): CABI Publishing. pp313.

- Hilbeck A, Andow DA (eds) (2004) Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms. Vol. 1. A Case Study of Bt Maize in Kenya. CAB International, Wallingford, UK. pp281.
- Hill RA (2005) Conceptualizing risk assessment methodology for genetically modified organisms. *Environ Biosafety Res* 4:67-70.
- James C (2009) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. *ISAAA Brief* No. 41. ISAAA: Ithaca, NY. <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/41/executivesummary/default.asp>
- OECD-Organization for Economic Co-operation and Development. (2005) Working group on harmonization of regulatory oversight in biotechnology. *Environmental risk assessment of transgenic plants: a comparison of international pre-market data requirements* pp17.
- Romeis J, Meissle M, Bigler F (2006) Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. *Nature Biotechnology* 24(1):63-71.
- Snow AA, Andow DA, Gepts P, Hallerman EM., Power A, Tiedje JM, Wolfenbarger LL (2005) Genetically Engineered Organisms and the Environment: Current Status and Recommendations. *Ecological Applications* 15(2):377-404.
- Snow AA, Palma PM (1997) Commercialization of Transgenic Plants: Potential Ecological Risks. *BioScience* 47(2):86-96.
- Smalla K, Vogel TM (2007) Presentation of the Thematic Issue on Horizontal Gene Transfer. *Environ. Biosafety Res.* 6:1-2.
- Tabashnik BE, Dennehy TJ, Carrière Y, Obrycki JJ (2001) Supporting a cautious approach to agricultural biotechnology. *BioScience*, 51(11):905-906.
- The National Academies Press, Washington, DC. (2002) *Environmental effects of transgenic plants: the scope and adequacy of regulation.* pp342.
- URUGUAY NATURAL. Artículo 6° literal A) Ley General de Protección del Ambiente N° 17.283 de 28/11/2000, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. pp31.
- Vaughan DA, Balázs E, Heslop-Harrison JS (2007) From crop domestication to super-domestication. *Annals of Botany* 100:5 893-901.

## Capítulo 3

# La erosión de suelos en sistemas agrícolas

Mario Pérez Bidegain<sup>1</sup>, Fernando García Préchac<sup>2</sup>, Mariana Hill<sup>3</sup>, Carlos Clérici<sup>4</sup>

### Introducción

La erosión de suelos es sin lugar a dudas uno de los problemas ambientales más importantes a nivel mundial (Ongley, 1997) y nacional (Sganga et al., 2005). La erosión de los suelos no sólo tiene como consecuencia la pérdida de capacidad productiva del suelo erosionado, sino que los sedimentos generados tienen efectos en lugares fuera del sitio erosionado. Dentro de estos efectos se destacan por ejemplo contaminación de cursos de agua, colmatación de embalses, eutrofización de lagos y lagunas, etc.

Dada la importancia de este proceso es importante conocer como opera tanto en términos temporales como espaciales, y de esta forma implementar o interpretar aquellas prácticas agronómicas que se realizan para mitigar su efecto. En cuanto a la dimensión temporal del proceso de erosión se distinguen la *erosión natural* y la *erosión acelerada*. La erosión natural o geológica opera por período de millones de años y es la responsable de la formación del paisaje. La erosión acelerada, antrópica o inducida por el hombre, es consecuencia de la actividad humana y ocurre a una tasa superior a la de formación del suelo (Toy et al., 2002).

1 Dpto. de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, mperezb@fagro.edu.uy

2 Dpto. de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, fgarciap@fagro.edu.uy

3 Dpto. de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, mhill@fagro.edu.uy

4 Dpto. de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, cclerici@fagro.edu.uy

En cuanto a la escala espacial del proceso de erosión el mismo se puede estudiar desde una parcela de unos escasos metros cuadrados, pasando por lo que ocurre a nivel de una ladera, hasta la erosión a nivel de cuenca.

El objetivo de este capítulo se concentra en lo que es la erosión antrópica a una escala de ladera (o chacra). Este enfoque no ignora los efectos de la erosión fuera del sitio, pero se considera que facilita la presentación de la información en término de los objetivos generales de este trabajo.

### ***El proceso erosivo***

La erosión de suelos en un sentido amplio puede ser definida como el movimiento del material del suelo de un lugar del paisaje a otro. Esto implica que exista un agente que mueva el suelo, y por otra parte exista una resistencia del suelo a erosionarse. El agente que mueve el suelo, conocido como agente erosivo, puede ser el agua o el viento. En términos generales el principal agente erosivo en climas áridos es el viento, y en climas templados, como el Uruguay, es el agua.

El proceso de erosión hídrica a nivel de ladera se ilustra en la figura 1. En el mismo se distinguen claramente tres etapas. La primera es el desprendimiento de las partículas del suelo, luego, el transporte de las partículas del suelo con el agua de escurrimiento, y por último, cuando el agua pierde velocidad las partículas de suelo se depositan en algún lugar del paisaje.

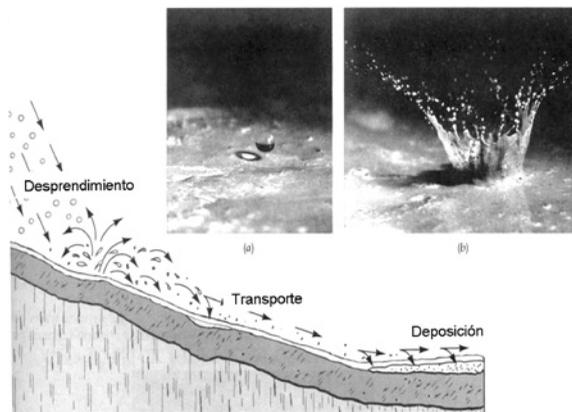


Figura 1 Representación del proceso de erosión (a), impacto de una gota de agua en el suelo (b) y de las consecuencias de dicho impacto (c). Adaptada de Brady y Weil (2002)

De este esquema surge claramente que la primera barrera para controlar la erosión es a través de las prácticas de manejo del suelo que reduzcan o eviten el desprendimiento de las partículas del suelo, y segundo actuar sobre el transporte de las partículas de suelo disueltas en el agua.

### ***Erosión de suelos en Uruguay***

En los últimos 20 años, el país ha experimentado importantes cambios en sus sistemas de producción. Los dos más destacados son la forestación para uso comercial y el importante aumento de áreas bajo cultivos anuales, predominantemente de verano y en particular de soja. Como se indica en el capítulo 1, en la década del 50 ocurrió la gran expansión de la agricultura: se llegó a plantar alrededor de 1,5 millones de hectáreas de cultivos, principalmente trigo (cultivo de invierno). Mientras que en la zafra de los años 2007/08 se plantaron cerca de 1,1 millones de hectáreas de cultivo, siendo la soja el principal cultivo con 447.000 hectáreas y en segundo término el trigo con 243.000 hectáreas.

El proceso de los 50 y la historia anterior de uso y manejo de los suelos del Uruguay generaron la gran mayoría de la erosión de los suelos del país (Fig. 2) que aún se evidenciaba a fines del siglo XX (Fig. 3). Las principales diferencias entre los dos mapas, el primero de los cuales refleja la situación a mediados de los 60, es que algunas áreas pasaron de erosión moderada a severa (por ej., la zona de Chapicuy) y muchas otras pasaron de leve a moderada. La Fig. 2, que muestra la distribución del cultivo de trigo a mediados de los 60, indica que el estado de erosión del país tiene su origen en aquel boom agrícola de los 50. La zona que más claramente venía con un proceso intenso de erosión previo a los 50 es la de Canelones



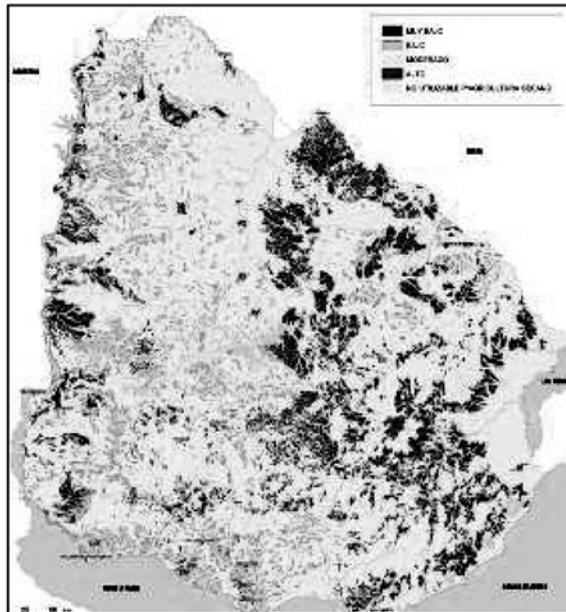


Figura 4 Riesgo de degradación actual. (DSA-DGRNR-MGAP, 2004).

La Fig. 4 permite predecir que el crecimiento de la actividad agrícola hacia el centro y este del país se está realizando sobre suelos con más riesgo de degradación que los usados históricamente y actualmente, en el litoral oeste y sur. Por lo tanto, si este crecimiento no se acompaña con las mejores prácticas y tecnología disponible, ajustadas a cada caso concreto, se podría originar un deterioro de los suelos en un plazo muy breve.

El proceso de erosión tiene consecuencias sobre la productividad de los suelos, esto fue reconocido al adjudicar los índices de productividad CONEAT (Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra) a mediados de los 70. Según ese trabajo, varias unidades CONEAT fueron subdivididas en subunidades con diferente valor del índice de acuerdo a su estado de degradación, principalmente generado por erosión. De acuerdo a las pautas para hacerlo, García Préchac y Durán (1998) relacionaron la disminución del índice con el porcentaje del horizonte A perdido por los suelos dominantes (Fig. 5). Esto permite dimensionar la pérdida productiva y patrimonial que significa la erosión de los suelos.

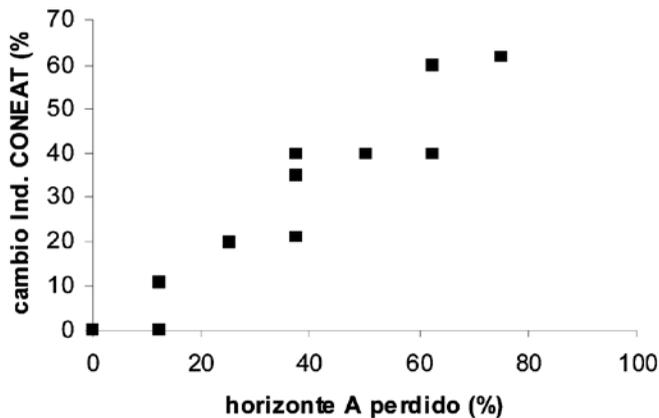


Figura 5.- Pérdida de productividad en función de suelo perdido por erosión. (Adaptada de García Préchac y Durán, 1998)

. Entendemos que la sostenibilidad de la producción agropecuaria (agroecosistemas) se trata de un concepto relativo, que compara unos agroecosistemas con otros (de acuerdo con O. Ernst, com. pers.). En ese sentido y considerando que los sistemas de producción se sustituyen, uno determinado es más sostenible que otro si:

- Mantiene o aumenta los niveles productivos actuales (productividad).
- Reduce el nivel de riesgo por variación económica o climática (seguridad).
- Es económicamente más rentable (rentabilidad).
- Conserva la calidad y el potencial de los recursos naturales: suelos, agua, aire, Biodiversidad (conservación).
- Es socialmente aceptado (aceptabilidad).

Entonces, un nuevo sistema de producción es sostenible si supera al o los que sustituye en el conjunto de las anteriores dimensiones, o al menos en alguna, sin empeorar las otras.

### ***Rotaciones de cultivos y pasturas***

El principal cambio que genera el nuevo sistema de producción agrícola, cuyo principal cultivo es soja, consiste en la sustitución del anteriormente predominante: la rotación de cultivos y pasturas (RCP), pasándose a cultivos continuos (CC).

Las principales razones que condujeron a la adopción de las RCP a partir de los años 70, sustituyendo la agricultura continua, ambas con laboreo de los suelos fueron:

1) La degradación del suelo generada por ciclos de cultivos continuos con laboreo, conducente a pérdida de productividad, es revertida por un período bajo pasturas mixtas (Fig. 6). Lo anterior se basa fuertemente en la menor tasa de erosión promedio anual de las RCP frente a CC, usando laboreo intensivo (LI) o convencional (LC) (Fig. 6b).

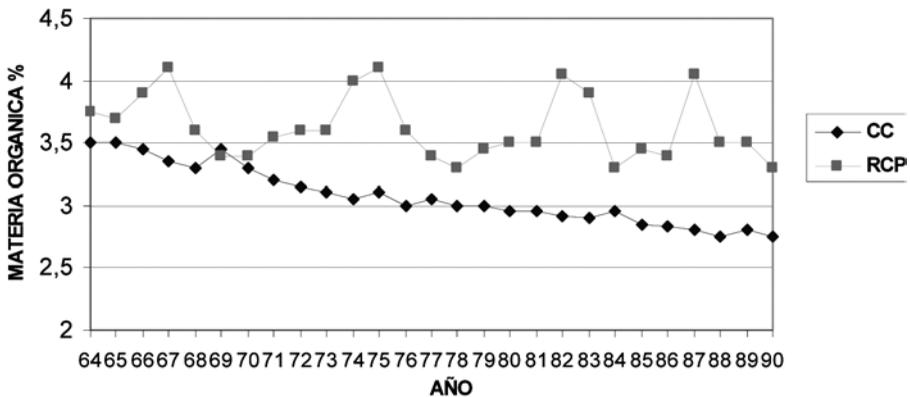


Figura 6.- Evolución de la Materia Orgánica del suelo (Argiudol típico) bajo Cultivo Continuo (CC) y Rotación de Cultivos y Pasturas (RCP) con Laboreo Convencional (LC). (R. Díaz, 1992).

2) La productividad de los cultivos siguientes a las pasturas de la rotación es mayor y menos variable que bajo cultivo continuo con laboreo (Fig. 7). Esto no solamente se debe a la mejor calidad del suelo, sino también a que las pasturas plurianuales contribuyen a interrumpir ciclos anuales de malezas, plagas y enfermedades de los cultivos de grano (Fig. 7).

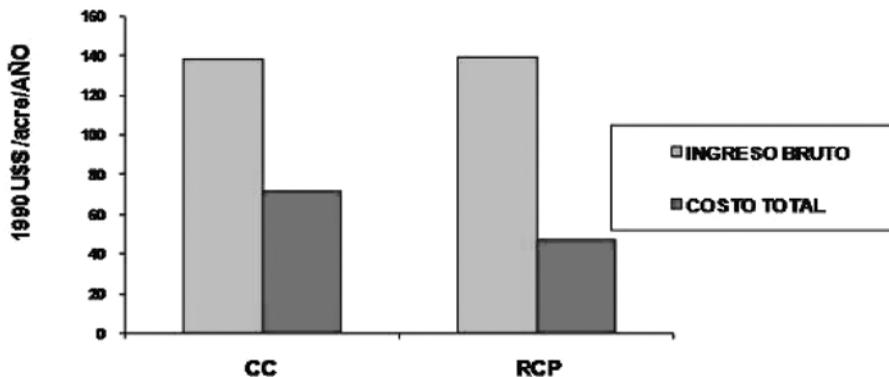


Figura 7: Cultivo Continuo (CC) vs. Rotación de Cultivos y Pasturas (RCP): Resultado Económico. Ingreso bruto y costo total (promedio entre los años: 1963 - 1989). (Fernández, 1992).

3) En dichos cultivos se reduce significativamente la necesidad de fertilización nitrogenada. Esto, junto con las dos razones antes indicadas determinó mejor margen bruto de las RCP a mediano y largo plazo (Fig. 8).

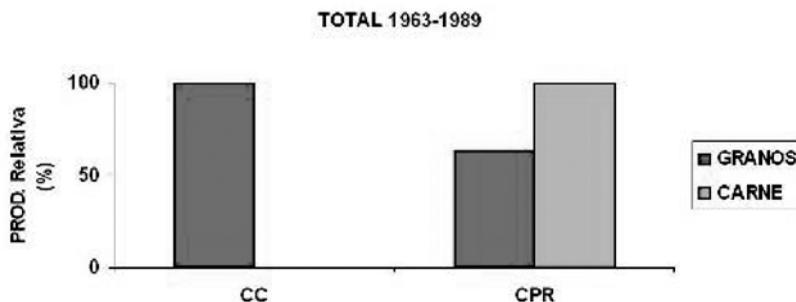


Figura 8: Cultivo Continuo (CC) vs. Rotación de Cultivos y Pasturas (RCP): Productividad física total relativa a CC. (Fernández, 1992).

4) Se agrega producción animal a la producción de granos, diversificando el sistema; esto le otorga mayor poder amortiguador frente a variaciones climáticas y económicas interanuales (Fig. 9).

Existe suficiente información experimental nacional de largo plazo que avala lo anterior (García Préchac et al., 2004).

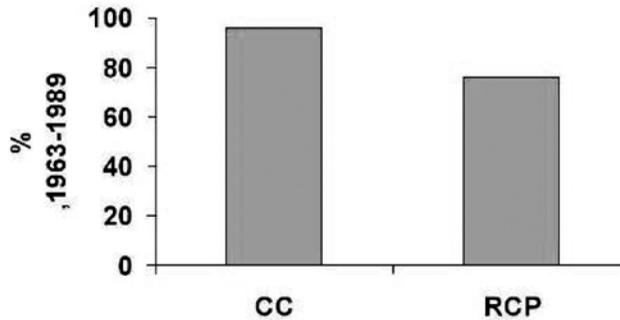


Figura 9. Coeficiente de variación del margen bruto. (Fernández, 1992). Cultivo Continuo (CC) vs. Rotación de Cultivos y Pasturas (RCP): Resultado Económico.

### ***El cambio tecnológico de la siembra directa***

A principios de los años 90 irrumpió en el Uruguay la tecnología de la siembra directa (SD). Esta tecnología es hoy la predominante en todo el país, (más del 80% del área de cultivos). Con esta tecnología, si se cumple con A) MANTENER EL SUELO CUBIERTO y B) DEVOLVER AL MISMO SUFICIENTE BIOMASA, las pasturas dejarían de tener justificación de existencia en los sistemas desde el punto de vista de la sostenibilidad del recurso suelo. Pero si el sistema no cumple con A y B, el suelo puede erosionarse y degradarse aún con SD (ejs.: Soja y Girasol; posible uso de todos los residuos para biocombustibles u otros destinos energéticos). Las figuras 10 y 11 ilustran este contraste. La primera es una situación en la que el cultivo precedente ha dejado al suelo desnudo y sin aporte de biomasa, mientras que la 11 muestra una situación que cumple con A y B.



Figura 10.- Alfalfa plantada con SD sobre maíz grano en una rotación acelerada.



Figura 11.-Siembra directa (SD) de cultivo de verano sobre rastrojo de trigo para ensilado en una rotación forrajera

Las consecuencias de este contraste pueden verse en los resultados de la figura 12. El tratamiento CC, SD en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) corresponde a un caso en que se cumple con A y B, por tratarse de una rotación de cultivos para grano. En cambio, el mismo tratamiento en INIA-33 (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en Treinta y Tres) corresponde a una rotación de cultivos forrajeros (verdeos de inviernos pastoreados y cultivos de verano enfardados o ensilados), que no cumple con A y B. En el primer caso se conserva la materia orgánica del suelo mientras en el segundo hay una disminución significativa.

Pero los dos casos de las RCP con SD en ambos sitios experimentales, muestran o mantenimiento de la materia orgánica (EEMAC) o ganancia significativa (INIA-33) en relación con el inicio del experimento. Esto está altamente determinado por las muy bajas tasas de erosión promedio anual medida en parcelas de escurrimiento de las RCP, en ambos sitios, que alcanzan los valores que se determinaron bajo campo natural (Fig. 13). Esto es una performance de conservación de suelos difícilmente superable por otros sistemas de producción y tecnologías. Igualmente, debe destacarse en ambos sitios el también bajo valor de la tasa de erosión de CC con SD (Fig. 13).

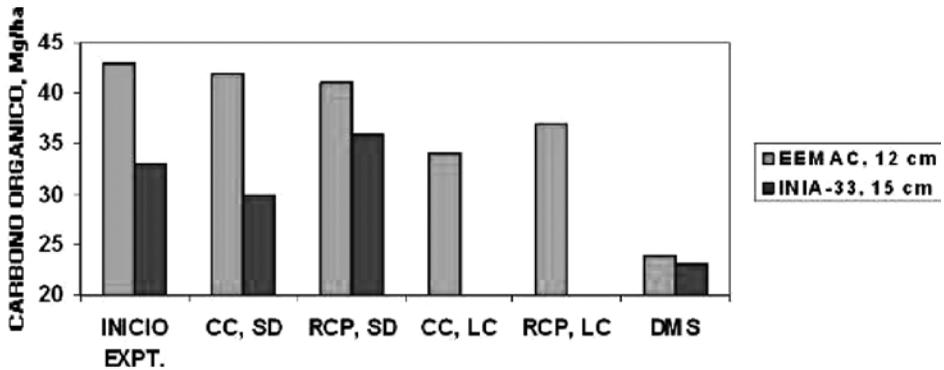


Figura 12.- Contenido de carbono orgánico del suelo al inicio de los experimentos y luego de un ciclo de rotación (6 años) en ensayos de larga duración en la EEMAC y en INIA-33.(García Préchac et al., 2004)

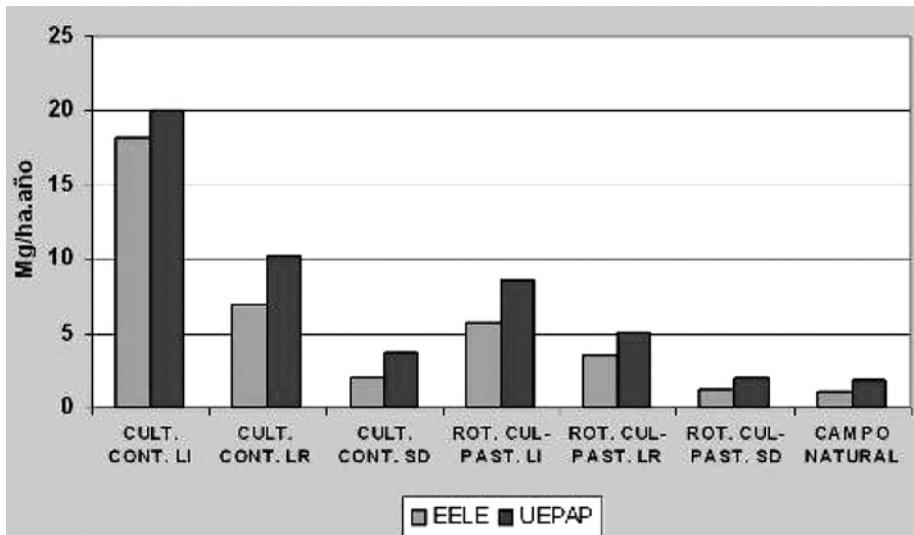


Figura 13.- Erosión promedio anual en parcelas de escurrimiento bajo lluvia natural sobre un ciclo completo de rotación de 6 años. (EELE: 1984-1990 Sawchick y Quintana citado por García Préchac, 1992. y ;UEPAP: 1994-1999, Terra y García Préchac, 2001)

Los resultados experimentales de largo plazo con laboreo, mostraron que el resultado económico (Margen Bruto) de largo plazo fue mejor y su variación interanual menor, en las RCP que en CC ("Rotaciones Viejas" 1963-1989, Fernández, 1992). ¿Cómo comparan CC y RCP en Siembra Directa al inicio del siglo XXI?. Un trabajo publicado en 2004 (Fernández y La Manna, 2004), encontró márgenes brutos similares en los sistemas CC comparados con una RCP, o algo más altos si el cultivo pre-

dominante era soja. Sin embargo, la variación interanual de dicho margen mostró seguir siendo menor en la RCP (Fig. 14).

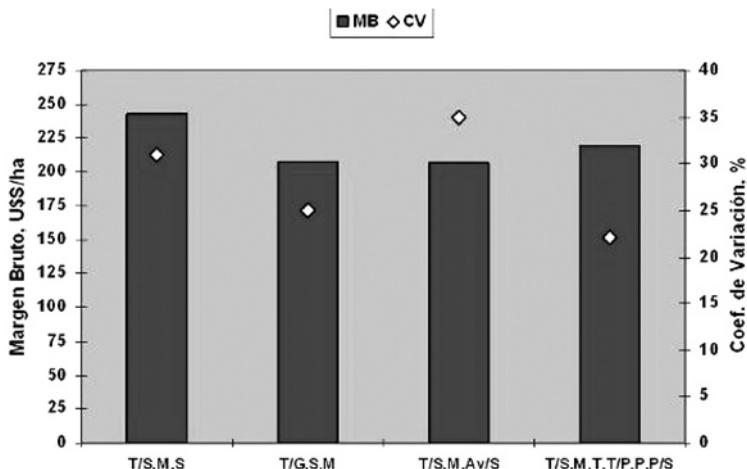


Figura 14.- Margen Bruto y Coeficiente de Variación de 3 secuencias de cultivo continuo y una Rotación con Pasturas 3-3años con Siembra Directa. (Fernández y Andregnette, 2004.)

Luego de realizado ese trabajo los precios de las commodities han seguido aumentando, por lo que habría que actualizar este tipo de trabajos. Pero lo que hoy es claro es que los resultados experimentales de largo plazo muestran que la productividad de los cultivos realizados en CC con SD no son inferiores a los siguientes a las pasturas en las RCP con SD (Oswaldo Ernst, EEMAC-FA-UdelaR, comunicación personal; Figs. 15, 16 y 17).

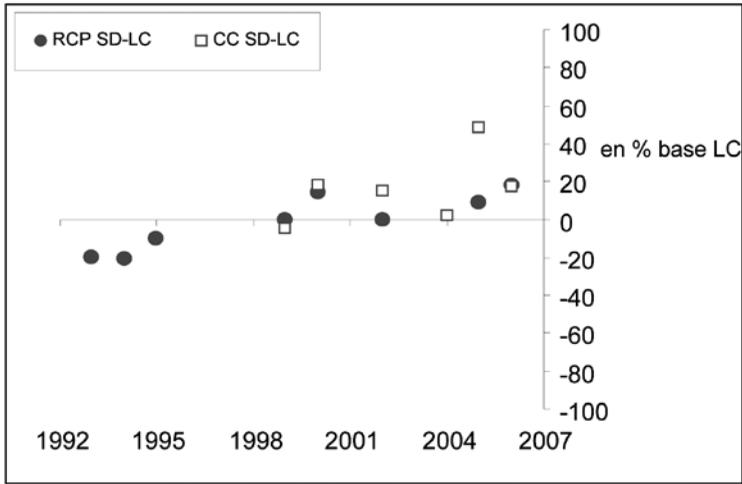


Figura 15.- Rendimiento relativo de cultivos de invierno para agricultura en rotación con pasturas (RCP-SD-LC) y agricultura continua CC SD-LC.

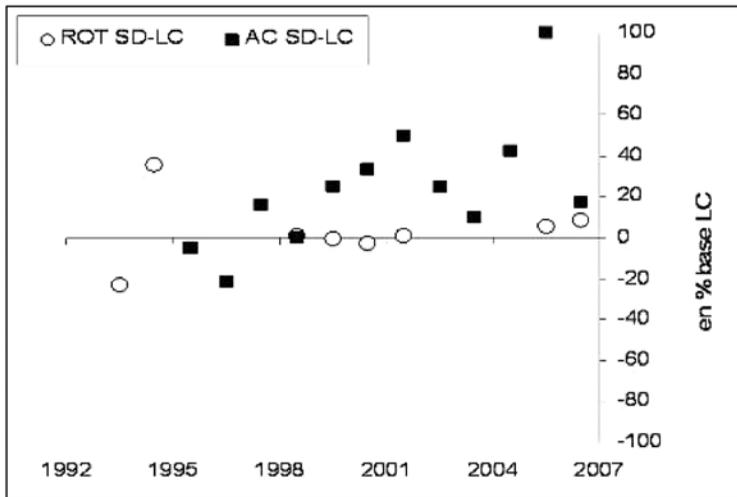


Figura 16.- Rendimiento relativo para cultivo de verano para agricultura en rotación con pasturas (RCP-SD-LC) y agricultura continua CC SD-LC.

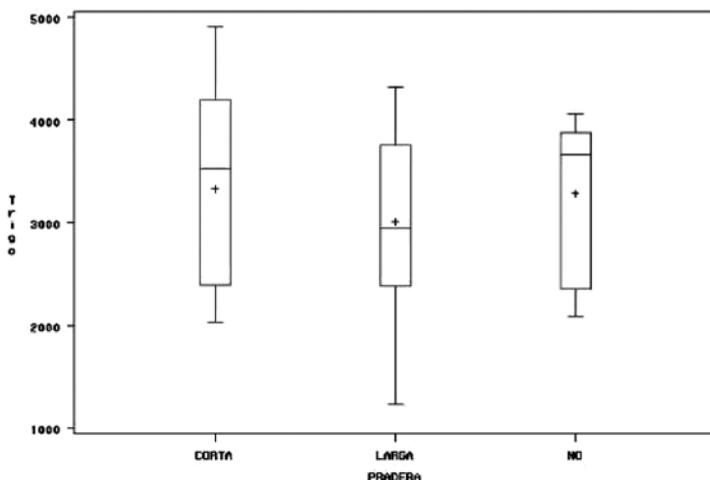


Figura 17.- Variación de rendimiento de trigo sembrado sin laboreo en distintos sistemas de producción. CORTA y LARGA se refieren al tiempo de duración sobre praderas; NO se refiere a cultivos en CC.

Asumiendo que las pasturas ocupan aproximadamente la mitad del tiempo y del espacio de rotación, la utilización de agroquímicos y combustibles fósiles por unidad de superficie es al menos 50% inferior en las RCP que en CC, cuestión de indudable valor en un mundo preocupado por la mitigación de los impactos ambientales (Fig. 18). Entre los agroquímicos, el principal es el Glifosato. Su uso continuado en CC y en especial cuando los cultivos son predominantemente SojaRR (Round Up Ready), es acortar el camino hacia la aparición de malezas adaptadas o resistentes a dicho principio activo. Por otra parte, hay evidencia internacional y nacional sobre el beneficio del uso de SD vs. laboreo en términos de calidad de agua y biodiversidad en el suelo. La evidencia nacional sobre biodiversidad de mesofauna del suelo en RCP con SD indican que no difiere del campo natural (Zerbino, 2005). La evidencia nacional acerca de la mejora de biodiversidad y de animales benéficos con SD, también ha sido confirmada en los ensayos de la EEMAC (Fig. 19).

	Agricultura continua		Rotación cultivo-pastura	
	LC	SD	LC	SD
<b>Fertilizantes</b>				
Nitrogeno (kg ha <sup>-1</sup> )	639	775	349	431
Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )	404	425	214	230
<b>Herbicidas</b>				
Glifosato (kg ha <sup>-1</sup> )	0	37.9	0	21.6
Metsulfuron Metil (kg ha <sup>-1</sup> )	3.0	11.0	6.0	6.0
Atrazina (kg ha <sup>-1</sup> )	7.3	7.3	6.0	6.0
Alfa Metolaclor (kg ha <sup>-1</sup> )	11.0	11.5	4.3	4.8
<b>Insecticidas</b>				
Clorpirifos (g ha <sup>-1</sup> )	960	960	480	480
Endosulfan (kg ha <sup>-1</sup> )	2.27	2.27	0.53	0.53
Aisystin (g ha <sup>-1</sup> )	170	170	0	0
<b>Machinery Operations</b>				
Gas-oil (l ha <sup>-1</sup> )	1104	713	633	377
Labor use (h ha <sup>-1</sup> )	90.0	59.4	50.6	31.2

Figura 18.- Uso de insumos en cuatro sistemas de producción ensayados durante 12 años: 1993-2005, EEMAC-FA-UDELAR. ( Siri-Prieto *et al.*, 2005.)



Figura 19.- Peso de lombrices y número de carábidos en muestras de suelo de cultivos bajo laboreo convencional (LC) y siembra directa (SD 1, 2, y 3 cultivos sucesivos). /Gentileza E. Castiglioni, FA-Udelar.)

### ***La intensificación agrícola del nuevo siglo, liderada por la soja***

Como se señala en el capítulo 1, desde los inicios del siglo XXI la aparición de la soja en Uruguay ha sido explosiva. Dominando no solo el área tradicional de los cultivos del Litoral y del Sur, sino los suelos del Centro, Este y Noreste del país, no usados tradicionalmente en agricultura y que presentan mayor susceptibilidad a la erosión y degradación. De esta forma, sustituyen mayoritariamente los sistemas ganaderos sobre pasturas naturales (Figura 20).

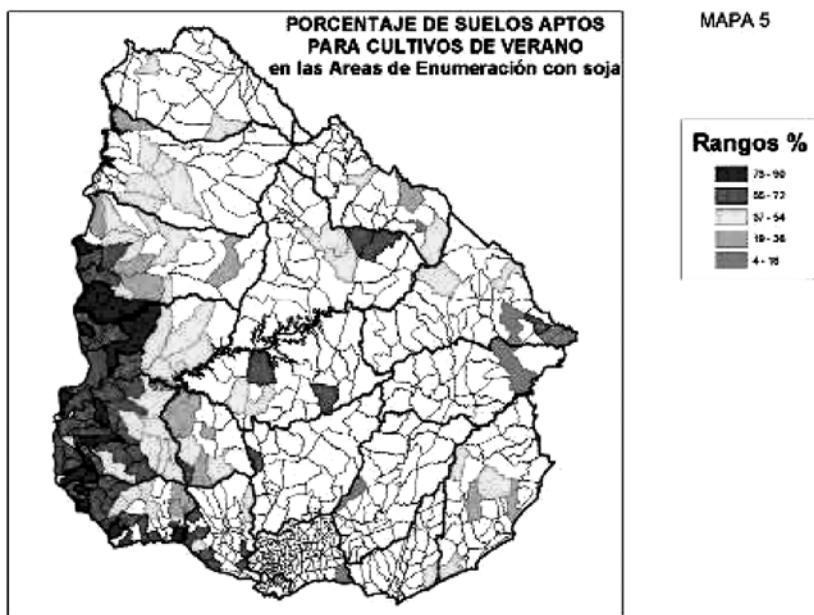


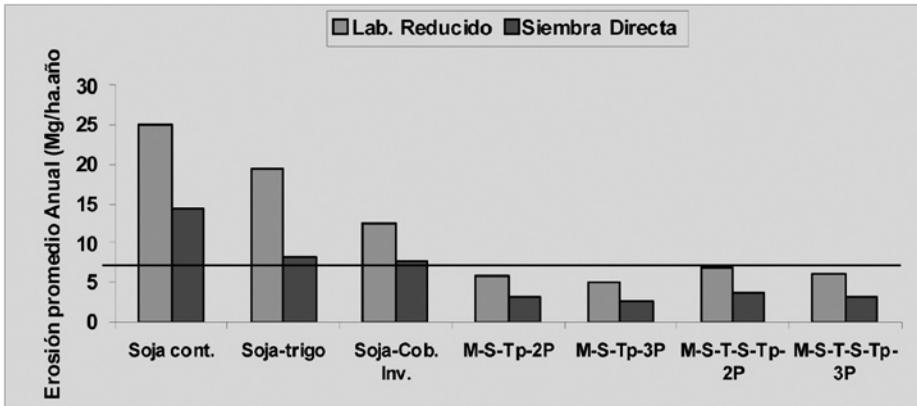
Figura 20.- Porcentaje de suelos aptos para cultivos de verano en las Áreas de Enumeración con soja. (DGRNR-MGAP 2004).

En Uruguay no existen estudios experimentales sobre el efecto de la intensificación del uso de suelos con soja. Sin embargo, existen modelos de predicción de tasas de erosión y de cambio del contenido de materia orgánica, de uso internacional (USLE/RUSLE y CENTURY, respectivamente), bien validados por los resultados experimentales de largo plazo disponibles en el país. Usando en dichos modelos datos de soja obtenidos de la bibliografía internacional y corriéndolos para un período de 25 años (Clérico et al., 2004, Figs. 21 y 22), se concluye que:

- 1) no es sostenible el monocultivo de soja, aun con SD,

2) soja continua con SD y coberturas de invierno por gramíneas que dejen rastrojo tendrían tasas de erosión próximas a las tolerables, pero el suelo perdería materia orgánica a mediano y largo plazo,

3) la soja puede integrar sistemas sostenibles para el recurso suelo, tanto en cuanto a tasa de erosión como en cuanto contenido de materia orgánica, dentro de RCPs, aún utilizando laboreo reducido.



M: maíz; S: soja; T: trigo; P: pradera consociada; 2P: 2 años de pradera, etc.

Figura 21.- Tasas de erosión estimadas con USLE/RUSLE para un Argiudol Típico de la Unidad Young. La línea horizontal es la tasa de erosión tolerable para el suelo en cuestión.(Cléricsi et al., 2004).

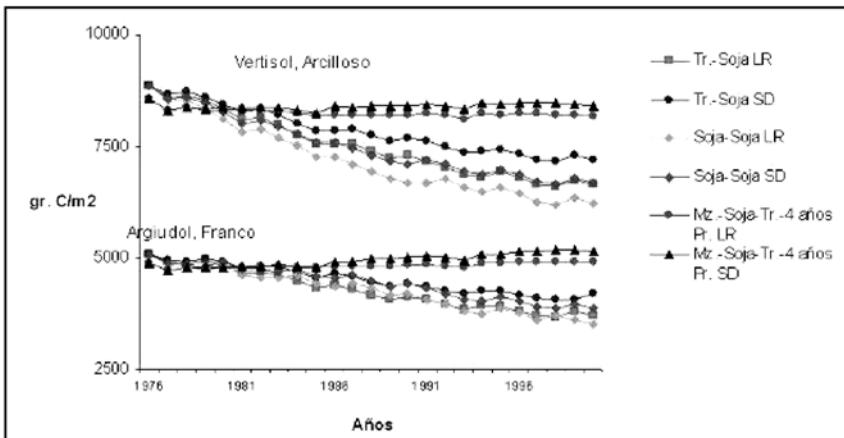


Figura 22.- Evolución simulada del contenido de carbono orgánico de la capa arable de dos suelos empleando el modelo CENTURY. (Cléricsi et al., 2004).

Sin perjuicio del anterior trabajo y sus conclusiones, el mismo no consideró la posibilidad de que para los suelos pudiesen ser sostenibles rotaciones de CC con SD en las que soja o girasol no fuesen los únicos cultivos de verano. Para ello, se hicieron corridas con USLE/RUSLE para los dos mismos suelos del trabajo anterior, pero incluyendo, además de CC con Soja todos los veranos y las RCP, rotaciones de CC en las que Soja alterna con otros cultivos de verano e invierno, principalmente de gramíneas cosechados para grano (Fig. 23). Se trata de los 3 casos del centro de la figura: M1-T-S2, S1-T-M2 y M1-T-S2-Cob. M: maíz, T: trigo, S: soja, Cob: cultivo de cobertura; los subíndices numéricos refieren a cultivos de primera y segunda. Puede observarse que estos tres sistemas de CC con SD arrojan tasas de erosión tolerables en ambos suelos, indicando que es posible realizar CC con SD si soja alterna con cultivos de cultivos cerealeros que dejan abundante cobertura y cantidad de biomasa.

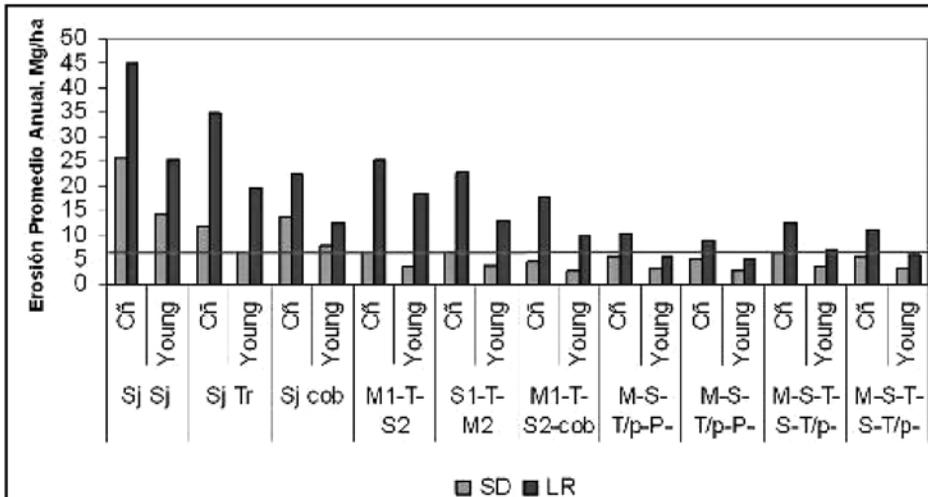


Figura 23.- Tasas de erosión promedio anual de diferentes sistemas de rotación (CC) y (RCP) con SD y laboreo reducido, en dos suelos contrastantes de litoral. M: maíz, T: trigo, S: soja, Cob: cultivo de cobertura, los subíndices numéricos se refieren a cultivos de primera y segunda.

**Consideraciones adicionales a la calidad de los suelos, en la comparación RCP vs. CC, utilizando SD**

Algunas otras consideraciones referentes a la sostenibilidad de los sistemas de producción en base a CC son las siguientes. Al desaparecer las pasturas de las rotaciones y al existir mayor producción de granos, apareció y está aumentando el engorde de los animales a corral. La primera consecuencia negativa es que aparecen nuevas fuentes de contaminación puntual de aguas por las excretas de los animales confinados. La segunda es que el principal producto nacional, la carne, comienza a perder su calidad diferencial de ser producida sobre pasturas frente a la de los países europeos, (mejor relación de ácidos grasos no saturados a saturados, mejor relación de presencia de ácidos grasos omega 6 en relación a omega 3, mayor concentración de vitamina E, de acuerdo a trabajos de INIA con la cooperación española- San Julián et al., 2004, Figs. 24 y 25).

La tercera es que en los predios que pasan a CC sus mejores suelos y mantienen producción animal, concentran a los animales en las áreas sin aptitud agrícola, en las que predominan las partes bajas mal drenadas, cercanas a los cursos de agua superficial; esto aumenta la contaminación de esta por excretas y los suelos y pasturas de dichas áreas son degradados por sobrepastoreo o pastoreo en condiciones de exceso de agua.

	Alemania	España	R. Unido	Uruguay 2 años	Uruguay 3 años
Relación PUFA/SFA	0.17	0.43	0.16	0.30	0.28
Relación n6/n3	7.60	14.84	2.63	1.37	1.48
Vitamina E (mg/ kg de músculo)	0.72	0.75	2.36	3.75	4.07

**Nota:** de acuerdo a recomendaciones del Comité Británico de Salud Coronaria sería deseable una relación de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos saturados (SFA) mayor a 0.45 con una relación n6/n3 menor que 4

Figura 24.- Relación de ácidos grasos, omega6/omega3 y contenido de vitamina E del músculo Longissimus dorsi en el ganado bovino.(San Julian et al. 2004).

	Alemania	España	R. Unido	Uruguay liviano	Uruguay pesado
Relación PUFA/SFA	0.20	0.38	0.19	0.31	0.21
Relación n6/n3	2.47	8.42	1.54	1.36	1.07
Vitamina E (mg/ kg de músculo)	0.54	0.33	1.99	2.19	2.73

**Nota:** de acuerdo a recomendaciones del Comité Británico de Salud Coronaria sería deseable una relación de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos saturados (SFA) mayor a 0.45 con una relación n6/n3 menor que 4

Figura 25.- Relación de ácidos grasos, omega6/omega3 y contenidos de vitamina E del músculo Longissimus dorsi en ovinos. (San Julian et al. 2004).

Recientes trabajos iniciales de medición de emisión del más importante de los gases con efecto invernadero, el óxido nitroso (con 300 veces más poder de calentamiento que el anhídrido carbónico), realizadas en un ensayo de larga duración en la EEMAC (Perdomo, comunicación personal), encontró las menores emisiones en las pasturas naturales. Entre los tratamientos del ensayo en los dos primeros cultivos siguientes a la pastura en una RCP, con SD, se encontró menor emisión (4,4 g/ha.día) que en CC y RCP con laboreo convencional (9,5 y 17,4 g/ha.día, respectivamente). También, se hicieron determinaciones en un campo natural lindero y se encontró que la emisión de nitroso fue la menor de todas. Debe intensificarse la investigación en este tema para hacer el caso de las pasturas, predominantes en todo el territorio nacional, en cuanto a convenciones como la de Kyoto.

### **Bibliografía**

- Brady, N.C., y R.R. Weil. 2002. The nature and properties of soils. Prentice Hall, New Jersey. 960 pp.
- Cléricsi, C., Baethgen, W., García Préchac, F., y M. Hill. 2004. Estimación del impacto de la soja sobre erosión y C orgánico en suelos agrícolas del Uruguay. XIX Cong. Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Entre Ríos. 7pp.
- Díaz, R. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos y pasturas. En. Rev INIA de Inv.Agr. 1(1): 103-110.

- Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR)*. 2004. Análisis de la información sobre el cultivo de soja y el recurso suelo. En línea <http://www.mgap.gub.uy/renare/SIG/ErosionAntropica/mapaindices.jpg> Verificado 25 de Enero de 2010
- División de Suelos y Aguas (DSA)*. 2004. Interpretación de la carta de erosión antrópica. En línea -<http://www.mgap.gub.uy/renare/SIG/ErosionAntropica/mapaindices.jpg> Verificado 25 de Enero de 2010.
- Fernandez, E.* 1992. Análisis físico y económico en siete rotaciones de cultivos y pasturas en el suroeste de Uruguay. *Revista INIA-Inv.Agr.* 1(2):251-271.
- Fernandez, E., y B. Andregnette.* 2004. Sostenibilidad económica de los sistemas mixtos y de agricultura continúa. En. Simposio Sustentabilidad de la Intensificación Agrícola en el Uruguay. Agosto 4, 2004. Mercedes-Uruguay. INIA-La Estanzuela Actividades de Difusión 365.
- Fernandez, E., y A. La Manna.* 2004. Análisis de la sostenibilidad física y económica de rotaciones de cultivos y pasturas. En Morón A. y R. Díaz (Eds) 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas, INIA-La Estanzuela Serie Técnica 134: 55-63.
- García Préchac, F.* 1992. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos. 3ra. Aproximación. INIA Serie Técnica No. 26, 63 pp.
- García Préchac, F. y A. Durán.* 1998. Propuesta de estimación del impacto de la erosión sobre la productividad del suelo en Uruguay. In *Agrociencia* 2(1):26-36.
- García Préchac, F., Ernst O., Siri G., J.A. Terra.* 2004. Integrating no till in crop-pasture rotation in Uruguay. *Review. Soil and Tillage Research* 77 (1): 1-13.
- Ongley E.D.* 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. [Online] <http://www.fao.org/docrep/W2598S/W2598S00.htm>.
- San Julian, R., Montossi, F. y G. Britto.* 2004. ¿Qué opina de nuestras carnes el consumidor europeo? En. *Rev. INIA* 1: 2-5. INIA Tacuarembó.
- Sganga J.C., Victoria C.D. y Cayssials R.* 2005. Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía. Proy. GM2/020/CCD. DINARA-MVOTMA RENARE-MGAP, Montevideo-ROU.
- Siri-Prieto, G, O. Ernst, M. Figari, and D.W. Reeves.* 2005. **Economic Impact of Tillage and Crop-Pasture Rotations in Western Uruguay.** In 2005 Agronomy Abstracts. ASACSSA-SSSA, Madison, WI. USA
- Terra J.A. y García Préchac, F.* 2001. Siembra directa y rotaciones forrajeras en las lomadas del Este. Síntesis 1995-2000. INIA Treinta y Tres. Serie Técnica 125, 100 pp.

*Toy T.J., Foster G.R. and Renard K.G.* 2002. Soil Erosion. Processes, prediction, measurement, and control. John Wiley & Son, Inc., New York. 338 pp.

*Zerbino, M. S.* 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Tesis. Magister en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias-UdelaR. Montevideo, Uruguay. 92 pp.

## Capítulo 4

# Valorización y conservación de la biodiversidad en Uruguay

Mercedes Rivas<sup>1</sup>

### Introducción

**E**l término *diversidad biológica* o *biodiversidad* se emplea normalmente para describir el número y la variedad de organismos vivos que hay en el planeta. Se define en términos de genes, especies y ecosistemas; el resultado de más de 3.000 millones de años de evolución. La especie humana depende de la diversidad biológica para su supervivencia, por lo tanto el término biodiversidad puede considerarse sinónimo de “vida sobre la Tierra”. El Convenio sobre Diversidad Biológica (Río de Janeiro, 1992) define a la biodiversidad como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (Naciones Unidas, 1992).

La biodiversidad puede entenderse entonces como un sistema de jerarquías. A modo de ejemplo y de forma simplificada, se puede considerar un paisaje de serranías del este en el que se desarrollan comunidades herbáceas (pradera natural) y arbóreas (bosque serrano); cada una de ellas compuesta por especies vegetales, animales y de microorganismos. Una especie típica del bosque serrano como es *Schinus lentiscifolius* (molle ceniciento o carobá) conforma distintas poblaciones (conjunto de individuos

<sup>1</sup> Depto. Biología Vegetal - Facultad de Agronomía [mrivas@fagro.edu.uy](mailto:mrivas@fagro.edu.uy)

de la misma especie que ocupan un lugar y tiempo determinado y pueden efectivamente reproducirse entre si), en distintos sitios de la sierra. Los individuos que integran estas poblaciones presentan características particulares, producto de la selección natural y de su propio origen genético.

La biodiversidad presenta tres atributos: composición, estructura y función (Fig. 1). La composición tiene que ver con la identidad y variedad de elementos en un nivel de organización determinado. La estructura es la organización física o la relación espacial entre los elementos de un sistema, que va desde la estructura demográfica o genética de una población a la complejidad de hábitats y la estructura de parches que conforman un paisaje. La función involucra los procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en cada nivel de biodiversidad, incluyendo el flujo génico, las perturbaciones y el reciclaje de nutrientes, entre otras (Noss, 1990).

Retomando el ejemplo del bosque serrano, su composición se refiere por ejemplo a las especies arbóreas presentes, su estructura a la fisonomía del mismo (estratos verticales, densidad de árboles por unidad de superficie, etc.) y entre sus funciones la fijación de carbono, la producción de frutos, la provisión de sombra, etc. De manera que la pérdida de biodiversidad no sólo genera preocupación por la pérdida de componentes de la misma, sino por la alteración de la estructura de las comunidades y ecosistemas, y por ende de las funciones que las mismas desarrollan para la vida en el planeta.

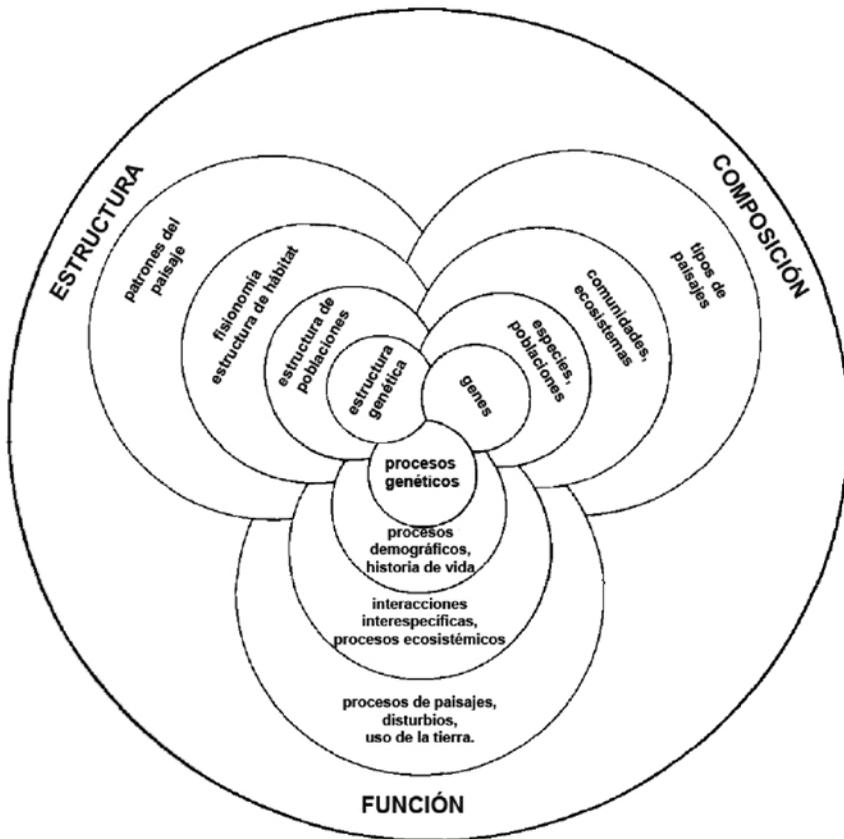


Figura 1.- Biodiversidad: composición, estructura y función, representadas como esferas interconectadas, cada una con múltiples niveles de organización. Fuente: Noss, 1990.

### ***Biodiversidad del Uruguay***

Si bien no existe un estudio específico que haya relevado el nivel de conocimiento de los uruguayos sobre la biodiversidad del país, en general se considera que éste es escaso. Probablemente esto se deba al origen mayoritariamente urbano de la población y a una concepción errónea que asocia la biodiversidad con grandes extensiones de selvas tropicales o la presencia de montañas. Esta situación conduce a que en los distintos sectores de la sociedad exista una escasa valoración de la biodiversidad del país, y por ende sea baja la prioridad que se le asigna a las temáticas vinculadas a la conservación y utilización sostenible de la misma.

A continuación se presentan brevemente las características más importantes de la biodiversidad del Uruguay, en particular las referidas a los principales ecosistemas y a las especies vegetales, sustento de la biodiversidad animal.

### **Fitogeografía**

Uruguay se encuentra en la región fitogeográfica Neotropical, que se distribuye desde el extremo sur de Estados Unidos hasta el estrecho de Magallanes, con excepción de la zona de bosques patagónicos que pertenecen a la región Antártica.

Según Cabrera y Willink (1973), el territorio uruguayo pertenece a la Provincia Pampeana, conjuntamente con las llanuras del este de Argentina y la mitad austral del estado de Río Grande do Sul (Brasil). La vegetación dominante es de pastizales, acompañada de estepas halófilas (blanqueales), bosques marginales a las orillas de los ríos con especies procedentes de la Provincia Paranaense, comunidades hidrófilas y la presencia de bosques xerófilos. Por otra parte, los mismos autores distinguen en la provincia Pampeana cuatro distritos, siendo nuestro país el que da nombre al Distrito Uruguayense. Este distrito abarca el sur de Brasil, Uruguay y las provincias argentinas de Entre Ríos y Santa Fe. Su característica distintiva es el flechillar o praderas de flechilla, donde predominan especies del género *Stipa* que conviven con otras especies de gramíneas tanto de origen templado como tropical. Se reconoce también la presencia de bosques ribereños, parecidos a las selvas paranaenses pero empobrecidas de norte a sur; bosques xerófilos sobre las barrancas de los ríos con elementos florísticos de la Provincia del Espinal; abundancia de comunidades hidrófilas y comunidades psamófilas (Figura 2).

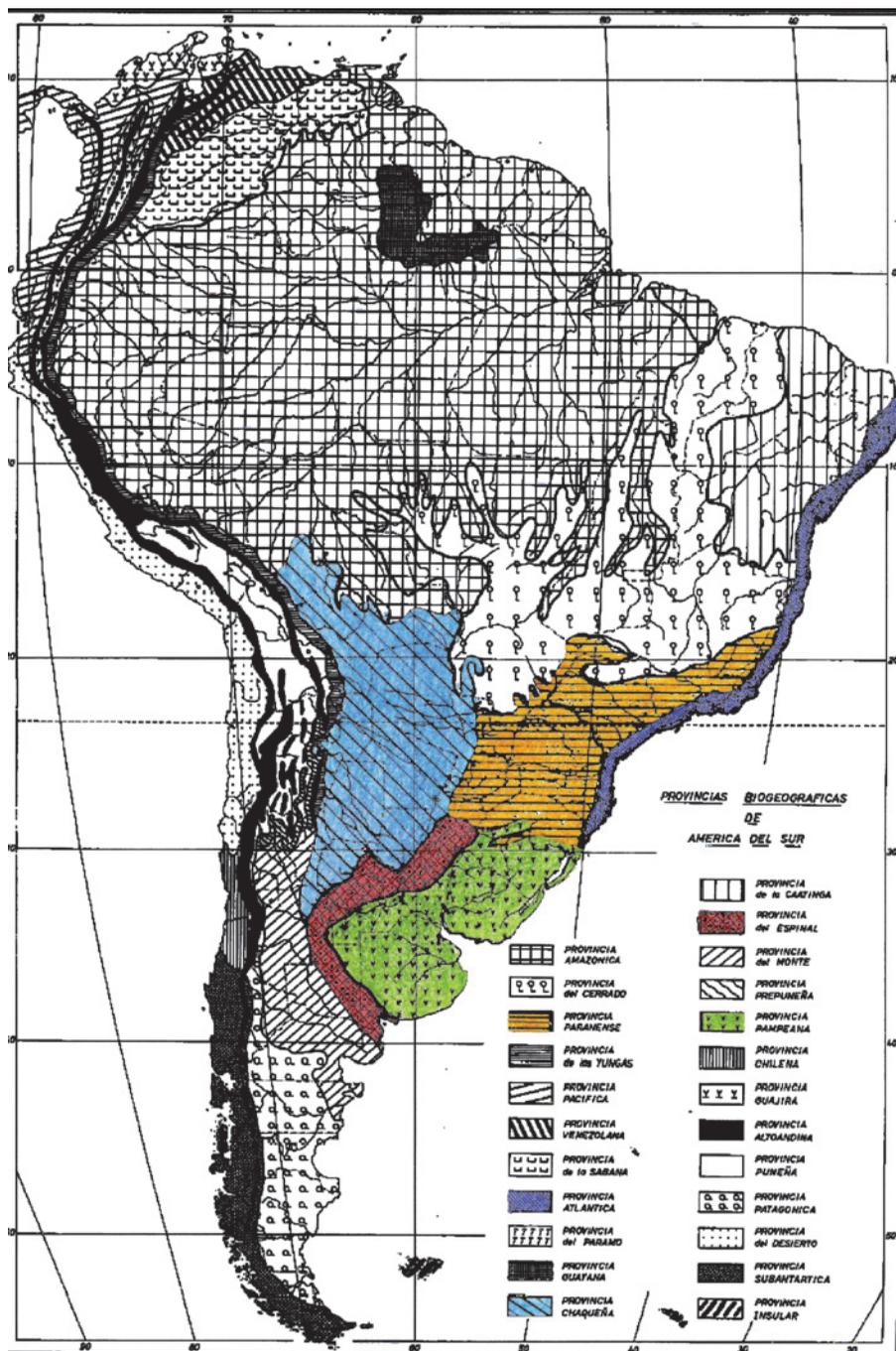


Figura 2.- Provincias biogeográficas de América del Sur.

Fuente: Cabrera y Willink, 1973.

Si bien a una escala macro la pertenencia de Uruguay a las Pampas continúa siendo válida, en análisis recientes se ha revalorizado la clasificación realizada por el naturalista y geógrafo uruguayo Jorge Chebataroff durante las décadas del 50 y 60 del siglo pasado. El autor distingue en el territorio uruguayo una franja de vegetación mesopotámica a lo largo del río Uruguay y agrupa al resto del territorio nacional junto a la porción sur de Río Grande do Sul, diferenciándola del territorio pampeano. Sus argumentos se basan en que la Pampa es geológicamente más joven que las formaciones geológicas de Uruguay, por lo tanto la Pampa no podría ser la comarca de origen y dispersión de la flora del Uruguay. Por otra parte en Uruguay aparecen especies de la provincia del Espinal y de la Paranaense, además de presentar importante diversidad de praderas naturales tanto por su fisonomía como por su composición específica.

La distinción de un territorio fitogeográfico que incluya a Uruguay y al sur de Brasil en una Provincia Uruguayense, se condice con la predominancia de una vegetación de pradera acompañada de serranías, escarpas, asperezas y mares de piedra que presentan de forma asociada una vegetación xerófila y de matorrales (Chebataroff, 1960).

Bilencia y Miñarro (2004), en el libro sobre Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs), utilizan la denominación de “campos” para las praderas o pastizales de Uruguay y sur de Brasil; mientras que el término “pampas” lo usan para denominar los pastizales de la provincia pampeana en Argentina.

Desde el punto de vista de la vegetación arbórea, el trabajo de Grela (2004) también sustenta las particularidades del territorio uruguayo. El autor identifica dos dendrofloras a partir de especies que son exclusivas en cada una de ellas. Por un lado la flora occidental, a los márgenes del río Uruguay y parte de las del Río de la Plata; y por otro lado, la flora oriental ubicada en los departamentos de Rivera, Tacuarembó, Cerro Largo, Treinta y Tres, Lavalleja, Maldonado y Rocha. La occidental tendría vínculos con las Provincias Paranaense y Chaqueña, y la oriental con la Provincia Paranaense.

El área de los Humedales del Este, que forma parte de las cuencas de la Laguna Merín y del océano Atlántico, es también una particularidad del territorio uruguayo en el que se registran especies provenientes de la Mata Atlántica brasileña. La misma cuenta con reconocimiento internacional debido a los valores de biodiversidad que presenta, mediante la

designación que le otorgó la UNESCO como “Reserva de Biosfera Baños del Este”.

La diversidad de orígenes florísticos de nuestra flora, sumada a la diversidad geomorfológica y edáfica del país, son el sustento para afirmar que la biodiversidad del Uruguay presenta características únicas. Las características climáticas y el hecho que muchas especies encuentran en el país el límite de su distribución, son también aspectos que hacen a que en el territorio nacional se presente una alta diversidad de ambientes, especies y recursos genéticos.

**“La región biogeográfica Uruguay se define por la dominancia de ambientes de praderas subtropicales, topografía ondulada, clima subtropical húmedo, vegetación de pastizales diversificada, con otras comunidades asociadas como bosques, matorrales y baños; un conjunto que en alguna medida se asemeja a una sabana” (Evia y Gudynas, 2000).**

### ***Unidades de Paisaje***

En la actualidad se reconoce que las unidades de paisaje, que pueden estar constituidas por uno o varios ecosistemas, son una herramienta adecuada para la conservación de la biodiversidad. La diversidad paisajística incluye tanto elementos bióticos como abióticos, e integra a los elementos antrópicos.

Evia y Gudynas (2000) elaboraron un mapa de paisajes del Uruguay considerado de gran utilidad para el monitoreo de la biodiversidad y la generación de propuestas de conservación. Las unidades de paisaje incluidas son: Serranías, Planicies fluviales, Planicies del este, Quebradas, Litoral sur oeste, Lagunas litorales, Praderas del este, Praderas del norreste, Praderas del centro sur, Praderas del noroeste, Praderas con cerros chatos y Costas (Figura 3).

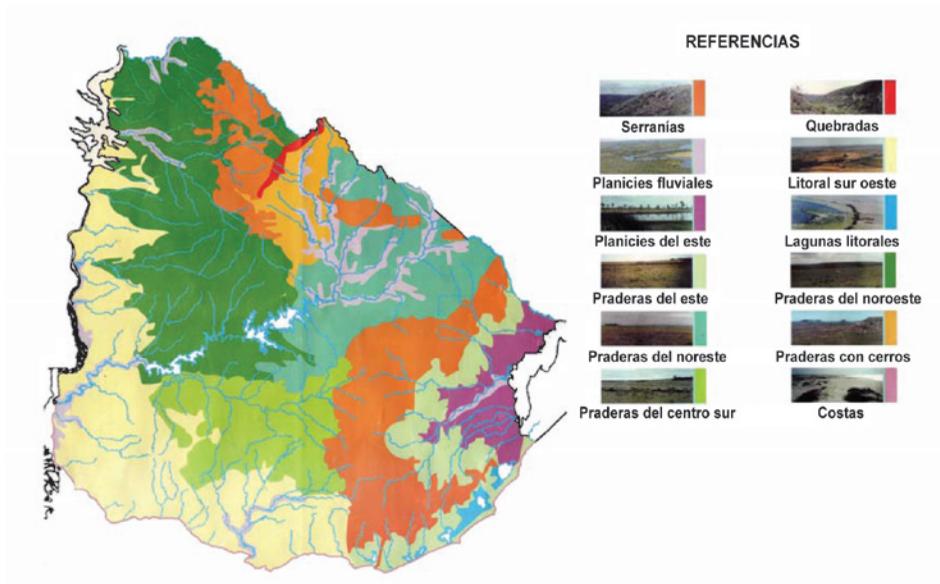


Figura 3.- Mapa de paisajes del Uruguay Fuente: Evia y Gudynas (2000).

### Vegetación

Dentro de los principales ecosistemas del Uruguay se encuentran las praderas naturales, los bosques o montes, los humedales y los ecosistemas costeros, tanto los de ríos interiores como los del Río de la Plata y el Océano Atlántico (OEA, 1992).

Nuestras praderas naturales contienen cerca de 2000 especies, que han coevolucionado con el pastoreo de herbívoros nativos e introducidos. Estas praderas están integradas por comunidades vegetales multiespecíficas, complejas y dinámicas, que interactúan con el ambiente y los animales en pastoreo (Millot *et al.*, 1987). Las especies que integran las comunidades de praderas naturales presentan una alta diversidad de caracteres vegetativos y funcionales adaptados a los diferentes ambientes. Las gramíneas o pastos son predominantes, con aproximadamente 400 especies, y con diferentes hábitos de crecimiento, metabolismos fotosintéticos, ciclos de vida y estaciones de producción. Estos altos niveles de diversidad específicos y funcionales, brindan a la comunidad una amplia capacidad de respuesta frente a cambios ambientales.

Es posible distinguir diferentes tipos de praderas naturales, aunque se requieren mayores estudios para establecer una clasificación formal de las mismas y realizar la cartografía correspondiente. De todas formas, es altamente reconocido que el sustrato geológico y edáfico es un factor principal en determinar el tipo de pradera que se desarrolla sobre el mismo. Es así por ejemplo que las praderas del centro sur, sobre el basamento cristalino, son diferentes de las praderas del noroeste sobre el basalto. Las diferencias entre ellas se refieren básicamente al paisaje que generan, la composición de especies y a la estructura de la vegetación. La comprensión de este tema es sustancial a la hora de evaluar el impacto de la pérdida de determinado número de hectáreas de praderas naturales. Frecuentemente se ha utilizado como justificación para eliminar superficies de campo natural, el hecho que el país posee grandes áreas del mismo, desconociendo la diversidad de tipos y especies que contienen.

Los bosques nativos se distinguen por su fisionomía y el ambiente en que se desarrollan, clasificándose en ribereños o fluviales, de quebradas, serranos, de parque, psamófilos (bosques espinosos de ribera marítima) y palmares. Tradicionalmente estos bosques han ocupado un 3,5% del territorio, de acuerdo a estimaciones realizadas a partir de las fotos aéreas obtenidas por el Servicio Geográfico Militar en 1966. Recientemente se ha constatado un incremento del área ocupada por los mismos, estimándose que llegan a ocupar un 4.2% (GEO, 2008). Los tipos de bosques que se han expandido son el serrano y el de parque del litoral.

Los bosques ribereños están constituidos por franjas de vegetación arbórea que acompañan los cursos de agua de todo el país. En dirección al sur, la composición de especies varía y disminuye la altura y tamaño de los ejemplares.

Los bosques de quebrada se desarrollan en las gargantas profundas asociadas a los cursos de agua que existen en el norte del país en la cuesta basáltica como el área del Lunarejo (Rivera) y en las zonas predevonianas del departamento de Treinta y Tres como en la Quebrada de los Cuervos.

Los bosques serranos se ubican en las laderas de las sierras, presentan una menor altura y en general troncos retorcidos que se vuelven más achaparrados en las laderas.

El bosque de parque se ubica en el litoral oeste y presenta una densidad relativamente baja de árboles. Se trata de un tipo de comunidad subxerófila compuesta por especies como espinillos y algarrobos.

Los palmares de *Butia capitata* en el departamento de Rocha y los de *Butia yatay* en los departamentos de Paysandú y Río Negro, son un tipo particular de bosques en que el único componente arbóreo son las palmeras.

Los humedales constituyen formaciones de tierras bajas inundadas en forma esporádica o permanente, con una vegetación conformada por plantas hidrófilas. Entre las formaciones vegetales se destacan las extensiones de juncales, espadañales, titiricales, totorales y camalotales. Además de su alta productividad, los bañados brindan una serie de servicios ambientales como la regulación del sistema hidrológico, la purificación de aguas y el albergue de especies de la fauna nativa. En el país por su extensión e importancia biológica, se destacan los Humedales del Este, los Bañados de Farrapos en Río Negro y los Humedales del Río Santa Lucía.

En el país también se distinguen otras comunidades vegetales como los pajonales, que normalmente se distribuyen como manchas o corredores en una matriz de pradera natural. Estos están constituidos por formaciones monoespecíficas de distintas especies de gramíneas de gran porte y de hojas duras.

Por último, en la costa del Río de la Plata y Océano Atlántico se presenta un mosaico de comunidades arbóreas (bosque psamófilo), de matorrales (psamófilo y de arenales) y de especies herbáceas en dunas, humedales y lagunas costeras (Alonso y Bassagoda, 2002). Esta vegetación se encuentra sometida a importantes procesos de alteración debido a la creciente urbanización de la costa.

### **Flora y Recursos Fitogenéticos**

La flora del Uruguay comprende unas 2253 especies nativas (150 familias, 723 géneros) y 378 adventicias (Marchesi 2001, com. pers.). La mayoría de las especies son herbáceas, siendo el número de árboles y arbustos del orden de las 260 especies (Grela, 2004). Las familias con mayor número de especies indígenas son las compuestas (Asteraceae) con 315, las gramíneas (Poaceae) con 311, las leguminosas (Fabaceae) con 177 y las

cyperáceas (Cyperaceae) con 111. Otras familias de importancia numérica son las Lamiaceae con 33 especies y las Myrtaceae con 31. Como ejemplo se citan algunas especies pertenecientes a estas familias: *Achyrocline satureioides* (marcela) es una compuesta; *Paspalum dilatatum* (pata de gallina) es una gramínea; *Acacia caven* (espinillo) es una leguminosa; *Scirpus giganteus* (tiririca) es una ciperácea; *Eugenia uniflora* (pitanga) es una mirtácea; y *Ocimum selloi* (albahaca de campo) es una lamiácea.

En 2008, el proyecto “Fortalecimiento del Proceso de implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay (SNAP- DINA-MA)” inició un proceso de consultas calificadas para elaborar una lista de las especies nativas prioritarias para su conservación. Los criterios consensuados para incluir a una especie en la lista fueron: endemismo en el distrito Uruguayense, rareza (pocos individuos o poblaciones identificadas), distribución restringida en el país, especies sujetas a presiones antrópicas, y singularidad taxonómica o ecológica. El número total de especies incluidas en esta lista es del orden de las 800.

También se ha llevado adelante un proyecto en Facultad de Ciencias en coordinación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cuyo objetivo fue identificar las áreas de mayor riqueza específica, como elemento a considerar para establecer prioridades de conservación en el país. Se trabajó con el número de registros depositados en las principales colecciones científicas del país (en el caso de plantas los herbarios de la Facultad de Agronomía y el Jardín Botánico), los que se geo-referenciaron en función de las 300 cuadrículas del Plan Cartográfico Nacional. Los resultados del análisis realizado para algunos grupos de plantas (arbóreas y arbustivas, helechos, gramíneas) indicaron que existen importantes zonas del país con déficit o ausencia total de información, especialmente en el centro del país (GEO, 2008). Este trabajo muestra que la carencia de información no puede confundirse con que las zonas poco estudiadas no posean valores de biodiversidad, y que es necesario darle prioridad a los estudios que brinden elementos para identificar las áreas prioritarias a ser conservadas.

Paralelamente a este proceso se trabajó en la elaboración de una lista de las especies consideradas como recursos fitogenéticos o sea que son reconocidas por su utilidad para el ser humano como alimento, forrajes, medicinales, aromáticas, fibras, etc. (Tabla 1). Este trabajo de sistematización de la información sobre los recursos fitogenéticos de especies nativas del Uruguay contribuyó en la demostración de la importante riqueza que posee el país para este componente de la biodiversidad (Rivas, 2007). El

número de familias incluidas en el listado es de 101 (67% de la flora nativa) y el número de especies es de 416 (18,5% de la flora nativa). Este último dato es conservador, ya que en los casos en que se listaron géneros, se contabilizaron como si representaran una única especie. El conjunto de especies con 2 usos es de 75, con 3 usos es de 37 y con 4 o más usos es de 19.

Tabla 1.- Número de especies nativas identificadas como recursos fitogenéticos, según su uso real o potencial.

Aromáticas	Fibras	Forrajeras	Frutales	Maderables	Medicinales	Ornamentales	Tintas	Otros
44	8	82	22	34	116	271	12	38

Fuente: Rivas, M. (2007)

Un elemento importante a tener en cuenta para la valorización de los recursos fitogenéticos del Uruguay, es el hecho que algunos de ellos han sido llevados al exterior y desarrollados como nuevos cultivos o nuevas forrajeras; aunque a nivel local la apreciación del valor de los mismos y la inversión en su conservación y desarrollo sea nulo o aún muy incipiente. Ejemplos de esto son el Guayabo del país (*Acca sellowiana*) que se cultiva en Nueva Zelanda, España, California, Colombia y Georgia entre otros; o especies del género *Paspalum* que se utilizan como forrajeras en Estados Unidos y Oceanía.

Otros recursos fitogenéticos valiosos del Uruguay son las variedades criollas de algunos cultivos agrícolas, hortícolas, frutícolas y forrajeras, que conservan y utilizan los productores rurales. Estas especies fueron introducidas por las diferentes corrientes migratorias y han estado sujetas a procesos de diversificación genética en el país a través de las generaciones. La selección natural y la artificial llevada adelante por los propios agricultores, han generado materiales de alta diversidad genética y con gran adaptación a las condiciones locales, lo que hace que estos materiales sean de gran utilidad para el mejoramiento genético. Esta *Biodiversidad agrícola* también ha sufrido de erosión genética, especialmente a partir de las décadas del 70 y el 80, asociada a cambios en los sistemas de producción que implicaron también una pérdida importante de productores familiares.

## ***Procesos históricos de pérdida de biodiversidad***

### ***Agricultura***

La agricultura en Uruguay conduce a la pérdida de ambientes de pradera natural. En 1990 el área ocupada por la agricultura, incluyendo a los predios agrícola-ganaderos, agrícola-lecheros y al área forestada, se ubicaban en el orden de los 4.500.000 hectáreas. En el censo agropecuario del 2000, este número había aumentado aproximadamente a 6.300.000 hectáreas.

La agricultura ha afectado de diferentes formas las áreas de pradera natural, además de la pérdida de poblaciones y la modificación del suelo. Un ejemplo es el caso del cultivo de arroz, en que las obras de drenaje y canalización del agua han provocado la desecación de importantes áreas de bañados con la consecuente pérdida de biodiversidad y la afectación de los servicios ecosistémicos que los mismos brindan.

También es importante señalar que la revolución verde en las décadas de los 80 y 90, generó procesos de erosión genética. La inclusión de cultivos homogéneos y de alto potencial de rendimiento sustituyó la semilla de variedades criollas, mantenidas durante muchas décadas por los productores. A su vez la migración del campo a la ciudad fue y sigue siendo un factor que contribuye con la pérdida de biodiversidad agrícola.

### ***Sobrepastoreo***

La principal actividad antrópica que ha afectado históricamente la biodiversidad del Uruguay ha sido la actividad pecuaria, especialmente las prácticas comunes de sobrepastoreo en los sistemas ganaderos extensivos. El efecto acumulado de esta práctica de manejo del pastoreo ha provocado y sigue provocando la pérdida de poblaciones de especies de la pradera, en especial de aquellas con mayor valor forrajero. Este fenómeno, denominado "erosión genética", ocurre porque las plantas son permanentemente defoliadas. La frecuencia y severidad con que se efectúa esta defoliación, son las principales variables que les impiden a las plantas la acumulación de reservas para su rebrote y/o la producción de semillas para la resiembra.

Como consecuencia de la pérdida de especies en el campo natural, se produce un incremento de áreas con suelo desnudo e invasión de especies

exóticas. En algunos campos de la región, ya es posible detectar procesos de desertificación asociados a la litología, dinámica hídrica y sobrepastoreo (Carvalho *et al.*, 2008).

En las plantas, el rebrote depende de los niveles de las sustancias de reserva y del área foliar remanente. Es así que el pastoreo continuo, sin permitir el descanso del campo, afecta especialmente a aquellas especies de hábito cespitoso (que forman matas espesas), favoreciendo a las de hábitos postrados (Millot *et al.*, 1987).

La erosión genética que trae aparejada la degradación del ecosistema de pradera natural, fue señalada por Bernardo Rosengurtt, Profesor de Botánica de la Facultad de Agronomía, en 1943, hace más de setenta años. Actualmente el tema continúa siendo un tópico principal a integrar con mayor énfasis en la agenda productiva y ambiental del país.

Los trabajos de investigación que se han realizado en Uruguay sobre las prácticas de pastoreo, comprueban que aquellas que permiten el descanso del campo (pastoreo controlado o rotativo) logran revertir en parte la situación de degradación. Sin embargo, hoy en día cabe preguntarse hasta cuando la resiliencia (capacidad de las comunidades y ecosistemas de regresar a su estado original una vez que la perturbación terminó) de las praderas naturales seguirá manteniéndose, o por cuánto tiempo es posible seguir postergando el inicio de prácticas conservacionistas en nuestro principal recurso natural.

Promover prácticas de manejo con intensidades de pastoreo intermedias que optimicen tanto la producción animal como vegetal, constituye una herramienta adecuada para compatibilizar conservación y producción de la pradera natural. La búsqueda de la conservación del ecosistema, de las especies y de los recursos genéticos no solo incluye la prevención de la erosión de suelos, la preservación del hábitat para diversos animales de la fauna silvestre, etc., sino que apunta también a preservar servicios ambientales como el secuestro de carbono que contribuye en la mitigación de los gases de efecto invernadero.

### **Bosque Nativo y Palmares**

La legislación uruguaya tempranamente se ocupó de proteger los bosques. Desde 1939, la Ley N° 9872 pone bajo protección del Estado a los palmares de Rocha y Paysandú - Río Negro. En la ley forestal de 1968 se

establecen exoneraciones impositivas para las superficies ocupadas por bosque nativo; y en 1987 con la Ley N° 15939, se prohíbe su destrucción y cualquier operación que atente contra su supervivencia.

La prohibición legal de la tala de los palmares ha sido muy positiva desde el punto de vista de la preservación de los ejemplares adultos, tanto de *Butia capitata* en Rocha, como de *Butia yatay* en Río Negro y Paysandú. Sin embargo, los palmares continúan en peligro crítico debido al cultivo del arroz en el norte de Rocha y al pastoreo continuo que provoca el consumo de los renuevos de palma, no permitiendo su regeneración. Desde hace algunos años la Facultad de Agronomía viene llevando a cabo una serie de investigaciones para generar alternativas productivas que permitan la conservación de los palmares (Rivas, 2005).

Respecto a los bosques, si bien la legislación ha tenido efectos positivos, su cumplimiento ha sido relativo. La ausencia de un plan de monitoreo que permita evaluar la situación de conservación del bosque nativo, sólo permite juzgar el estado de conservación acorde a la superficie ocupada por los mismos. Indicadores como la composición florística, la presencia de especies exóticas, la existencia de ejemplares jóvenes y la fauna nativa que albergan, son elementos imprescindibles para emprender acciones de rehabilitación de las áreas boscosas.

### ***Procesos actuales de pérdida de biodiversidad***

Con la ampliación de la frontera agrícola, surgieron nuevas problemáticas y desafíos para la conservación de la biodiversidad, los cuales se sumaron a los de carácter permanente como el sobrepastoreo.

De acuerdo a los censos de 1999 y 2000, la pradera natural (principal ecosistema del país) sufrió una pérdida de aproximadamente un millón de hectáreas debido a la expansión de la forestación y de la agricultura. Asimismo, también ha ocurrido un incremento del área de las praderas sembradas, verdes y mejoramientos de campo. Ejemplo de esto se observa con la evolución del área sembrada bajo cultivo de soja, que pasó de 12.000 hectáreas en la siembra 2000-2001 a 447.500 hectáreas en la siembra 2007-2008 (DIEA, 2009).

El millón de hectáreas de pradera natural perdido, que trajo consigo la pérdida de especies, de recursos fitogenéticos y de servicios ecosistémicos,

no fue considerado en el debate sobre política forestal y agrícola del país. De esta manera, para la sociedad uruguaya el tema pasó prácticamente inadvertido, lo que cuestiona seriamente la socialización de la información y la sensibilidad de los uruguayos frente a los temas ambientales. Por otro lado, las “cuentas nacionales” no contabilizaron las pérdidas ocasionadas por el principal proceso de erosión genética que ha ocurrido en el país. Es así como no fue posible dar una alerta, ni formular un proyecto nacional de colecta y conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos, antes que los mismos se perdieran para siempre.

Como se menciona en los capítulos anteriores, en los últimos años el paquete tecnológico que incorpora la agricultura básicamente incluye dos novedades: la siembra directa y el uso de cultivares transgénicos de alta homogeneidad genética. La primera de las tecnologías –que ha permitido la ampliación de la frontera agrícola – es valorada desde el punto de vista de la conservación de los suelos, sin embargo poco o nada se cuestiona el hecho que los herbicidas de amplio espectro (que son utilizados mayoritariamente) eliminen la biodiversidad de la pradera natural.

Las condiciones de monocultivo (ocupación por varios años de grandes extensiones de territorio por una o muy pocas especies) en que son realizados por ejemplo los cultivos de soja, presentan una alta homogeneidad genética en grandes extensiones. Éstas llevan a un estado de alta vulnerabilidad genética ante diferentes situaciones de estrés como pueden ser enfermedades, plagas y variaciones climáticas. Estas condiciones que presentan bajísima biodiversidad, cuestionan claramente la sostenibilidad de este sistema productivo. Este panorama no es exclusivo de Uruguay, ya que en América Latina el cultivo de soja ha llegado a ocupar cuarenta millones de hectáreas), de forma que los riesgos son muy superiores.

Por otra parte, la utilización de cultivares transgénicos –dependiendo del cultivo que se trate– puede ocasionar riesgos sobre la biodiversidad. Para que exista ese riesgo en el país deben existir recursos fitogenéticos de la especie, sean variedades locales (criollas) y/o especies silvestres emparentadas al cultivo. Dicho riesgo se incrementa cuando la especie presenta polinización cruzada, debido a la posibilidad de cruzamientos con el transgénico. Este es el caso del maíz para Uruguay, que cuenta con diversidad de variedades criollas que mantienen los productores. A esta situación de peligro de contaminación se suman otros riesgos como los que plantean los apicultores y los productores orgánicos que deben garantizar que en su producción no se utilizan semillas transgénicas.

El decreto 353-008 (Bioseguridad de vegetales y sus partes genéticamente modificadas) fue aprobado luego de una moratoria de 18 meses que se dio el gobierno nacional para estudiar y analizar el tema. En el mismo se establece el criterio de convivencia entre semillas transgénicas y no transgénicas. Esta política pretende contemplar los derechos de los productores que quieren plantar transgénicos y los de los que no lo quieren así. Desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, lamentablemente el país no dispone de un inventario actualizado de las variedades criollas de maíz, información indispensable para establecer áreas de exclusión de transgénicos.

En la producción forestal, el monocultivo también es lo predominante. En 2004 el área forestada con eucaliptos llegó a 676.000 hectáreas y con pinos a 192.000 hectáreas. La implantación de los mismos se realiza sobre áreas de praderas naturales localizadas principalmente sobre suelos de prioridad forestal, aunque no está inhibida la plantación sobre otro tipo de suelos. Es interesante señalar que para el impulso de la forestación, el país estableció el tipo de suelos en que se promovería el cultivo, mediante el otorgamiento de subsidios. Sin embargo, nada se consideró sobre los efectos sobre el paisaje y la biodiversidad en general. Los impactos sobre las alteraciones del paisaje y la pérdida de especies y poblaciones de plantas han sido muy escasamente considerados, restando aún su evaluación, aunque la misma sea *ex post*.

Desde el punto de vista genético en la forestación se han utilizado escasos orígenes, aunque con diversidad interna ya que se trata mayoritariamente de poblaciones alógamas (plantas que presentan reproducción sexual con polinización cruzada). Sin embargo, esta situación tiende aparentemente a cambiar dada la utilización de clones en eucaliptos, lo que conduciría al establecimiento de grandes áreas forestadas con los mismos genotipos, incrementándose de esa forma y nuevamente, la vulnerabilidad genética.

En el Tercer Informe Nacional de Biodiversidad de 2007 (Informe presentado por la DINAMA - MVOTMA al Convenio sobre Diversidad Biológica - Naciones Unidas) se reconocen como las amenazas principales para la conservación de la biodiversidad a la agricultura y el pastoreo, la forestación con especies exóticas, la extracción ilegal de leña de monte y la presencia de especies invasoras.

De forma coincidente, el Segundo Informe País sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, presentado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca a la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el 2007, establece que la pérdida de ambientes es la principal amenaza para la conservación de los recursos fitogenéticos, incluyendo en este concepto la pérdida de ambientes naturales y la pérdida de predios destinados a la agricultura familiar. Se señalan también como preocupación la invasión de especies exóticas y la extracción indiscriminada de especies de uso medicinal, aromático y ornamental para su comercialización, sin que existan pautas para una extracción sostenible.

### ***Marco legal e institucional.***

La preocupación internacional por la pérdida sin precedentes de la biodiversidad, motivó el establecimiento de negociaciones para la elaboración de un instrumento jurídico vinculante, orientado a la conservación de la biodiversidad. El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) del año 1992, constituye el primer acuerdo mundial que integra todos los niveles de la diversidad biológica incluyendo los recursos genéticos, las especies y los ecosistemas. Los objetivos del CDB son tres, la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. En Uruguay el CDB es Ley Nacional N° 16408 (1993), y su punto focal (referente y responsable) es la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento territorial y Medio Ambiente (MVOTMA).

En 1999, la DINAMA estableció la Estrategia Nacional de la Biodiversidad planteando las principales líneas para cumplir con el CDB en el país. Entre ellas se destacan las siguientes (MVOTMA-DINAMA, 1999):

- Para la conservación *in situ* de la diversidad biológica, dentro y fuera de las áreas protegidas, se compatibilizarán las políticas de desarrollo con la conservación de la diversidad biológica, priorizando entre otros, la restauración y rehabilitación de ecosistemas degradados, la protección de especies y poblaciones y el control de la introducción de especies exóticas.
- La Evaluación de Impacto Ambiental deberá ser incorporada a los planes, programas y actividades sectoriales desde su etapa de formulación y convertirse en un instrumento fundamental para

la identificación, prevención del eventual deterioro y pérdida de la diversidad biológica.

- Promover y apoyar todas las instancias de comunicación y de participación ciudadana para difundir los temas de la diversidad biológica nacional en forma masiva.
- Se integrará la variable ambiental, jerarquizando la diversidad biológica, en la etapa de definición de los programas y políticas de desarrollo sectorial.

Uruguay, como integrante de la Comisión de Recursos Genéticos de la FAO, desde 1996 aprobó y es partícipe del Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1996). El PAM fue elaborado a partir de 150 Informes País sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos. El Primer Informe País, fue elaborado por el Comité Nacional sobre Recursos Fitogenéticos presidido por el MGAP e integrado por el MVOT-MA, el MRREE, el INIA y la Universidad de la República. Periódicamente cada país debe informar sobre el grado de cumplimiento del PAM.

La aprobación de la Ley de Creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (2000) y de la Ley de Ordenamiento Territorial (2008), significaron importantes avances al generar instrumentos que permiten desarrollar planes y proyectos para la conservación de la biodiversidad.

También se destacan proyectos como el Proyecto Producción Responsable del MGAP, con financiación del Banco Mundial y del GEF (Global Environmental Facilities), que presenta entre sus objetivos el apoyo a productores para la conservación de la biodiversidad.

A su vez, con respecto a la conservación de la biodiversidad, el país asumió compromisos en el ámbito del MERCOSUR bajo la Estrategia sobre Recursos Fitogenéticos del Cono Sur (Berretta y Rivas, 2001).

De esta manera se puede afirmar que el Uruguay cuenta con un adecuado marco legal e institucional para la conservación y utilización sostenible de la biodiversidad. Sin embargo no siempre hay coincidencia con el establecimiento de políticas sectoriales.

Considerando el caso particular de las políticas agropecuarias, se observa que las mismas se propusieron sin una verdadera evaluación de los impactos sobre la biodiversidad y sin haber investigado alternativas

productivas de mayor sostenibilidad. Tanto el Tercer Informe País sobre el CDB (2007), como el Segundo Informe País sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos (Berretta, *et al.*, 2007) reconocen la inexistencia de evaluaciones de impacto ambiental estratégicas en el Uruguay. O sea que a las evaluaciones que se ocupan de los impactos a nivel predial o empresarial, habría que complementar con evaluaciones a nivel de grandes proyectos y políticas nacionales.

Es de vital importancia que el Estado sea la principal garantía para conservar la biodiversidad del territorio, así como el mecanismo primordial para concientizar a los uruguayos sobre su valoración e importancia.

### **Bibliografía**

- Alonso, E. y Bassagoda M.J.* (2002). La vegetación costera del SE uruguayo: ambientes y biodiversidad. Museo de Historia Natural y Antropología N° 5: 1 - 6. Montevideo, Uruguay.
- Berretta A., Condón F. y Rivas M.* (2007). Segundo Informe País sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Comité Nacional sobre Recursos Fitogenéticos.
- Berretta A. y Rivas M.* (2001). Estrategia para los recursos fitogenéticos para los países del cono sur. Montevideo. PROCISUR-IICA.
- Bilenca D. y Miñarro F.* (2004). Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil (AVPs). Fundación Vida silvestre Argentina.
- Cabrera A. y Willink A.* (1973). Biogeografía de América Latina. Monografías científicas de la OEA N° 13. Washington.
- Carvalho P.C. de F., Paruelo J. y Ayala W.* (2008). La intensificación productiva en los pastizales del Río de la Plata: Tendencias y consecuencias ecosistémicas. En: XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajes del Cono Sur. Bioma Campos. Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. p 29 – 40.
- Chebataroff J.* (1960). Algunos aspectos evolutivos de la vegetación de la Provincia fitogeográfica Uruguayense. Apartado de la Revista Nacional N° 201.
- DIEA - MGAP (2009). Anuario estadístico 2008.
- Evia G. y Gudynas E.* (2000). Ecología del Paisaje en Uruguay. Aportes para la conservación de la Diversidad Biológica. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento territorial y Medio ambiente – Junta de Andalucía – Agencia Española de Cooperación internacional.

- FAO (1996). Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.
- GEO - Uruguay (2008). PNUMA, DINAMA, CLAES.
- Grela I. (2004). Geografía florística de las especies arbóreas de Uruguay; propuesta para la delimitación de dendrofloras. Tesis de Msc. Montevideo, Uruguay. PEDECIBA.
- OEA (1992). Uruguay. Estudio Ambiental Nacional.
- Millot J. C., Methol R. y Risso D. (1987). Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Comisión Honoraria del Plan Agropecuario, FUCREA.
- MVOTMA-DINAMA (2007). Tercer Informe País. Convenio sobre Diversidad Biológica.
- MVOTMA-DINAMA (1999). *Propuesta de Estrategia Nacional para la Conservación y Uso sostenible de la Diversidad Biológica del Uruguay.*
- NACIONES UNIDAS (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica.
- Noss R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4 (4): 355 - 364.
- Rivas M. (2005). Desafíos y alternativas para la conservación in situ de los palmares de *Butia capitata*. *Agrociencia (Uruguay)*, v. IX 1 y 2, p. 161-168.
- Rivas M. (2007). Los Recursos Fitogenéticos del Uruguay. Sistema Nacional de Áreas Protegidas - DINAMA - MVOTMA.
- Rosengurtt B. (1943). Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 3º Contribución. La estructura y el pastoreo de las praderas de la región de Palleros. *Flora de Palleros*. Barreiro y Ramos S. A. Uruguay,



## Capítulo 5

# Impactos socio-económicos de la expansión agrícola

*Pedro Arbeletche<sup>1</sup>*

**L**os principales impactos de la expansión agrícola desde el punto de vista socio económico, serán expuestos mediante sus consecuencias a nivel de los sistemas de producción, del empleo generado, de la concentración productiva, la tercerización de muchas actividades con la consecuente aparición de empresas que brindan servicios al sector y los efectos estimados sobre el precio y renta de la tierra.

### ***Impacto sobre los sistemas de producción.***

#### ***Evolución comparada de los sistemas***

Actualmente, los nuevos productores siembran un 55% del área agrícola, mientras que los productores de menor escala como los familiares, medianeros chicos y pequeñas empresas, han perdido áreas de producción tanto en términos absolutos como relativos (Cuadro 1).

---

1 Dpto. Ciencias Sociales - Facultad de Agronomía. arbe19@fagro.edu.uy

Cuadro 1.- Cambio en el área de siembra según el tipo de productor o empresa, durante tres períodos en la reciente evolución agrícola.

Año	2000		2005		2007	
Viejos	Ha	%	ha	%	ha	%
Familiares	62016	16,6	51520	12,0	51585	8,3
Medianeros Chicos	55370	14,8	38342	9,0	45331	7,3
Agrícola-ganaderos grandes	26086	7,0	24923	5,8	19060	3,1
Empresarios medios	87987	23,5	53217	12,4	61600	9,9
Medianeros grandes	86979	23,2	28002	6,5	27144	4,3
Ganadero-agrícolas Gdes.	31644	8,4	31897	7,4	44550	7,1
Otros	24538	6,6	9597	2,2	39760	6,4

Año	2000		2005		2007	
Nuevos	Ha	%	ha	%	ha	%
Gerenciadores	0	0	84990	19,8	181687	29,1
Agrícola-ganaderos grandes	0	0	65646	15,3	95418	15,3
Con agricultura continua	0	0	40246	9,4	58705	9,4

Fuente: Arbeletche y Carballo, 2008.

La aparición de nuevos actores junto con la concentración de áreas por parte de los mismos, ha hecho que los productores de menor tamaño abandonen la producción (Cuadro 2).

Los nuevos agricultores presentan un sistema de producción estructurado en empresas de gran tamaño y sin activo fijo, y realizan su producción sobre casi el 90% de tierras en arrendamiento y/o medianería. En cambio, el productor tradicional se mantiene con una combinación de tierras en propiedad y tierras en arrendamiento y/o medianería (Cuadro 3), (Arbeletche y Carballo, 2006a).

Cuadro 2.- Número de productores según el tipo de productor o empresa, para tres períodos durante la reciente evolución agrícola.

Año	2000	2005	2007
<b>Viejos</b> ----- Nº de productores -----			
Familiares	969	514	379
Medianeros Chicos	226	181	122
Agrícola-ganaderos grandes	12	10	10
Empresarios medios	633	348	201
Medianeros grandes	79	46	29
Ganadero-agrícolas Gdes.	108	68	75
Otros	112	92	84
Sub-total	2139	1259	900
<b>Nuevos</b> ----- Nº de productores -----			
Gerenciadores	0	11	11
Agrícola-ganaderos grandes	0	68	59
Con agricultura continua	0	52	56
Sub-total	0	131	126
<b>Total</b>	<b>2139</b>	<b>1390</b>	<b>1026</b>

Fuente: Arbeletche y Carballo, 2008.

Cuadro 3.- Superficie total de un predio, área agrícola promedio y área arrendada más medianería promedio, por sistema de producción para el año 2006.

Zafra 2006	Total Predio	Área agrícola promedio		Área agrícola arrendada + medianería	
	Área (ha)	ha	% del total del predio	ha	% del área Agrícola
<b>Viejos</b> -----					
Familiares	494	136	28%	78	57%
Medianeros chicos	622	372	60%	286	77%
Agríc-gan. grandes	4063	1906	47%	1214	64%
Empresas medias	1116	306	27%	131	43%
Medianeros grandes	1393	750	54%	590	79%
Gan-agric. grandes	2768	591	21%	149	25%
<b>Nuevos</b> -----					
Gerenciadores	17040	16517	97%	14737	89%
A-G nuevos	2861	1539	54%	769	50%
Con agric. continua	1151	995	86%	885	89%

Fuente: Arbeletche y Carballo, 2008.

## La soja

La soja por su parte, sigue las reglas generales de la agricultura. En el 2006, los nuevos productores (17,5 %) concentraron el 62% del total de soja producida, del cual una buena parte está directamente ligada a la exportación. Cabe resaltar que de estos nuevos productores, los definidos como gerenciantes agrícolas, que son un 2% del total de los mismos, concentraron el 35% del grano total mencionado (Cuadro 4). Hecho que hasta ese momento no había ocurrido en Uruguay durante toda su historia agrícola. De esta forma, solo 12 empresas concentraron casi un cuarto del total del área agrícola de secano, y solo 2 de ellas superaron el 10% del área sembrada.

Cuadro 4.- Número de productores y producción total de soja en la zafra 2006, por tipo de productor o empresa.

Viejos	Nº Agricultores		Producción de soja	
	(Nº)	%	(tt)	%
Familiares	127	23,3	36.590	6,1
Medianeros chicos	70	12,9	29.257	4,9
Agrícola-ganaderos grandes	10	1,8	20.642	3,4
Empresarios medios	102	18,8	65.719	11,0
Medianeros grandes	24	4,4	24.336	4,1
Ganadero-agrícolas grandes	43	7,9	35.880	6,0
Otros	73	13,4	17.873	3,0
Sub-total	449	82,5	230.297	38,4
Nuevos	(Nº)	%	(tt)	%
Gerenciantes	12	2,2	211.287	35,2
Agrícola-ganaderos nuevos	44	8,1	100.690	16,8
Con agricultura continua	39	7,2	57.473	9,6
Sub-total	95	17,5	369.450	61,6
<b>Total</b>	<b>993</b>	<b>100</b>	<b>599.747</b>	<b>100</b>

Fuente: Arbeletche y Carballo, 2008.

## ***Nuevos Agricultores y su logística de funcionamiento.***

### ***Los gerenciadore agrícolas***

En los años 90 en la Argentina surge un nuevo actor en el agronegocio: las llamadas “empresas en red”. En estas empresas se destaca una clara separación entre el negocio productivo y el negocio inmobiliario.

La principal característica de estas nuevas empresas agrícolas es su amplio despliegue geográfico, al cultivar grandes superficies tanto a nivel del país como de todos los países de la región como Brasil, Bolivia, Uruguay y Paraguay.

Esta lógica de funcionamiento lleva por un lado, a aprovechar las economías de escala, ya que la utilización de grandes superficies disminuye los costos de transacción tanto en la venta del producto como en la compra de insumos. Y, por otro lado, a generar una estrategia para enfrentar el riesgo del negocio, ya que diversifican en el espacio (distintas zonas agroecológicas dentro del país o entre países) y en el tiempo (utilizando distintos cultivares) (Arbeletche y Carballo, 2006b).

Este tipo de agricultores se caracteriza por trabajar sobre tierras arrendadas, con poco peso de los activos fijos (tierra y maquinaria) en la inversión y con contratos que generalmente son de corto y mediano plazo, presentando distintas formas de negociación, (Arbeletche y Carballo, 2007).

Asimismo, se organizan en “redes de negocios” con proveedores de servicios agrícolas, de insumos, de traders, etc., que llevan a generar importantes economías.

A su vez, utilizan nuevas formas de comercialización y manejo del “riesgo” comercial, principalmente a través de ventas anticipadas, contratos de futuro, compras de insumos en grandes volúmenes e importación directa.

También presentan nuevas estrategias para el financiamiento de la actividad, mediante la utilización de fondos de inversión o la emisión de bonos en la plaza financiera.

Finalmente, signan gran importancia a la capacitación y organización de los recursos humanos, dada la mayor complejidad del negocio.

Para los años 2007-08, estas empresas alcanzaban una superficie media de 28.664 hectáreas, de las cuales un 60% correspondía a la soja. Un 77% del área agrícola era explotada bajo la forma de arrendamiento o medianería, utilizando empresas de servicios para la realización de las labores de cultivo. El destino de la producción agrícola era principalmente para exportación (23% en forma directa y 62% a través de exportadores) y el restante 15% se volcaba en el mercado interno. El 97% del transporte del producto se realiza a través de empresas transportistas contratadas. Y el 62% de la compra de insumos se realiza directamente al importador sin mediar distribuidor.

### ***¿Qué pasa con los agricultores que son desplazados?***

De acuerdo a datos de la DIEA para los años 2007/2008, aproximadamente la tercera parte de los productores agrícolas encuestados no hacían agricultura de secano, aun cuando desarrollaban actividades agropecuarias. Esos productores que ocupaban aproximadamente un millón de hectáreas, destinaban un 87% de esa superficie a la producción ganadera de carne y de lana y un 12% a la actividad lechera. Las razones de tal abandono de la actividad agrícola son, en un 25% de los casos, la falta de recursos, en un 14%, márgenes agrícolas no convenientes y en un 10%, la ventaja de arrendar las tierras para siembra, en vez de sembrarlas ellos mismos. El otro 51% manifestó otros motivos, como los altos costos agrícolas y el menor riesgo de una producción sin agricultura para la estabilidad que presentan tales sistemas (MGAP-DIEA, 2008).

En el año 2008, a efectos de analizar qué consecuencias había tenido la agricultura sobre los distintos tipos de productores, la Facultad de Agronomía llevó a cabo un estudio cuyos resultados coincidieron con los de la DIEA. A los efectos del análisis, se separaron a los agricultores con y sin campo propio, por existir diferencias entre las causas de abandono de la producción y las consecuencias que se generaron sobre los mismos.

### ***Medianeros sin campo propio***

Corresponden a los productores que realizan prácticamente toda su actividad sobre campos en medianería. En general no existe contrato escrito, solo acuerdo verbal y por cultivo. Las principales consecuencias fueron:

- La formación de empresas de servicios, principalmente de cosecha y siembra, y en algunos casos empresas con equipos de fumigación. Estos

agricultores disponían de importantes equipos de maquinaria, pero dado que no podían competir con las nuevas condiciones de producción, pasaron a ofrecer servicios a los nuevos agricultores. Dentro de las dificultades a las que se enfrentaron, encontramos que la principal está relacionada con la renovación de los equipos. De esta manera, surgió un compromiso entre los servicios de éstos a cambio de la ayuda financiera necesaria (o garantías solidarias) por parte de las empresas.

- La pérdida de campos frente a los nuevos agricultores al no poder competir por la renta. En general, el agricultor nacional ha trabajado con pagos bajo la forma de medianería, donde se compartía el riesgo con el dueño de la tierra y donde además se pagaba en el momento de realizar la cosecha. De forma que las modalidades de pago por adelantado y de renta fija sin compartir el riesgo, limitaron su capacidad competitiva.

- Para los casos en los que se continúa haciendo medianería, ésta es efectuada en campos de menor calidad o en campos con montes o enmalezados en los que no se realizó agricultura por años. O sea que fueron relegados hacia campos marginales para realizar agricultura, o hacia campos de reducido tamaño que no son de interés para las nuevas empresas.

- Otra resultante, fue la venta de aquellos campos trabajados por los medianeros. El incremento del valor de la tierra hizo que muchos productores (principalmente aquellos con altos niveles de endeudamiento) enajenaran las mismas para saldar su deuda. De esta manera, pasaron a vivir en la ciudad o en zonas ganaderas. A diferencia de los agricultores que realizaban medianerías, los compradores de la tierra también son productores o arriendan las tierras a nuevas empresas que presentan condiciones más ventajosas de contrato.

- Los que se mantienen en la producción, en general conservan campos de vecinos ya que no confían en nuevos agricultores y prefieren trabajar con productores de confianza. En algunos casos han logrado mantener alguna área agrícola en base a acuerdos de confianza con el dueño de la tierra, que privilegia el realizar los cultivos con agricultores conocidos antes que realizar una evaluación simplemente de márgenes o de rentas generadas.

- A su vez, existen los casos en que salieron del agro y están fuera del sistema productivo agrario.

### ***Productores agrícolas propietarios (o con campo en propiedad) y con medianería***

Es el caso de productores que tenían una proporción importante de campo como propiedad y que a su vez hacían medianería en campos de

terceros. Al dejar de hacerla en sus propios campos, se concentran en la realización de servicios, ganadería o lechería en sus tierras. Es así como:

- Pierden la medianería en general, por no poder competir con las rentas que se pagan y con las nuevas condiciones de los contratos, principalmente el pago adelantado.

- Por estar endeudados, venden parte o todo el campo para pagar la deuda y se marchan para arrendar o comprar nuevos campos en zonas ganaderas.

- Arrendaron para poder pagar la deuda y trabajan las áreas ganaderas que les quedaron. El área con capacidad de uso agrícola alta fue arrendado y se mantienen viviendo y trabajando el campo en las áreas ganaderas. Su principal ingreso pasó a ser la renta de la tierra con destino agrícola, y con la ganadería se mantienen en la producción.

- Arrendaron el área agrícola y mantienen la explotación del área ganadera. En algunos casos brindan servicios, incluyendo a aquellos a quienes les arrendaron el campo.

- No hacen más medianería, hacen servicios y ganadería en el campo propio.

- Quedaron haciendo ganadería o lechería en campo propio.

Los productores propietarios que no hacían medianería:

Arrendaron el campo a nuevas empresas manteniendo la ganadería en el resto de la superficie.

### ***Las sociedades familiares con campo propio***

En general ocurre un proceso de disolución de las sociedades, ya que alguno de los socios quiere arrendar su parte a los nuevos agricultores. Entonces, alguno de los socios pasa a ofrecer servicios y explotar el área ganadera y, en algún caso, sigue con agricultura. Este caso se da generalmente en aquellas sociedades que son principalmente de tipo familiar, donde algún miembro de la misma, que solo participaba en la distribución de las ganancias (de la sociedad) pero no desarrollaba actividades en la misma, vive del producto de la renta y/o de otra actividad generalmente urbana.

Los motivos de la salida de los productores de la producción son:

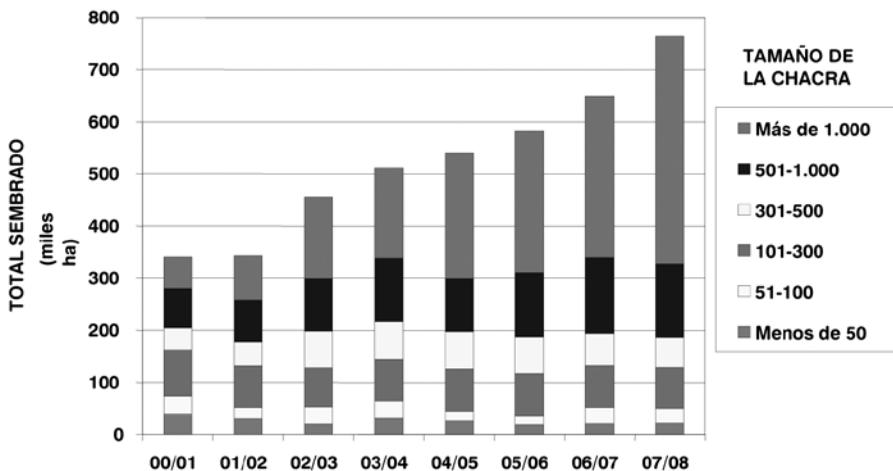
- Las dificultades para mantener u obtener nuevos campos debido al pago de altas rentas y al pago adelantado de las mismas.
- En algún caso les vendieron el campo en el que trabajaban y tuvieron que salir a buscar otros campos.

- Malos resultados en la producción que pudieron llevar a importantes endeudamientos debido a factores tales como enfermedades en los cultivos, años climáticamente complejos (sequías, piedra, exceso de agua) y malos precios en las ventas de los productos. Estos factores actuando solos o conjuntamente.
- En las situaciones más críticas, los productores perdieron sus tierras y maquinaria por remate.
- En el caso de algunas sociedades entre familias, las altas rentas, el endeudamiento u otras causas provocaron la disolución de la sociedad porque uno o más miembros (sobre todos los menos vinculados al proceso productivo) quieren vender u arrendar su parte.

### ***Niveles de concentración a nivel de chacra, soja y maíz***

El cambio es acompañado a su vez por un proceso de concentración productiva, que genera una expansión en los agricultores de mayor escala (áreas de cultivo superiores a las 1000 hectáreas), pasando de una concentración del área agrícola del 18% en el año 2000 a más del 57% en los últimos años (Figura 1).

Figura 1.- Evolución del área de siembra de cultivos según tamaño de chacra.



Fuente: DIEA-MGAP, 2008.

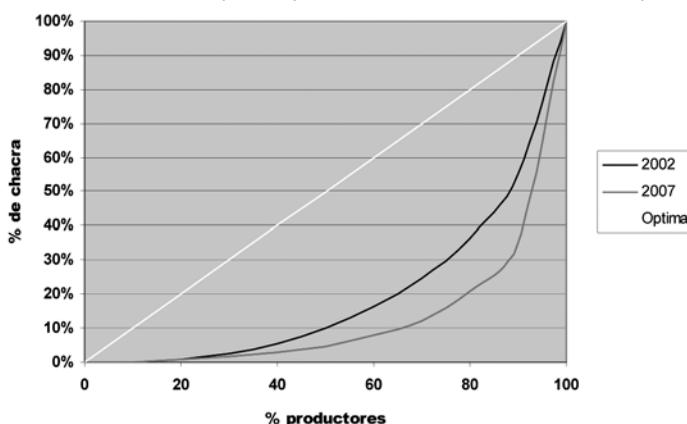
Analizando lo ocurrido con la concentración de la actividad agrícola entre los años 2002 y 2007, se observa que el Índice de Gini<sup>2</sup> creció de 59,6 % a 72,8%. Esto confirma el aceleramiento del proceso concentrador en esta actividad productiva (Cuadro 5) y la intensidad del proceso (Figura 2).

Cuadro 5.- Índice de Gini para superficie de chacra, años 2002 y 2007.

	Año			
	2002		2007	
% productores	%	% acumulado	%	% acumulado
0-10	0,19%	0,19%	0,18%	0,18%
10-20	0,81%	1,00%	0,54%	0,72%
20-30	1,66%	2,66%	0,81%	1,53%
30-40	2,80%	5,46%	1,28%	2,81%
40-50	4,50%	9,95%	1,92%	4,74%
50-60	6,20%	16,16%	3,06%	7,80%
60-70	8,44%	24,60%	4,52%	12,32%
70-80	11,92%	36,52%	8,59%	20,91%
80-90	18,92%	55,44%	14,24%	35,14%
90-100	44,56%	100,00%	64,86%	100,00%
<b>Índice de Gini</b>	59,6 %		72,8%	

Fuente: Elaborado en base a datos reprocesados de DIEA-MGAP 2002 y 2007.

Figura 2.- Curvas de Lorenz para superficie de chacra en los años 2002 y 2007.



Fuente: Elaborado en base a datos reprocesados de DIEA-MGAP 2002 y 2007.

2 Índice utilizado normalmente para medir niveles de concentración del ingreso. También puede utilizarse para medir niveles de concentración de la propiedad de la tierra, donde 0 indica distribución equitativa y 100% máxima concentración

A nivel de cultivos, este fenómeno es observado tanto para la soja como para el maíz. Este último cultivo ha tenido importantes mejoras en sus rendimientos promedio en los últimos años a nivel nacional, lo que puede explicarse porque deja de ser un cultivo de pequeños agricultores para transformarse en un cultivo realizado por grandes empresas (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Índice de Gini para área de maíz y soja (2007).

% productores	Cultivo			
	Maíz		Soja	
	%	% acumulado	%	% acumulado
0-10	0,22	0,22	0,42	0,42
10-20	0,44	0,66	0,68	1,10
20-30	1,00	1,66	1,00	2,09
30-40	1,60	3,26	1,54	3,64
40-50	2,46	5,73	2,46	6,10
50-60	3,05	8,78	3,87	9,96
60-70	3,80	12,57	5,72	15,68
70-80	6,38	18,96	8,32	24,00
80-90	12,65	31,60	12,43	36,00
90-100	68,40	100,00	63,57	100,00
Índice de Gini		73,3%		70,1%

Fuente: Elaborado en base a datos reprocesados de DIEA-MGAP 2002 y 2007.

### ***Tipos de rotación usados***

El tipo de rotación de cultivos varía según los distintos tipos de agricultores (Cuadro 7). Los productores tradicionales o viejos utilizan niveles superiores al 50% del área que explotan en rotación de cultivos y pasturas permanentes. Incluso productores con formas de tenencia poco estables, como son los medianeros, utilizan una porción importante del área en rotación con pasturas. Los nuevos agricultores en cambio, sobre todo los gerenciadorees agrícolas, desarrollan la mayor parte del área en sistemas de agricultura continua.

Cuadro 7.- Uso del suelo realizado por los distintos tipos de agricultores en el año 2005 (en %).

Tipo de productor	% área en rotación*	% agricultura continua**	% otras***
Familiares	58	5	37
Medianeros chicos	75	11	13
Agrícola ganaderos grandes	50	10	40
Empresarios medios	67	11	22
Medianeros grandes	54	20	27
Gerenciadores	7	90	3
Agrícola ganaderos nuevos	44	31	25
De Agricultura continua	27	70	3

Fuente: Arbeletche y Carballo, 2006a.

\* Los riesgos que implican estos tipos de prácticas, en cuanto a la conservación de los recursos, fueron mencionados en capítulos anteriores.

### ***Impactos en el empleo***

De acuerdo a la información generada por la Mesa de Oleaginosos en 2008, la agricultura genera tres empleos directos cada 1.000 hectáreas de cultivo. La composición del empleo es de dos personas por la empresa, más otra adicional por parte de la empresa de servicios, ([www.mesadeoleaginosos.org](http://www.mesadeoleaginosos.org)).

Estas estimaciones indican que en el año 2008 se generó un total de 3233 empleos a nivel del país. Que medidos como incremento neto sobre las actividades que se desarrollaban anteriormente, era de 609 empleos (Arbeletche *et al.*, 2008).

En cuanto a las condiciones de trabajo, si bien el impacto en cantidad no es muy importante, sí existe una mejora en cuanto a calidad de trabajo.

### ***Las empresas de servicios***

Como se mencionó anteriormente, una de las consecuencias de la expansión agrícola y de las nuevas formas de producción es el desarrollo y surgimiento (en algunos casos) de los servicios agrícolas.

Ocurre entonces el surgimiento de empresas especializadas en la provisión de servicios agrícolas y especialmente en las áreas de fumigación, siembra y cosecha. Los mayores productores dejan de tener maquinaria propia y comienzan a utilizar servicios de terceros para realizar las labores de cultivo. Para el año 2008, el número de contratistas agrícolas superaba las 250 empresas, de las cuales unas 200 están agremiadas en la Cámara Uruguaya de Servicios Agrícolas (CUSA). El costo de servicios se estima en unos 130 U\$S por hectárea, lo que implica una facturación total de unos 35 millones de dólares para el caso del cultivo de soja, en la zafra 2007/08, de acuerdo a estimaciones de la Mesa de Oleaginosos.

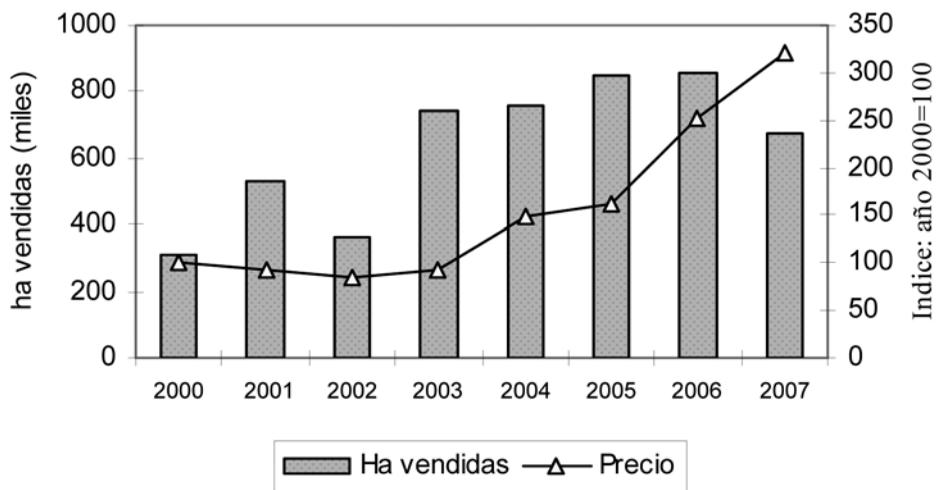
Según la misma fuente, entre los años 2002/03 y 2007/08, el transporte de los granos implicó un volumen adicional de carga de 5,1 millones de toneladas, como producto de haber alcanzado una media anual de un millón de hectáreas de cultivo. De ese volumen adicional, un 55% corresponde a soja y se asume una distancia promedio de 150 km. Este transporte adicional implicó 57,5 millones de dólares, siendo el promedio anual de 11,5 millones de dólares. Solo para la cosecha 2007/08 la cifra manejada es de 15,5 millones de dólares.

### ***El precio de la tierra***

Otra consecuencia de este crecimiento agrícola ha sido un aumento en la demanda de tierras y, consecuentemente, del número de transacciones de compra venta realizadas y de la cantidad de hectáreas arrendadas. En tan solo 8 años, el valor de la tierra se multiplicó cuatro veces y el de la renta 2,2 (Figura 3 y 4). Este incremento se debió al aumento de la productividad sectorial, a la expansión de los negocios, a cambios en el arbitraje de los precios regionales y al papel que tiene la tierra como creador de renta como activo y como acumulador de valor patrimonial.

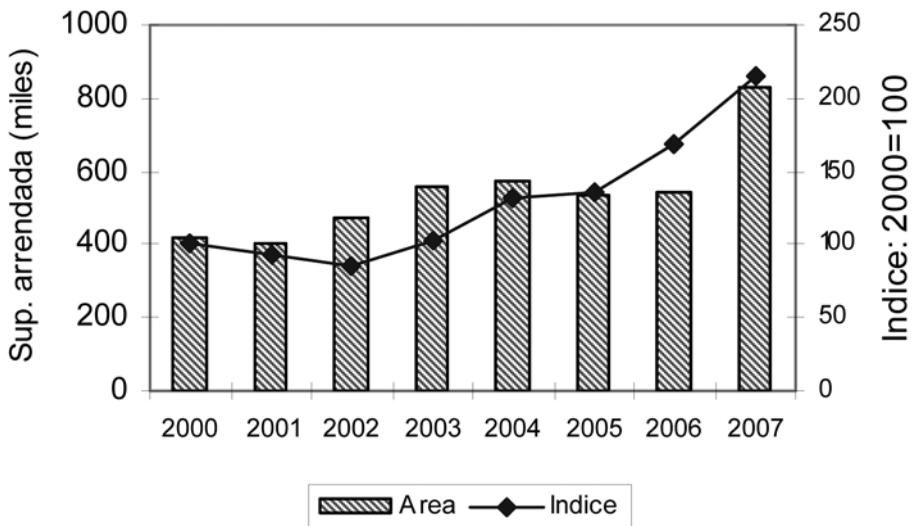
Este conjunto de elementos presiona al uso más intensivo de la tierra y por lo tanto, a la realización de actividades con mayor producto bruto por hectárea, como es la agricultura y la ganadería intensiva.

Figura 3.- Evolución de la cantidad de hectáreas vendidas y precio de la tierra.



Fuente: Elaborado en base a información de MGAP-DIEA, 2008c.

Figura 4.- Evolución de la cantidad de hectáreas arrendadas y del precio de la renta de la tierra.



Fuente: Elaborado en base a información de MGAP-DIEA, 2008c.

### ***El futuro previsible***

En el futuro a corto plazo, nos encontramos que Uruguay es un país sin ninguna o poca protección para los productores agropecuarios, los cuales están enfrentados al mercado mundial. Estos mercados cada vez son más competitivos y una de las alternativas para mantenerse en el sistema productivo es mejorar la eficiencia de la producción para poder enfrentarlo. Una de las formas es por medio de la intensificación de la producción como lo hacen las empresas en red, teniendo como una de las consecuencias de esta profesionalización del mercado agropecuario, la concentración de la producción en este sector, lo cual está favorecido porque el modelo presenta importantes economías de tamaño desde un punto de vista económico. En el futuro encontraremos menos actores en este sector pero serán de mayor tamaño y mucho más especializados, basados en procesos cuya eficiencia depende de la escala y que son altamente móviles.

Esto implica que deben establecerse claras y marcadas responsabilidades tanto de los nuevos agricultores, de los dueños de la tierra y del Estado, principalmente frente al buen uso y mantenimiento de la cantidad y calidad de los recursos naturales.

A modo de ejemplo, los agricultores deberían profundizar y considerar formas de producción adecuadas; los dueños de la tierra, deberían tomar las precauciones necesarias al momento de realizar los contratos de arrendamiento o medianería, para garantizar el buen uso del recurso; y el Estado, debería regular y controlar las prácticas de manejo de los recursos, apuntando a la sustentabilidad de los mismos en el largo plazo.

### ***Bibliografía***

- Arbeletche P. y Carballo C. (2006a). Crecimiento agrícola y exclusión: el caso de la agricultura de secano en Uruguay. En VII Congreso Latinoamericano de Sociología Rural (Alasru), Quito, Ecuador. CD*
- Arbeletche P. y Carballo C. (2006b). Sojización y concentración de la agricultura uruguaya. En XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola Córdoba, Argentina. CD*
- Arbeletche P. y Carballo C. (2007). Dinámica agrícola y cambios en el paisaje. En Congreso CEISAL, Simposio ESE 6, Bruselas, Bélgica. CD*

*Arbeletche P. y Carballo C.* (2008). La expansión agrícola en Uruguay: alguna de sus principales consecuencias. En XXXIX Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola y Segundo Congreso Regional de Economía Agraria, Montevideo, Uruguay. CD

*Arbeletche P., Ferrari J.M., Souto G. y Escudero J.* (2008). Impacto socioeconómico de la soja en Uruguay. [www.mesadeoleaginosos.org.uy/08set.php](http://www.mesadeoleaginosos.org.uy/08set.php)

MGAP- DIEA (2008). Encuesta agrícola “Primavera 2007” Serie encuestas N° 257; Montevideo, Uruguay, 40 pp.

MGAP-DIEA (2008c). Tierras de uso agropecuario: Ventas y arrendamientos. Periodo 2000-2007, Serie Trabajos Especiales, N° 262.

Páginas web consultadas: [www.mesadeoleaginosos.org.uy](http://www.mesadeoleaginosos.org.uy)



