



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CURSO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

MATERIAL TEÓRICO
INGENIERÍA FORESTAL

UNIDAD DIDÁCTICA A2

Importancia de la conservación de los suelos
Procesos de degradación con énfasis en Argentina

2018

OBJETIVOS

Adquirir una conciencia crítica de la importancia de la conservación del suelo y las consecuencias de su degradación, con especial énfasis en la acción antrópica y presentes en la Rep. Argentina.

RESUMEN

Desde hace varias décadas existe consenso acerca de que el principio rector para la adopción de gran parte de la tecnología, tanto en el ámbito agropecuario como en otros ámbitos, debe ser el de la sustentabilidad. Sin embargo, **los procesos de degradación edáfica registrados en vastas áreas del país y Latinoamérica, son una muestra clara de la falta de la sostenibilidad productiva. Estos procesos de degradación pueden ser de pérdida (erosión hídrica/eólica, decapitación, exportación de nutrientes, pérdida de materia orgánica, acidificación), de adición (salinización/sodificación, contaminaciones, sedimentación), o de alteración (encostramiento, desarrollo de impedancias mecánicas superficiales/subsuperficiales, alteración de la dinámica del agua).** Dentro de los procesos de pérdida, las erosiones hídrica y eólica son los de mayor perjuicio y difusión areal. Según estimaciones de 2015, cerca de 105 mill de hectáreas en Argentina tienen procesos erosivos de diferente magnitud, evidenciándose una tasa de aumento del 128% respecto de 1990, particularmente de nivel severo. Esto significa un incremento de cerca de 2mill ha/año. Amplias áreas argentinas, especialmente la región patagónica, están sujetas a procesos de desertificación por sobrepastoreo en condiciones de aridez y vientos. Se ha demostrado que la tasa de reposición de nutrientes fue nula en algunos casos y de hasta sólo el 50% de la exportación de N y P en la Región Pampeana. La exportación de bases, particularmente del Ca, y la fertilización nitrogenada han causado un importante proceso de acidificación de la región central del país. Tanto en zonas de regadío (aguas de mala calidad o tecnología de riego inadecuada) como de secano (afectación de los caudales de las cuencas y sus sistemas de drenaje) se han producido o incrementado importantes procesos de salinización/sodificación. La difusión de la agricultura y del cultivo de soja, así como elevadas tasas de fertilización y cría de ganado a corral, trajeron como consecuencia un mayor riesgo de contaminación edáfica. La evolución hacia maquinarias de mayor peso, la siembra directa y el sobrepastoreo, desarrollaron densificaciones e impedancias mecánicas superficiales y subsuperficiales que condicionan fuertemente la dinámica hídrica y el crecimiento radical.

La evaluación de las problemáticas como las medidas preventivas/de tratamiento pueden ser atendidas en diferentes escalas espaciales, desde niveles prediales hasta de macrorregiones.

ÍNDICE

GENERALIDADES	- 2 -
LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN	- 3 -
<i>DEGRADACIÓN POR EROSIÓN</i>	<i>- 15 -</i>
<i>DEGRADACIÓN FÍSICA</i>	<i>- 23 -</i>
<i>DEGRADACIÓN QUÍMICA</i>	<i>- 24 -</i>
EVALUACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN	- 27 -
CUESTIONARIO GUÍA.....	- 28 -
BIBLIOGRAFIA	- 29 -

GENERALIDADES

Desde hace varias décadas existe consenso acerca de que el principio rector para la adopción de gran parte de la tecnología tanto en el ámbito agropecuario como en otros ámbitos, debe ser el de la sustentabilidad. Los procesos sostenibles se han definido de muchas maneras, una posible es: un proceso productivo es sostenible cuando ha desarrollado la capacidad para producir indefinidamente a un ritmo en el cual no agota los recursos que utiliza y que necesita para funcionar, y no produce más contaminantes de los que puede absorber su entorno. Para que algo sea sostenible debe cumplir los siguientes principios:

- Factibilidad técnica
- Viabilidad económica
- Compromiso político
- Aceptabilidad social
- Equidad para una misma generación y las futuras
- Respeto por la integridad del ambiente
- Tolerancia cultural
- Disponibilidad tecnológica adecuada

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos en un documento en 1980, desarrollando aspectos relacionados con la sustentabilidad, incorporó términos novedosos para la época como: estrategias de ecodesarrollo, economía ecológica, recursos naturales colectivos y capital natural. Este lenguaje es el reflejo de un cambio conceptual que evolucionó desde la concepción de “recursos naturales para servir al hombre indefinidamente, independientemente de su manejo, hacia “recursos naturales que deben ser conservados si se pretende que sirvan al hombre indefinidamente”, procediendo con responsabilidad en atención a las generaciones futuras. Calvente (2007) afirma que “lo que esencialmente se busca a partir de la sustentabilidad es avanzar hacia una relación diferente entre la economía, el ambiente y la sociedad. No busca frenar el progreso ni volver a estados primitivos. Todo lo contrario. Busca precisamente fomentar el progreso pero desde un enfoque diferente y más amplio, y ahí es donde reside el verdadero desafío”. Sin embargo, en la mayor parte de los casos en que se intervengan los sistemas naturales, se romperá el equilibrio y el paradigma de la sustentabilidad será una meta muy difícil de alcanzar. Es por ello que Lee (1993) afirma que “la sustentabilidad debe ser una meta deseable, no para ser alcanzada en su totalidad, si no para guiar una acción constructiva, apuntando a ella sin la esperanza de alcanzarla”. Spedding (1995) afirma que “mientras haya producción no habrá sustentabilidad, lo que sí existen son trayectorias más o menos sustentables”. Esta visión realista, es sin embargo, un avance profundo respecto de modalidades del pasado.

Más recientemente se ha extendido el uso del concepto de calidad del suelo. Esta se define como la capacidad de un suelo de funcionar en un ecosistema natural o antrópico para sustentar o mejorar la productividad de las plantas y animales, y controlar la polución del agua y el aire. Los indicadores de calidad y salud son parámetros que deben ser observados o determinados fácilmente. Estos indicadores se seleccionan según el uso de la tierra (agrícola, ganadera, forestal), y entre ellos se pueden mencionar: estabilidad de agregados, densidad aparente, resistencia mecánica a la penetración, espesor del horizonte superficial, erosión, infiltración y conductividad hidráulica, acidez, alcalinidad, salinidad, materia orgánica, nitratos, respiración microbiana, entre otros.

América Latina y el Caribe poseen el 23% de la tierra cultivable del planeta y sólo el 8,1% de la población mundial. De manera que estas regiones tienen una responsabilidad ético-social muy importante para la producción de alimentos mundial y por ende, la conservación de sus recursos.

Dentro de este marco conceptual es que se desarrollará el Curso de Manejo y Conservación de Suelos.

LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN

Los procesos de degradación edáfica son una muestra clara de la falta de sostenibilidad como principio rector de la producción, particularmente agropecuaria. En este escrito se desarrollarán algunos aspectos introductorios sobre la temática, que luego serán profundizados en materiales didácticos específicos.

La degradación del suelo es el resultado de uno o más procesos que ocasionan la pérdida total o parcial de su productividad, afectando las propiedades físicas, químicas y/o biológicas. Es difícil efectuar una separación entre los distintos procesos de degradación que puede sufrir el suelo, debido a que, generalmente, están íntimamente relacionados y en permanente evolución en función, principalmente, de la utilización de la tierra por el hombre.

En 1975, los organismos PNUMA, FAO Y UNESCO, iniciaron una serie de planes encaminados a crear una metodología para evaluar la degradación del suelo. Así surge el proyecto "Evaluación mundial de la degradación de los suelos "Fase I", que elaboró mapas de degradación a escala 1/5.000.000 mediante la aplicación de una metodología establecida por estos organismos en 1980. Según la naturaleza de los procesos se diferencian tres tipos de degradación (Pla Sentís, 1988, 1990, 1994), física, química y biológica.

El sistema utilizado para la elaboración de los mapas estuvo basado en la consideración de la Degradación (D) como una función de distintas variables:

$$D = F(C, S, R, V, H)$$

Siendo:

C: clima

R: relieve

S: suelo

V: vegetación

H: actividad humana

La ecuación vincula el uso del suelo con su degradación mediante parámetros físicos y químicos (Michelena, et al., 1989).

$$D = \frac{U S P M m F f H h}{L i X x}$$

Siendo:

D: dregradación

U: Uso actual de la tierra.

S: Tipo de suelo a nivel de subgrupo taxonómico

P: Relieve y clases de pendiente

M: Contenido de materia orgánica(%)

m: Pérdida relativa de materia orgánica respecto al suelo "virgen"

F: Contenido de nitrógeno total(%) y fósforo asimilable (ppm)

f: Pérdida relativa de N y P asimilable (%)

L: Índice de estabilidad estructural de DeBoodt y De Leenheer(mm)

i: Pérdida relativa de estructura respecto al suelo virgen(%)

X: Percolación de Henin (cm/hora)

x: Pérdida relativa de percolación respecto al suelo virgen(%)

H: Tasa de erosión hídrica actual estimada según Ecuación Universal de Predicción de Pérdida de Suelo (t/ha año) (Wischmeier y Smith, 1978).

h: Tasa de erosión hídrica potencial estimada según Ecuación Universal de Predicción de Pérdida de suelo (t/ha año) (Wischmeier y Smith, 1978).

La metodología considera la selección de tierras de aptitud agrícola, correspondiente a las clases I a IV del Sistema del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales, USDA, EE UU. Las unidades del mapa de suelos constituyen las unidades de muestreo y en cada uno de ellos se seleccionan productores y lotes representativos de las condiciones fisiográficas y productivas de la unidad.

La degradación también se puede clasificar en procesos de:

PÉRDIDAS

- *erosión hídrica/eólica*
- *decapitación*
- *exportación de nutrientes*
- *pérdida de materia orgánica*
- *acidificación*

ADICIONES

- salinización
- sodificación
- contaminación
- sedimentación

ALTERACIONES

- encostramiento
- Desarrollo de impedancias mecánicas superficiales/subsuperficiales
- afectación de la dinámica del agua/inundaciones

Al iniciarse la producción agropecuaria en suelos en equilibrio con el ambiente, éstos sufren alteraciones de diferente magnitud según las condiciones de clima, relieve y actividad humana. En la mayoría de los casos, la actividad humana es negativa, puesto que genera un deterioro acelerado de las características y propiedades que poseían esos suelos antes de incorporarse a la producción. Estos problemas debieran ser evitados mediante prácticas conservacionistas. Cuando, por el contrario ya se han desarrollado, deben ser controlados mediante prácticas específicas. Si no se procede de esta forma los problemas puede llegar a situaciones extremas en que la tierra pierde totalmente su capacidad productiva y debe ser abandonada.

Algunas alteraciones son de más fácil control, por ejemplo, la pérdida de nutrientes puede ser tratada mediante el uso de fertilizantes, mientras que otros deterioros, como por ejemplo la pérdida de suelo por procesos erosivos severos, en muchas situaciones puede ser irreversible. En esta amplia escala existen diferentes problemáticas que ameritan controles de todo tipo de envergadura.

Sin dudas, los procesos erosivos (hídricos y eólicos) causan una de las principales situaciones de degradación de los suelos. La erosión hídrica afecta prácticamente a todo el país, incluyendo tierras de alto valor, con aptitud agrícola y agrícola-ganadera, principalmente de las regiones húmedas. El grado de deterioro actual de los suelos debido a la erosión hídrica es de variada intensidad, destacándose por su gravedad el sur de Misiones, noroeste de Corrientes, centro y oeste de Entre Ríos, Tucumán, sur de Salta, las cuencas de los ríos Carcarañá y Tercero (centro-sur de Córdoba y sur de Santa Fe), cuencas del río Arrecifes y del arroyo del Medio (norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe), entre otras.

Según la información existente (FECIC, 1986) se estimaba para fines de la década del 80 que la erosión hídrica en la Argentina, considerando todos sus grados de intensidad, afectaba aproximadamente a 25.000.000ha. Teniendo en cuenta la superficie erosionada estimada en 1957 por el Instituto de Suelos y Agrotecnia de 18.300.000 ha, el incremento en 29 años fue de 6.700.000 ha. Así la superficie afectada por erosión hídrica en el país creció a un ritmo algo superior a las 230 mil ha/año para el período considerado (1957-86). Según estimaciones de 2015 (Casas y Albarracín, 2015), 64.625.829ha en Argentina tienen actualmente procesos erosivos hídricos de diferente magnitud, evidenciándose una tasa de aumento del 158,5% respecto de 1986, particularmente de nivel severo. Esto significa un incremento de,

aproximadamente, 1,40mill ha/año. Es decir, lejos de disminuir el proceso, se ha incrementado severamente la situación.

La erosión eólica afecta principalmente las regiones semiáridas de aptitud ganadero-agrícola, que representan aproximadamente el 15% de la superficie nacional y tienen una precipitación de entre 400-600 mm anuales; y áridas, de uso predominantemente ganadero extensivo y que representan el 60% de esa superficie, en este caso con una precipitación anual inferior a los 400 mm. Estas regiones, en conjunto, representan el 75% de la superficie del país, la mayor parte al O del meridiano de 64º. En la Figura 1 puede verse la distribución en América Latina del índice de aridez y la preponderancia de Argentina en esa condición.

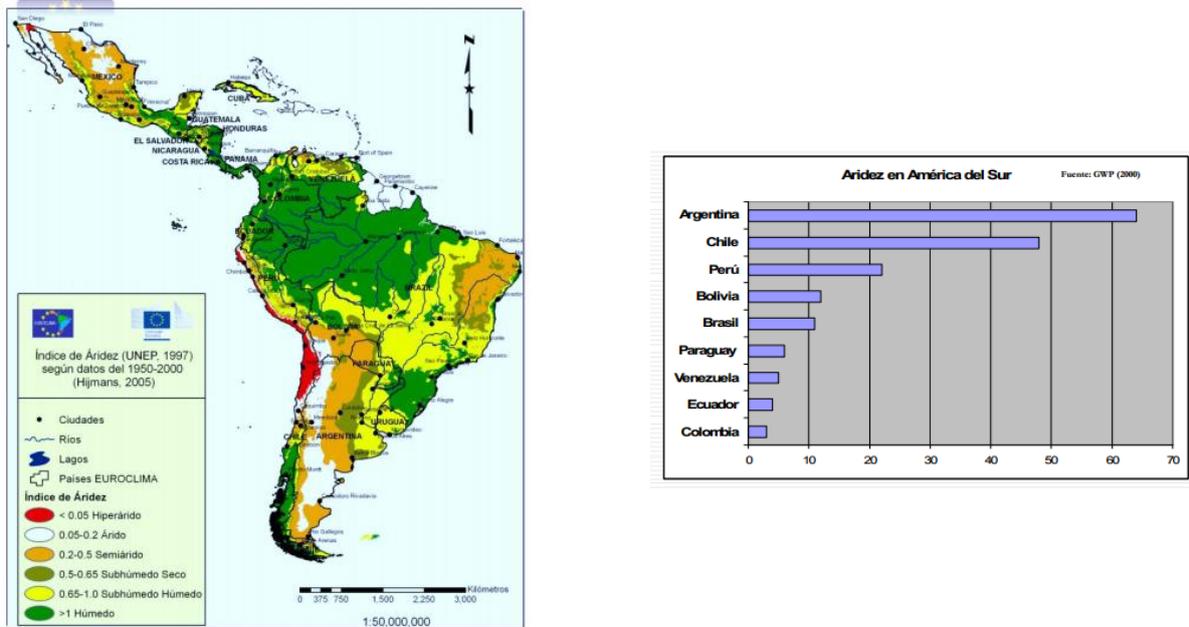


Figura 1. Índice de aridez en América Latina y relaciones porcentuales de la superficie de cada país sujeta a aridez (Ontiveros, 2013)

En la Figura 2 se ilustran las isohietas del territorio nacional, delimitando la región semiárida/árida mediante la isohieta de 600 mm.

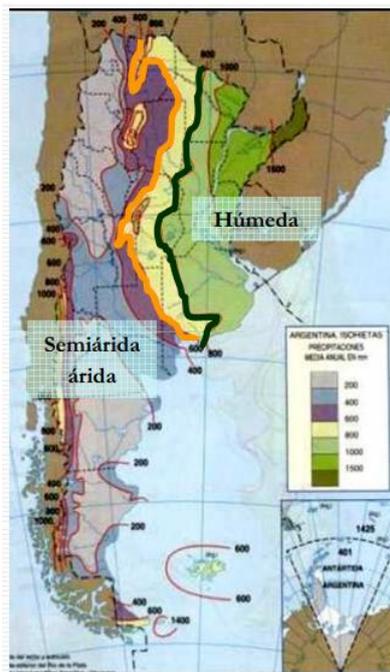


Figura 2. Isohietas de la Rep. Argentina.

Las tierras afectadas por erosión eólica se podían estimar en 1986 en 21.410.000 ha en todo el país. Mientras que en 1957 el área afectada, en todos sus grados, abarcaba aproximadamente 16.000.000 ha (Instituto de Suelos y Agrotecnia del INTA). Es decir que en los 29 años que mediaron entre 1957-86 se produjo un incremento de 187 mil ha/año, una cifra semejante a la de la erosión hídrica para el mismo período. Según estimaciones de 2015 (Casas y Albarracín, 2015), 41.030.191 ha en Argentina tienen procesos erosivos hídricos de diferente magnitud, evidenciándose una tasa de aumento del 91,6% respecto de 1986. Esto significa un incremento de 676 mil ha/año. Estas cifras muestran el mismo fenómeno de incremento de este tipo de degradación de las últimas décadas.

En la Figura 3 puede verse el incremento ocurrido en el proceso erosivo y en la Figura 4, la evolución de las diferentes intensidades de estos procesos entre 1957 y 2015.

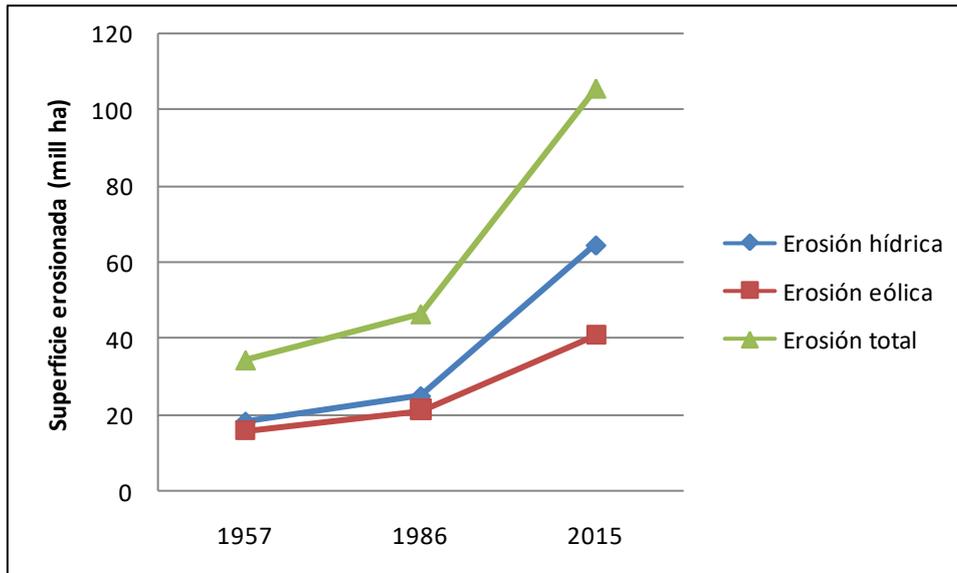


Figura 3. Incremento del proceso erosivo entre 1956 y 2015 en Argentina

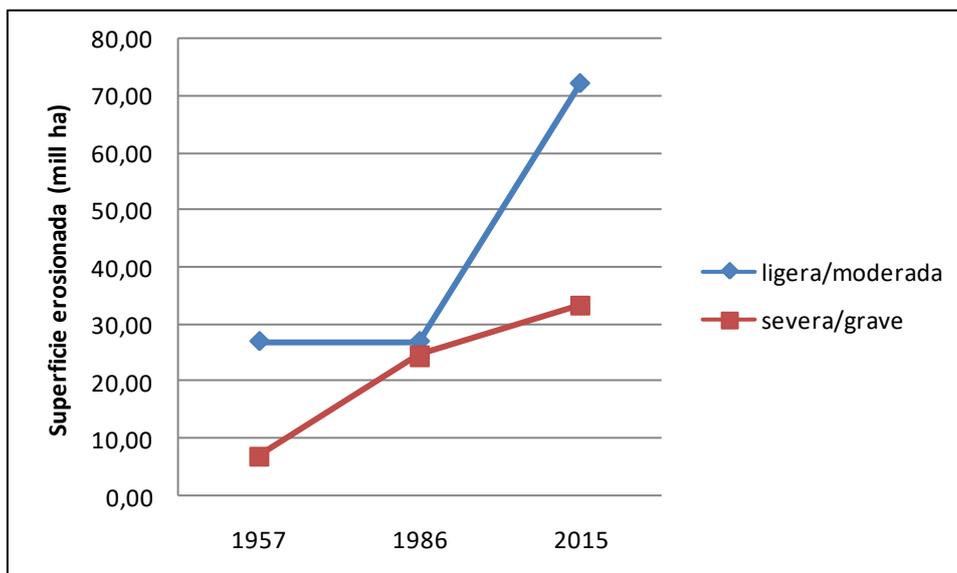


Figura 4. Evolución de los diferentes tipos de erosión entre 1957 y 2015.

La Patagonia constituye la región más afectada por la erosión eólica. Otras provincias como Río Negro, Catamarca, Buenos Aires, Córdoba y La Pampa, también padecen la problemática en gran parte de sus superficies.

En las últimas cuatro décadas las tierras agrícolas del país y especialmente de la Región Pampeana, sufrieron una extraordinaria transformación de su actividad agropecuaria, caracterizada por un gran aumento de la producción en general y de la agrícola en particular (Figura 5), adopción de moderna tecnología, desarrollo de nuevas formas organizativas de la producción y un acelerado proceso de agriculturización, que solamente en la región mencionada había desplazado alrededor de 5.000.000 de hectáreas de uso ganadero hacia la agricultura en 2009 (Cruzate y Casas, 2009). En la Figura 6 puede verse el importante incremento de la superficie sembrada con cultivos tradicionales en las diferentes áreas de la región central del país ocurrido entre 1995/6 y 2010/11, así como el avance de la frontera agrícola.

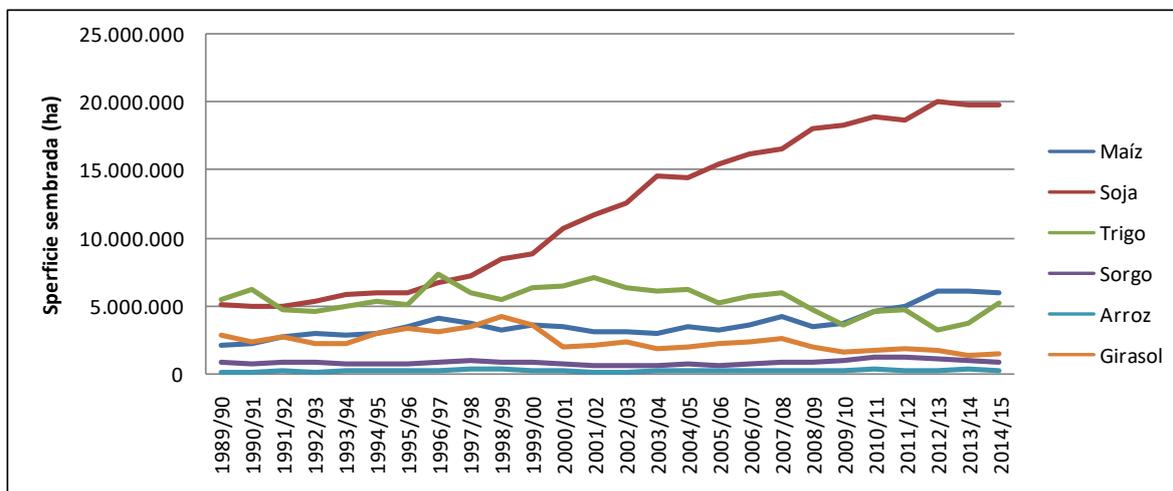


Figura 5. Superficie sembrada (ha) con los principales cultivos en Argentina (SILA, MINAGRI, 2015)

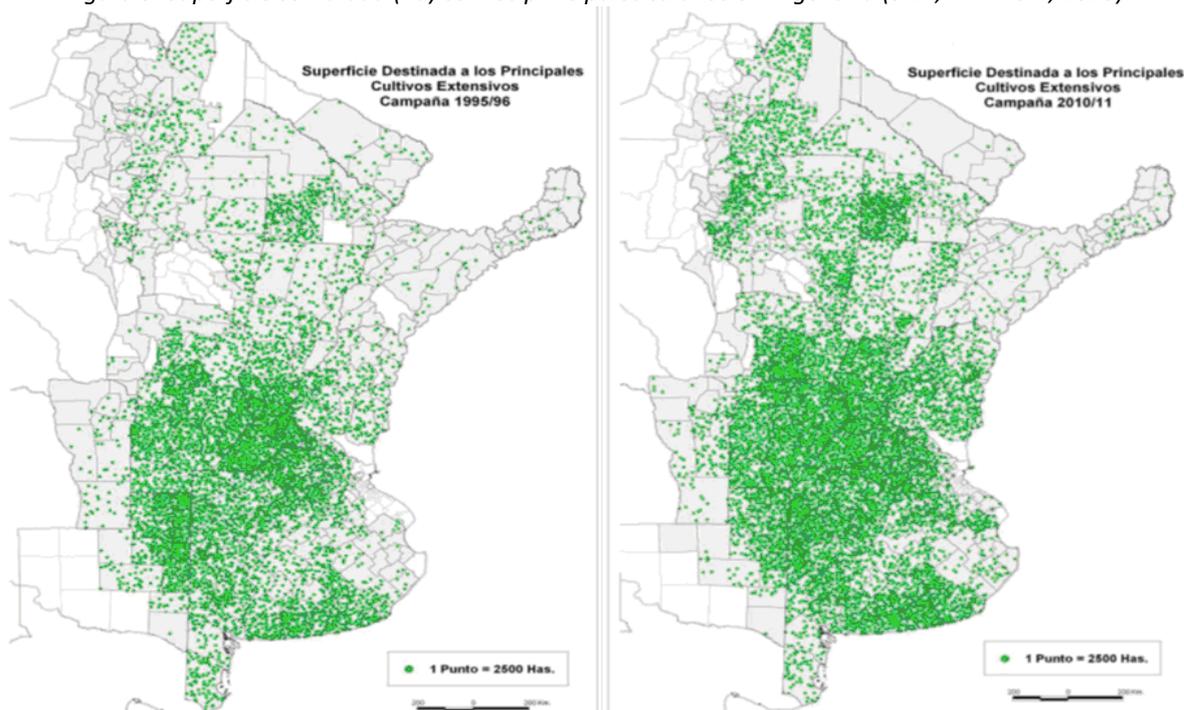


Figura 6. Comparación de la superficie sembrada con los principales cultivos extensivos de las campañas 1995/6 y 2010/11 y su distribución areal (Casas y Albarracín, 2015).

Este proceso de expansión de cultivos agrícolas y sustitución de los sistemas mixtos (agricultura combinada con ganadería) utilizando labranzas convencionales, aceleró el proceso de pérdida de fertilidad y deterioro de los suelos. El aspecto más grave de este proceso, dado su carácter de irreversible, es el de la erosión hídrica (COSCIA, 1988). A partir de la década del 70 la irrupción de la siembra directa fue un paliativo para controlar la erosión, sin embargo, este tipo de labranza acompañada de un incremento progresivo del peso de la maquinaria, generó nuevos problemas de compactaciones que afectan la dinámica del agua y el normal crecimiento del sistema radical.

Conforme a lo dicho, puede decirse que las principales causas del deterioro progresivo del suelo en el área pampeana son las siguientes:

- el empleo de tractores más potentes y equipos de mayor ancho de labor y más pesados que inicialmente permitieron la intensificación de las labranzas convencionales con la correspondiente degradación de la estructura y desarrollo de pisos de maquinaria (Figura 7), posteriormente, la compactación del suelo y el desarrollo de estructuras de porosidad horizontal, que afectan la circulación del agua y el crecimiento de las raíces bajo siembra directa.
- reemplazo de cultivos tradicionales tales como el maíz, por otros de mayor atractivo económico como la soja. Ello trajo como consecuencia una menor incorporación de rastrojos postcosecha y la consecuente pérdida de materia orgánica, la posibilidad de combinar el ciclo del cultivo de soja con el del cultivo de trigo de tal forma de obtener dos cosechas en un año aumentando la tasa de extracción de nutrientes y agua del suelo.
- la difusión de cultivares de alto potencial de rendimiento que aumentó la tasa de extracción de nutrientes en la mayor parte de los cultivos, sin un manejo adecuado de su reposición.
- modificación del régimen de tenencia de la tierra mediante el cual los contratistas, dueños de la maquinaria agrícola, son los que toman las decisiones sobre el manejo del suelo, en lugar del propietario de la tierra. En las últimas décadas los "pools" de siembra conformados por inversionistas constituyen una forma de asociación para utilización de la tierra con resultados a menudo negativos para el mantenimiento de la integridad y calidad de los suelos.

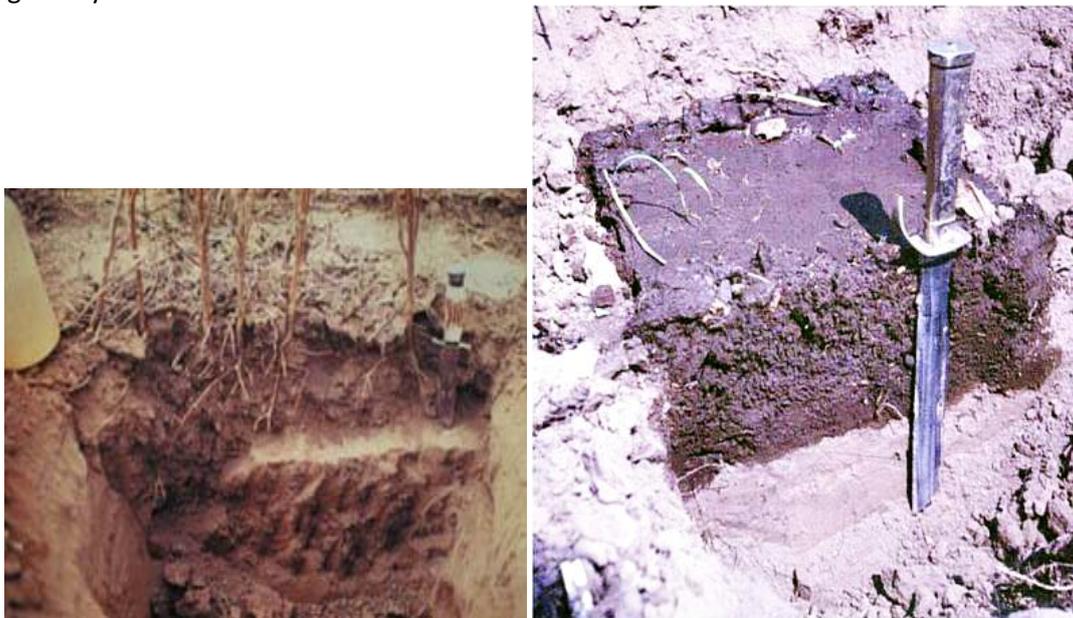


Figura 7. Pisos de maquinaria de labranza convencional. A la derecha puede verse la afectación de la dinámica del agua

En las áreas extrapampeanas esta expansión de la frontera agropecuaria está asociada generalmente al proceso de desmonte y un uso inadecuado de la tierra, no respetando su capacidad productiva ni atendiendo la fragilidad de los sistemas, lo que produjo un serio deterioro de los suelos. En la Figura 8 puede verse la expansión de las fronteras agrícolas en Argentina. Esto se produjo a expensas de una merma importante de la superficie boscosa del país, principalmente en la extensa región chaqueña (Figura 9). En la Figura 10 puede apreciarse que Argentina perdió casi 4 mill ha entre 2001 y 2010, siendo el país de mayor de mayor merma entre los considerados. En la Figura 11 se ilustra la asociación de la deforestación y el área cultivada con soja para el NOA desde fines de la década del 70.

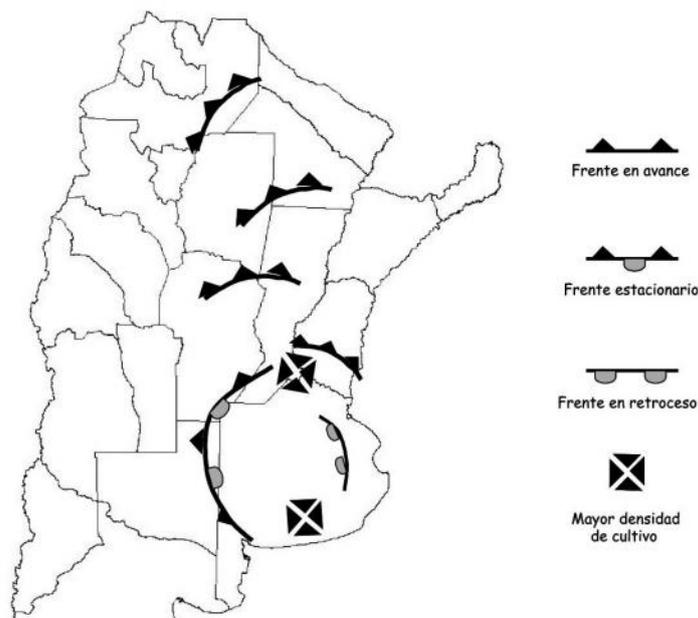


Figura 8. Expansión de la frontera agrícola nacional (Viglizzo y Jobbágy, 2009)

En la región patagónica el sobrepastoreo de ovinos es la causa principal de erosión, debido a que provoca la desaparición de las especies forrajeras nativas que protegen el suelo. Este proceso se torna crítico, especialmente en años secos. Otras causas de erosión y desertificación son la extracción abusiva de los arbustos para leña y los incendios de campos (Figura 12). El Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (PAN, 1999) estima que 60mill ha de 278 mill ha del total del territorio continental argentino tienen distintos grados de desertificación y degradación, sufriendo un incremento de 650.000 ha/año. El PROYECYO LADA (Evaluación de la degradación de tierras en zonas áridas) (SAyDS) (2000) que involucra a Argentina, Chile y Senegal/Cuba, Sudáfrica y Túnez, trabaja en la realización de un Inventario/Red de medición de erosión eólica en 14 sitios (Chaco semiárido, NOA, Región peripampeana semiárida y árida, Patagonia, Buenos Aires), instalando equipos electrónicos para monitoreo continuo, a la vez que en la actualización de los límites del avance agropecuario y ajuste del modelo de descripción de fenómeno (EWEQ) para cada ecoregión y su difusión.

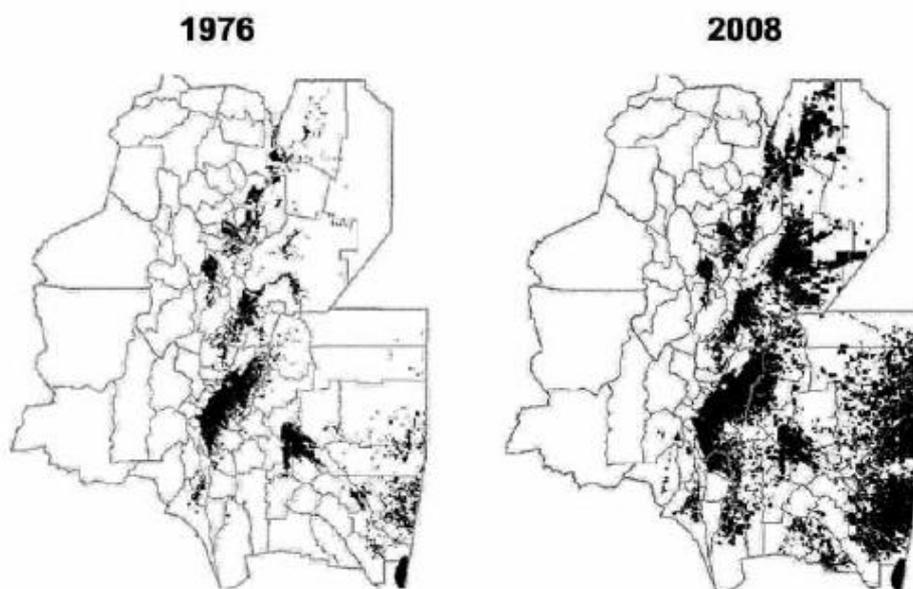


Figura 9. Deforestación en el NO argentino en 1976 y 2008 (abajo) (Volante et al, 2009)

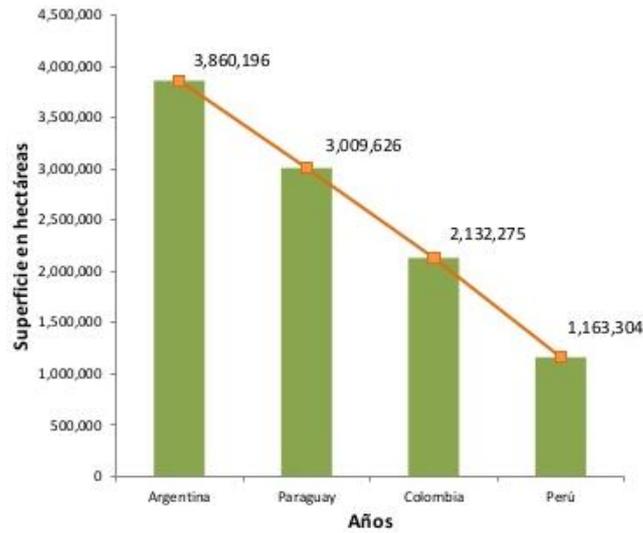


Figura10. Superficie desforestada entre 2001 y 2010 en diferentes países americanos

En gran medida esta expansión agrícola estuvo acompañada por la difusión del cultivo de soja, como lo ilustra la Figura 11.

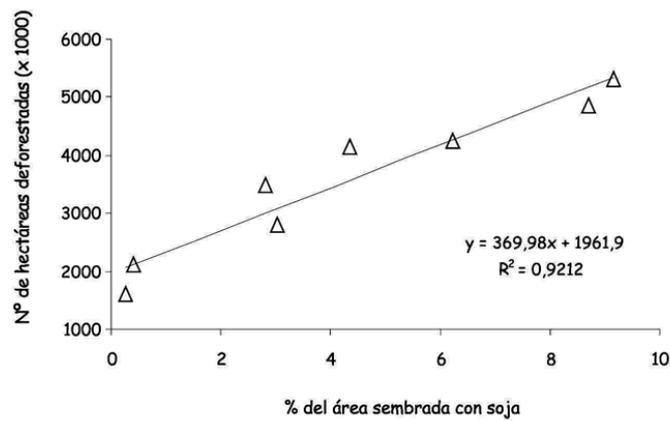


Figura 11. Relación entre la superficie deforestada y el área sembrada con soja en el NOA entre 1977 y 2005 (Volante et al., SAGPyA, 2009)

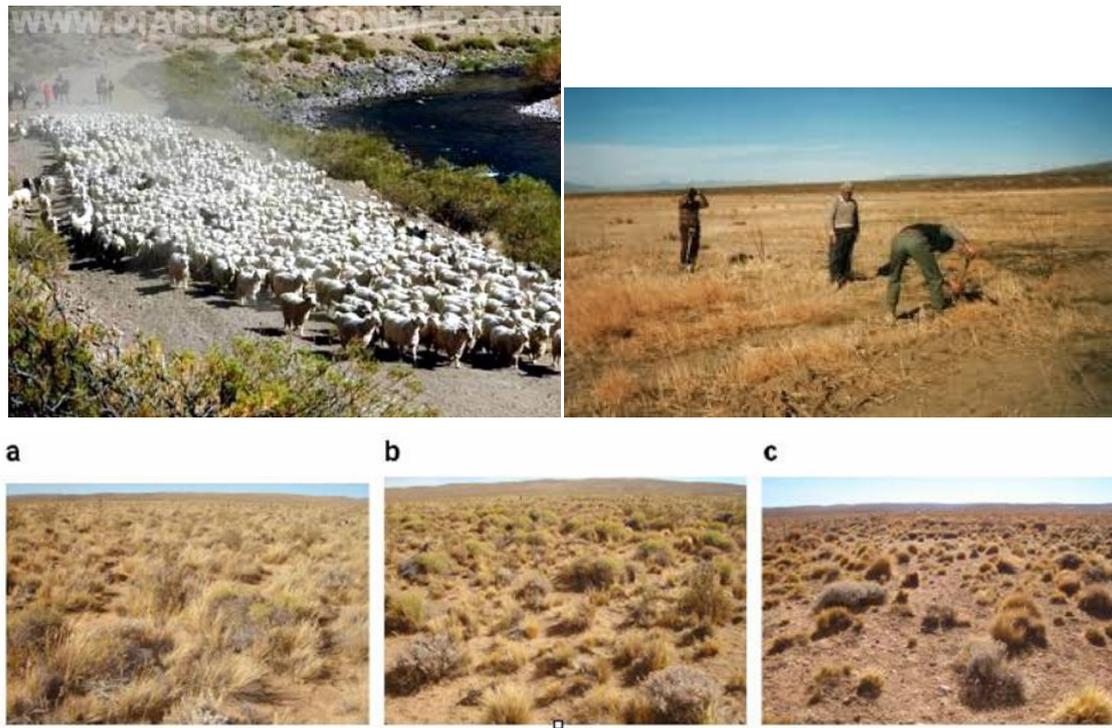


Figura 12. Situaciones patagónicas con sobrepastoreo (arriba). Una misma situación patagónica con 28 años de a) en clausura, b) con pastoreo moderado y c) con pastoreo intenso

Otro problema de degradación que ha cobrado mayor relevancia en los últimos años, es el relacionado con la contaminación de los suelos. El origen de los contaminantes puede devenir del propio ámbito rural o ser externos a él. El vertido de residuos cloacales o industriales son ejemplos de contaminaciones devenidas de ámbitos urbanos o periurbanos (Figura 13).



Figura 13. Contaminación industrial y decapitación para fabricación de ladrillos en el Pdo. de La Plata. Los plaguicidas, fertilizaciones excesivas y hasta la producción ganadera a corral o “feedlot” pueden causar contaminaciones significativas, siendo estos ejemplos de problemáticas originadas en el propio medio rural (Figura 14).



Figura 14. Cría de ganado a corral

En la Figura 15 se ilustra el contenido de nitratos en el acuífero de la zona rural que rodea a la ciudad de Balcarce en el SE bonaerense, demostrando los niveles de peligrosidad y la variación temporal de la problemática en concordancia con los niveles de fertilización.

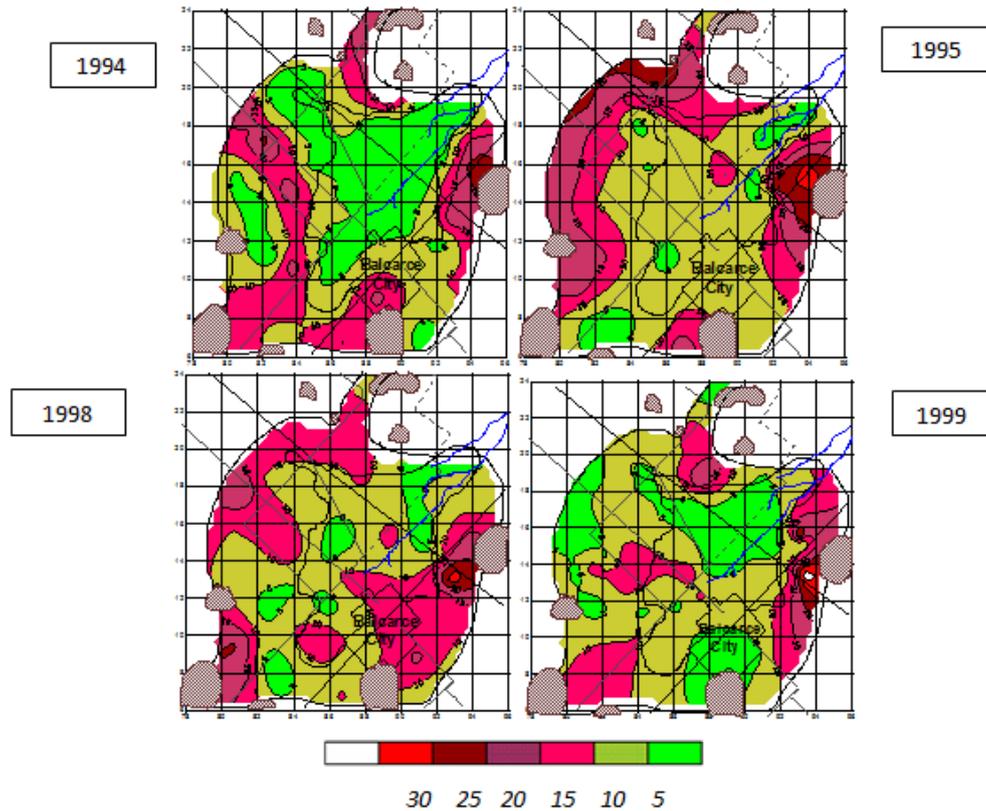


Figura 15. Variación del contenido de nitratos (ppm) en el área rural periférica de la ciudad de Balcarce (SE bonaerense) para 4 años calendario (Costa et al., 2002).

En la Figura 16 se ilustra el riesgo estimado de contaminación por plaguicidas en 3 períodos.

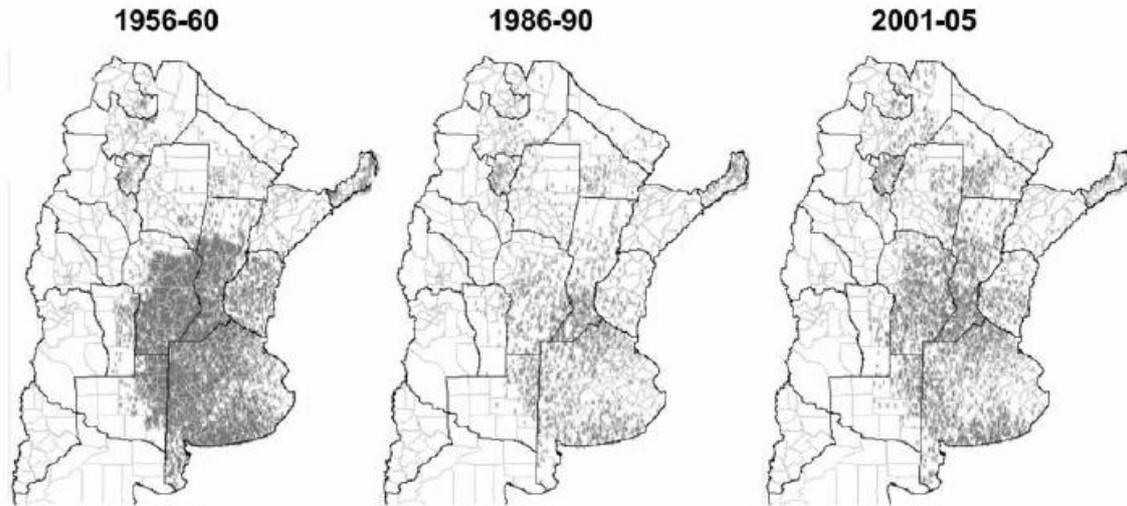


Figura 16. Riesgo de contaminación por plaguicidas (Viglizzo y Jobbágy, 2006)

Puede verse que el período 1956-60 fue el de mayor riesgo debido a la amplia difusión de clorados y fosforados. En el período 1986/90 el peligro disminuyó debido a su reemplazo por piretroides. A pesar de seguir usándose este tipo de productos menos agresivos, en el período 2001-2005, el riesgo aumentó por el incremento del área cultivada y la difusión de la soja, un cultivo altamente demandante de plaguicidas.

Tanto la fertilización como los plaguicidas son importantes fuentes de contaminación surgidas del propio ámbito rural, de las cuales se tuvo escasa conciencia en el pasado reciente.

En la Tabla 1 pueden verse algunos elementos contaminantes asociados a materiales e insumos relacionados con la producción rural.

Tabla 1. Contaminantes potenciales contenidos en algunos insumos de la producción rural

Materiales incorporados al suelo	Contaminantes potenciales
<i>Enmiendas calizas y carbonatos</i>	Sr, Ba, Mn, F, Zn, Pb, Cu, As, Cd
<i>Escorias de desfosforilación</i>	Ni, Cr, Va
<i>Fertilizantes fosforados</i>	Cd
<i>Estiércoles</i>	Zn, Cu
<i>Purín de cerdo</i>	Cu, Zn, Mn
<i>P. fitosanitarios</i>	Cu, Hg, As

Otra problemática presente, particularmente en ámbitos periurbanos, es la decapitación de los suelos con fines de venta de tierra “negra”, la fabricación de ladrillos, y en otros ámbitos, la minería a cielo abierto (Figura 18) o la extracción de tierra para la construcción de caminos. El Pdo. de la Plata está severamente afectado por estas actividades, como puede verse en la Figura 17.

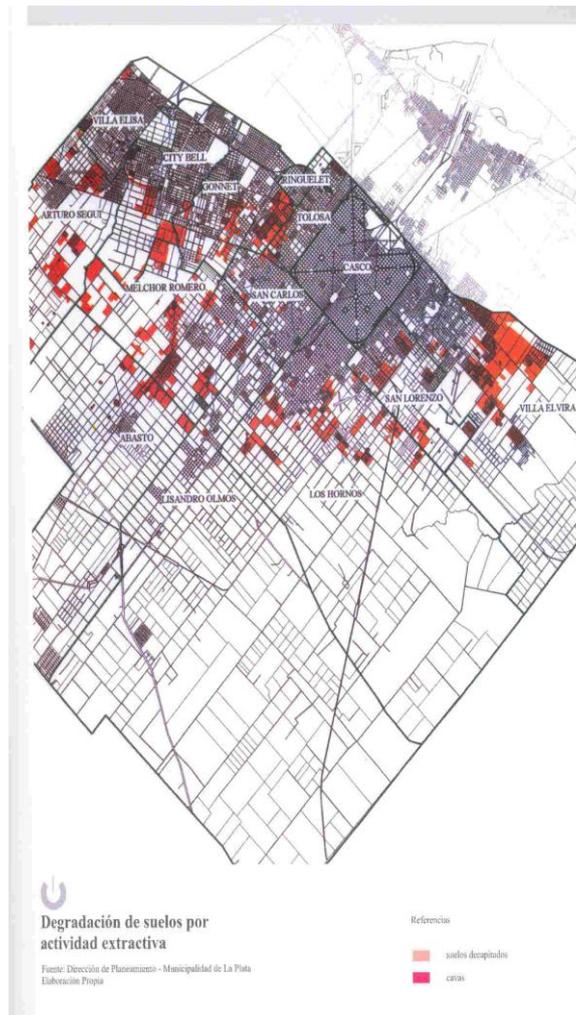


Figura 17. Superficie afectada por la extracción de tierra en el Pdo. de La Plata (CFI, 2006).



Figura 18. Suelos de ámbitos rurales degradados por minería a cielo abierto.

En muchas oportunidades los suelos decapitados poseían una alta capacidad productiva y ubicación estratégica para la producción de alimentos, como por ejemplo en los cordones periurbanos. La falta de normativa o de su cumplimiento, no permitió velar por el recurso. Otro concepto, también de desarrollo relativamente reciente, es el de ordenamiento territorial, justamente para atender los posibles destinos de los suelos de acuerdo a sus características productivas y otras condiciones que hacen a su importancia social.

En la Tabla 2se ilustra cuál era en 1992 la superficie degradada de diferentes países americanos y calcularse, en base a ello la proporción de la superficie total con situaciones de degradación.

Tabla 2. Superficie degradada, tierras no aptas para uso productivo, tierra estable y área total aproximada de diferentes países americanos. Informe GLASOD-SOTER 1992.

Países	Superficie Degradada		Tierras no aptas para uso productivo		Tierra Estable		Area total aprox.
	ha x 10 ⁶	%	ha x 10 ⁶	%	ha x 10 ⁶	%	ha x 10 ⁶
ARGENTINA	53	19	2	< 1	223	80	278
BOLIVIA	13	12	2	2	94	86	109
BRASIL	125	15	0	0	721	85	847
CHILE	7	10	22	30	43	60	72
PARAGUAY	3	8	0	0	37	92	40
TOTAL	201	15	26	2	1118	83	1346

Puede visualizarse que Argentina poseía a esa fecha alrededor del 19% de su superficie total degradada, mientras que en países como Paraguay esa cifra era inferior al 10%.

En la Tabla 3 se transcriben cifras de la superficie afectada por los diferentes procesos degradatorios para los mismos países.

Tabla 3. Superficie de diferentes países americanos afectadas por diferentes procesos de degradación (FAO, 1993)

Países	Erosión Hídrica		Erosión Eólica		Deterioro Químico		Deterioro Físico	
	ha x 10 ⁶	%	ha x 10 ⁶	%	ha x 10 ⁶	%	ha x 10 ⁶	%
ARGENTINA	20	37	25	47	2	3	7	13
BOLIVIA	8	59	3	23	2	18	< 1	< 1
BRASIL	59	47	9	7	57	46	< 1	< 1
CHILE	5	66	2	32	< 1	< 1	< 1	< 1
PARAGUAY	2	49	0	0	2	51	0	0
TOTAL	94	(46)	39	(20)	63	(31)	7	(3)

Los procesos erosivos y la desertificación son arealmente los más difundidos de Argentina y en América (14,3% América Sur, 26% en América Central), siendo la deforestación responsable del 40% de estas superficies.

Al llegar a este punto cabe reflexionar acerca de si la agricultura argentina es sustentable en estas condiciones. Si bien es muy difícil dar una respuesta contundente, es evidente que los principales "indicadores" que pueden considerarse como síntesis de un conjunto de procesos y aspectos ambientales, están marcando la gravedad de la situación actual y una tendencia negativa.

A continuación se desarrollarán algunos procesos con mayor detalle.

DEGRADACIÓN POR EROSIÓN

La erosión es un proceso físico por el cual el suelo mismo o algunas de sus fracciones componentes (arena, limo, arcilla o materia orgánica) son removidas, transportadas por el agua (erosión hídrica) o por el viento (erosión eólica) y por último depositadas en otro lugar.

La importancia de las pérdidas de suelo superficial por erosión es superior a lo que representa el espesor de suelo perdido, porque en esa capa superficial generalmente se dan las mejores condiciones físicas, se concentra la materia orgánica, la mayor parte del nitrógeno, azufre y fósforo del suelo.

La erosión hídrica predomina en las zonas de lluvias abundantes o intensas donde el volumen de agua no puede ser absorbido totalmente por el suelo, y en condiciones de pendiente se produce, por lo tanto, escurrimiento superficial de agua, con alta probabilidad de arrastre de suelo. La erosión eólica en cambio, se produce principalmente en regiones áridas y semiáridas, en las que debido a la escasez de la vegetación, el suelo queda descubierto y por lo tanto expuesto a la acción del viento (Figura 19).

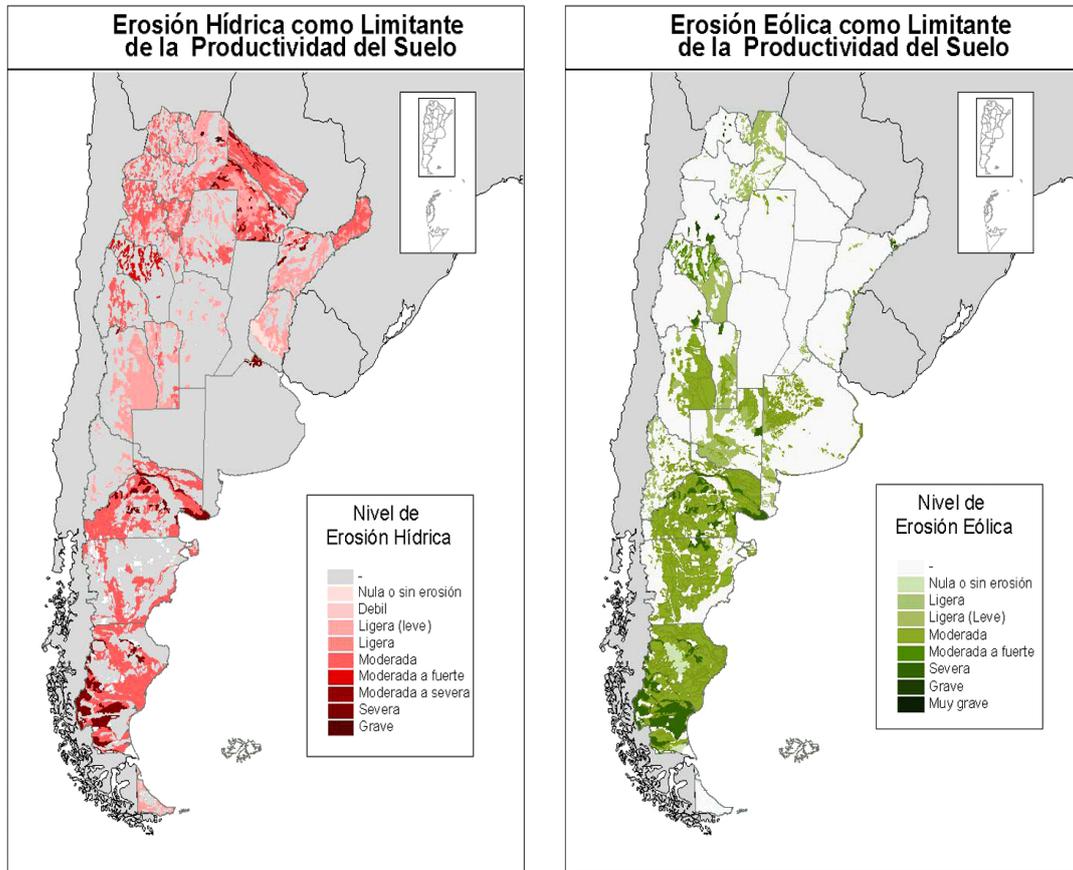


Figura 19. Distribución areal de la erosión hídrica y eólica. 1996/97. Elaborado SIAN (en base a datos de la Dirección de Conservación de Suelos, SAyDS y del Atlas de Suelos, INTA)

En el mapa siguiente se puede ver la superficie erosionada por provincia al 2003 (Figura 20) y en las Figuras 21 y 22 los resultados provinciales a 2015.

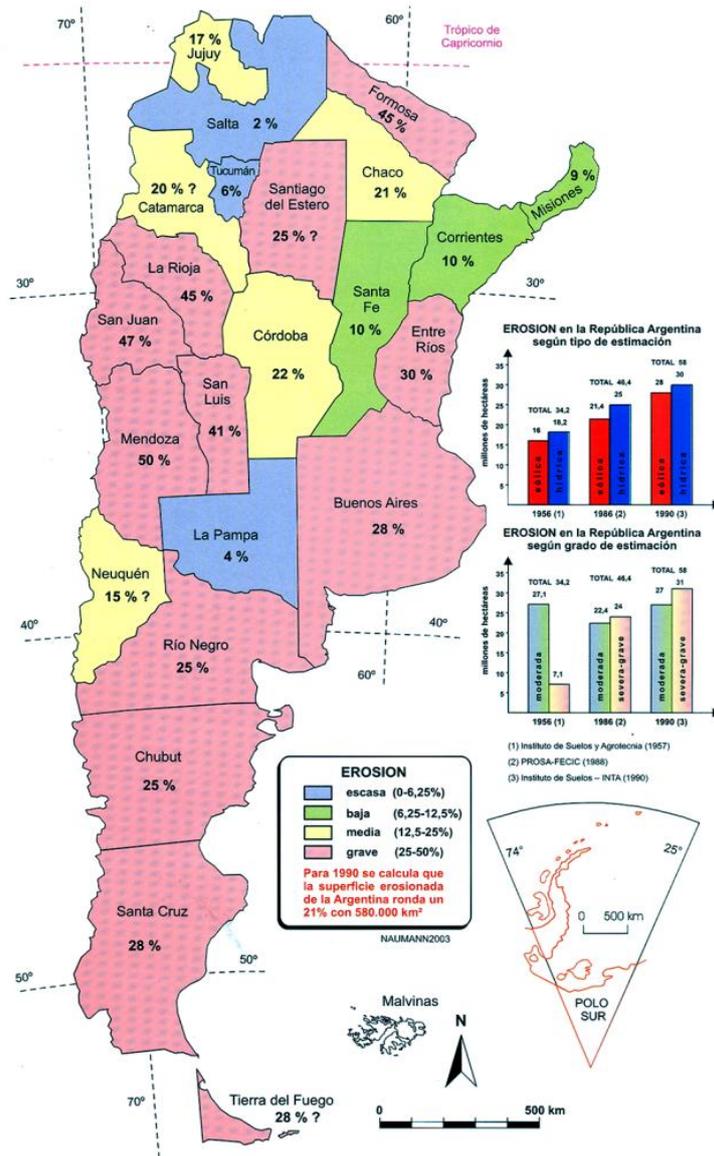


Figura 20. Porcentaje de afectación por erosión de las distintas provincias argentinas. PAN (SAyDS)-INTA-GTZ (2003)

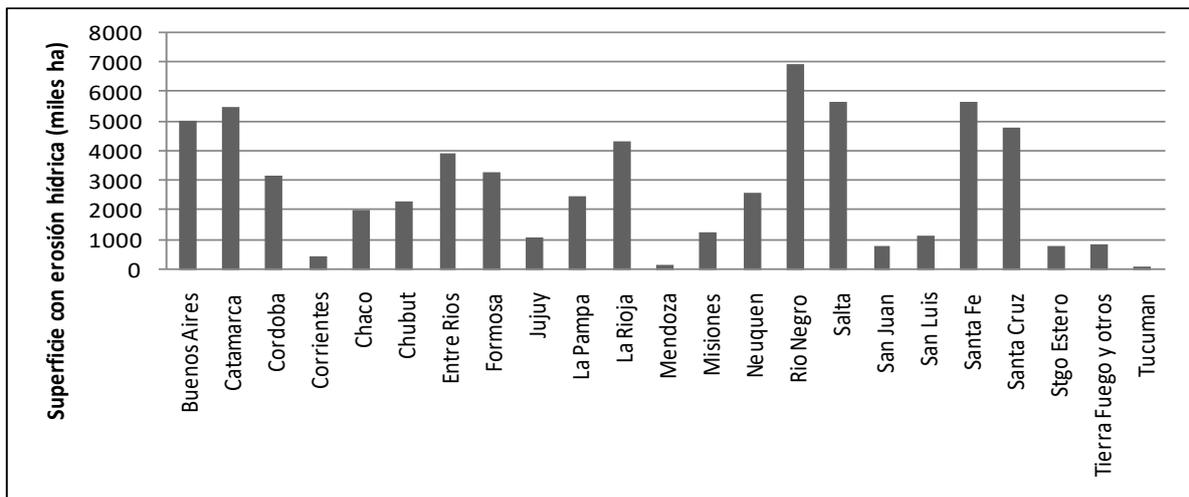


Figura 21. Erosión hídrica para las diferentes provincias (Casas y Albarracín, 2015).

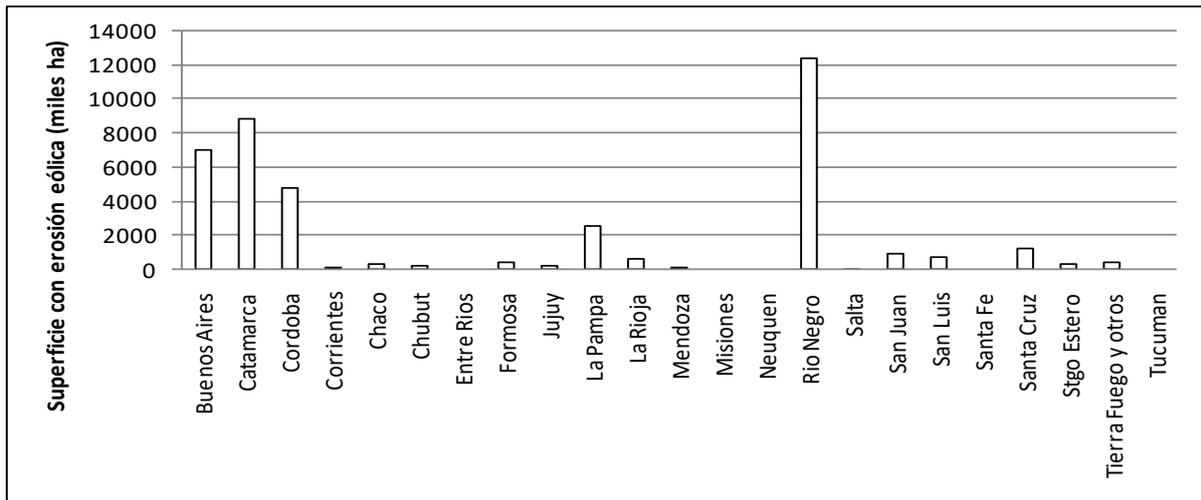


Figura 22. Erosión eólica para las diferentes provincias (Casas y Albarracin, 2015).

Muchas son las causas de los procesos erosivos, pero, sin duda, la más importante es la eliminación por parte del hombre de la cobertura vegetal del suelo. Los suelos quedan así expuestos a las lluvias o a los vientos que finalmente los erosionan. En los suelos sin cobertura vegetal, sin árboles o sin pastos, o en aquellas áreas donde se produce una importante disminución de la cobertura, el peligro de erosión es alto. El desmonte de áreas boscosas sin reponer la cobertura, el sobrepastoreo, el excesivo laboreo del suelo y la quema de restos vegetales son, entre otras prácticas, los principales responsables del proceso erosivo.

En el caso de la **erosión hídrica**, las gotas de lluvia al caer impactan directamente sobre los terrones de suelo o agregados y los rompen en agregados más pequeños hasta separar el limo, la arcilla y la arena. Este material tapona los poros del suelo produciendo "planchado" y entonces, el agua escurre por la superficie desarrollando procesos de arrastre de partículas o erosivos. Paralelamente, el sellado superficial afecta la posterior infiltración y de esta manera se modifica el balance del agua y en consecuencia, el normal crecimiento y producción de los cultivos.

En la medida que la lluvia continúa, el agua comienza a desplazarse por la superficie del suelo buscando las partes más bajas del relieve. En este desplazamiento puede producirse un movimiento mantiforme de arrastre de partículas, conocido como erosión laminar (Figura 23 a). En otras situaciones el agua de escorrentía tiende a concentrarse en determinados sitios y allí, comienza a producir surcos y en situaciones extremas, en general, con aumentos importantes del caudal de escurrimiento, cárcavas (Figura 23 b, c). Este último tipo de erosión hídrica suele causar enormes daños.



Figura 23 a. Erosión laminar



Figura 23 b. Erosión en surcos



Figura 23 c. Erosión en cárcavas



Figura 23 d. Desembocadura de los ríos Paraná y Uruguay en el Río de La Plata con elevado contenido de sedimento de procesos erosivos de la cuenca alta.

Las cárcavas pueden cortar caminos, puentes, vías férreas e inclusive poblados rurales y urbanos. Cuando el suelo que llevó la erosión llega a grandes ríos, en ellos sedimenta formando bancos que impiden la navegación y entonces hay que realizar dragados cada vez más frecuentes y costosos (Figura 23 d). Algo similar ocurre en las represas encargadas de generar energía eléctrica y proveer agua potable a los centros urbanos importantes, donde los sedimentos van colmatando paulatinamente su capacidad, hasta inutilizarlas. Por otra parte, las plantas potabilizadoras de agua deben realizar tratamientos cada vez más costosos para eliminar las partículas de limo, arcilla y materia orgánica que llegan en suspensión.

Debe considerarse que la erosión hídrica es un proceso dinámico que actúa en el tiempo y en el espacio, a un ritmo o tasa determinada. La intensidad de la erosión hídrica en general puede ser muy variable, desde una situación prácticamente imperceptible (erosión ligera) hasta situaciones extremas (erosión grave) donde se forman cárcavas de grandes dimensiones y el suelo no se puede cultivar con criterio económico.

De acuerdo a estudios realizados por el Instituto de Suelos del INTA, importantes áreas de la región pampeana presentan tasas muy altas de erosión, con valores de pérdidas de suelo que superan las 50 toneladas por hectárea y por año. Esto significa que anualmente se pierde una capa de suelo de 4 a 5 milímetros de espesor.

En el caso de la **erosión eólica**, el viento impulsa sobre el suelo desnudo partículas muy pequeñas que al impactar sobre agregados mayores los rompen. Estas partículas vuelven a impactar sobre otros agregados y así sucesivamente. En este proceso las partículas más pequeñas son levantadas por el viento y transportadas en suspensión (limo, arcilla y materia orgánica). Las más pesadas, generalmente arenas, se mueven dando saltos y cada vez que caen impactan sobre los agregados destruyéndolos, multiplicándose así su efecto destructivo. Paralelamente, el material removido y transportado por la erosión eólica cuando se deposita genera innumerables inconvenientes. Las tormentas de polvo contaminan el aire, transportan arenas formando médanos (en el continente) o dunas (en la costa) tapando casas, áreas cultivadas, caminos, vías férreas, entre otras obras (Figura 24).



Figura 24. Erosión eólica en el Pdo de Gral Villegas (BsAs) y Patagonia (arriba).

Imagen aérea del avance de médanos en viñas de Fiambalá, Catamarca (centro).

Avance de médano sobre red vial e imagen satelital de tormentas de polvo en el sur bonaerense (abajo)

En la Figura 25 pueden verse algunas imágenes satelitales de procesos de erosión eólica en provincias patagónicas.

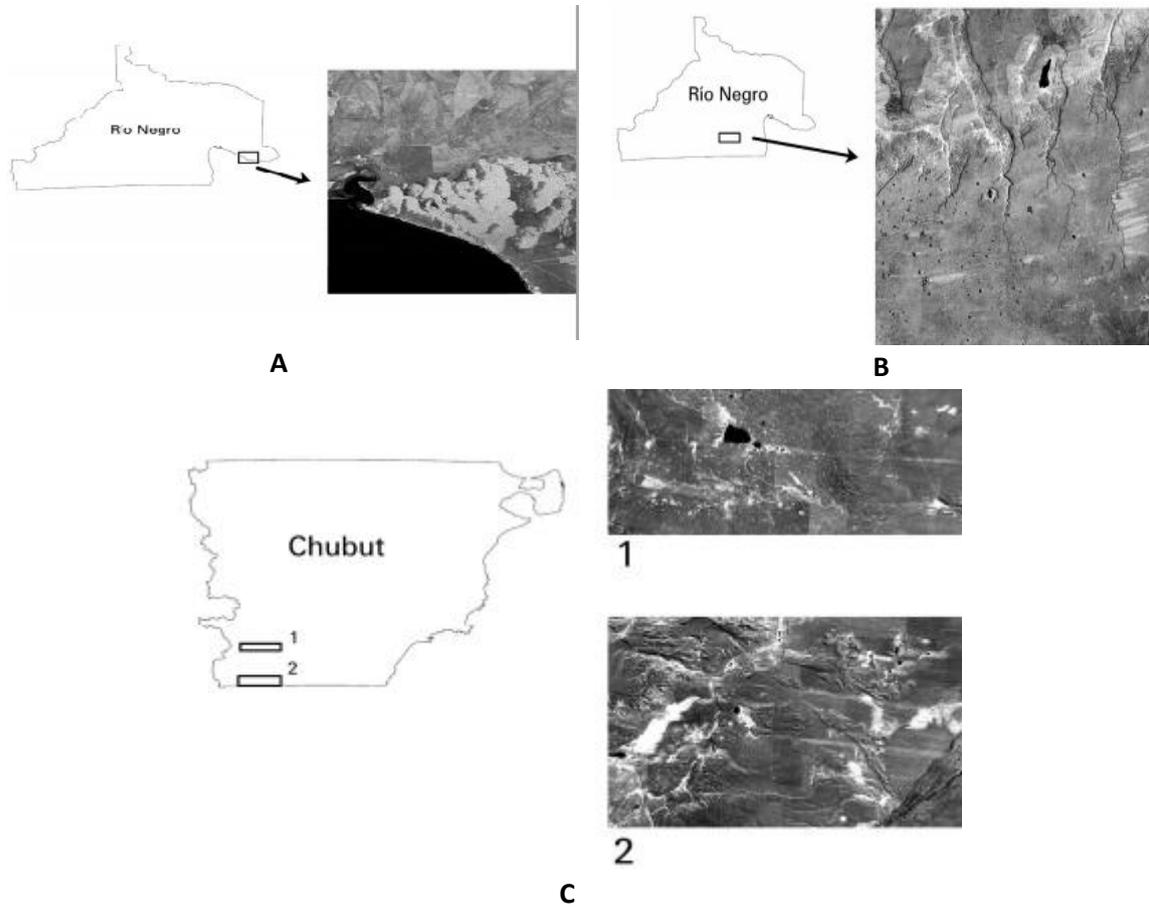


Figura 25. Imágenes satelitales (Landsat) que ilustran procesos erosivos eólicos en provincias patagónicas. a) Médanos en la costa N del Golfo de San Matías, las bandas claras corresponden a lenguas de erosión en b) área N de la meseta de Somuncurá, c) Dto. Río Sengerr. (Rostagno, del Valle y Buschiazzo, 2004)

En la Figura 26 puede verse en mayor detalle, la clasificación del grado de este tipo de erosión para la región central del país.

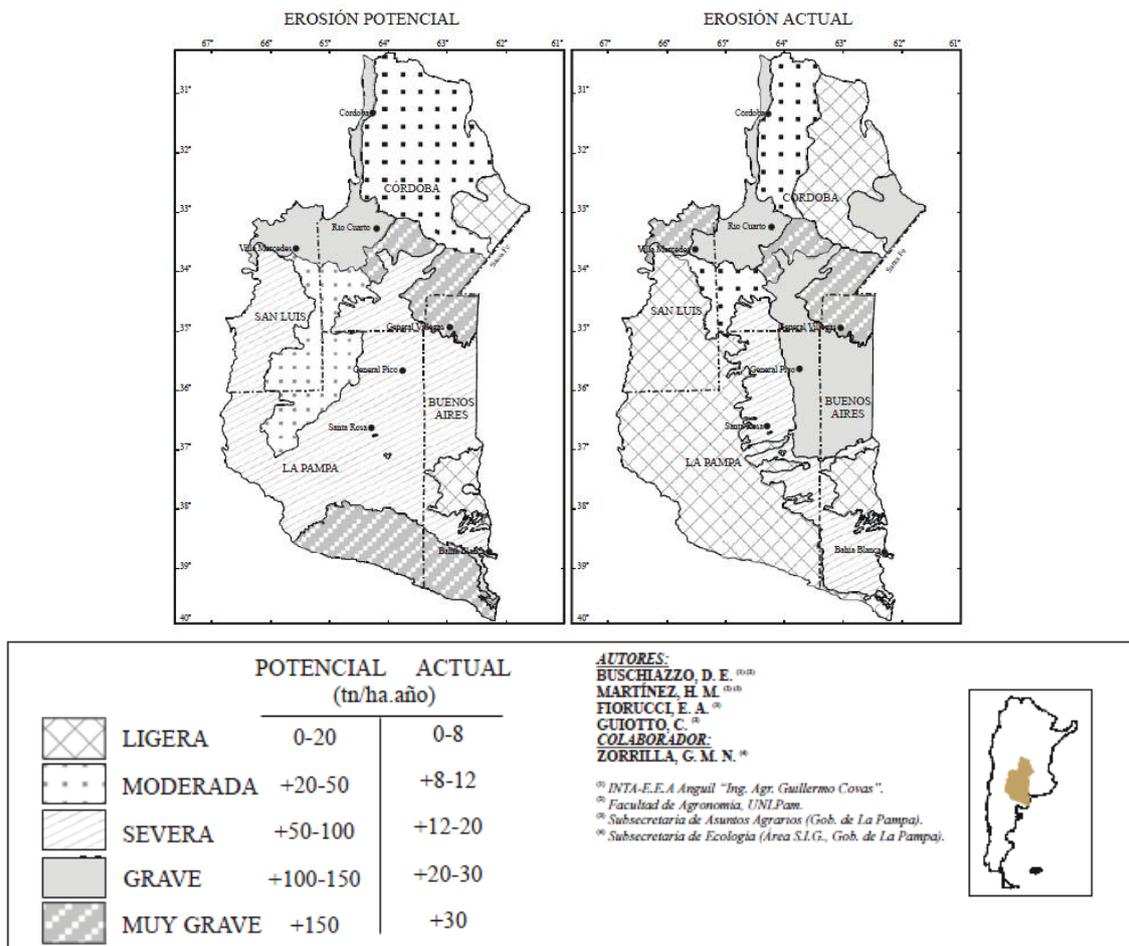


Figura 26. Erosión eólica en la región central argentina, grados de afectación (Buschiazzo et al., 2004)

En la Figura 27 se muestran los principales factores antrópicos causales de los procesos erosivos de los suelos en Argentina y el porcentaje estimado que se le atribuyen a los mismos según diferentes autores

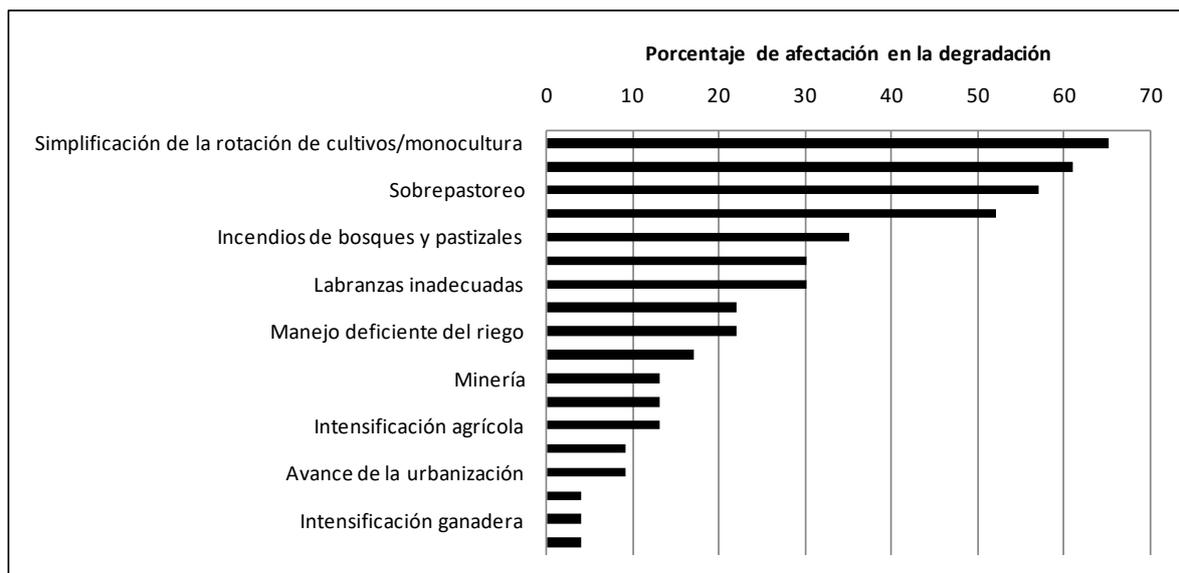


Figura 27. Factores antrópicos responsables de los procesos erosivos en Argentina (Casas y Albarracín, 2015)

DEGRADACIÓN FÍSICA

El deterioro de la estructura natural del suelo como resultado de un uso agrícola o ganadero intensivo, que no atiende la aptitud del suelo para establecer la rotación de cultivos, nivel de materia orgánica, manejo de los rastrojos de cosecha, prácticas de cultivos, condiciones de pisoteo del ganado, entre otros factores, es un proceso de suma importancia en el país. Este deterioro físico se manifiesta por el "planchado" de los suelos o encostramiento, la reducción de la infiltración del agua de lluvia con la consiguiente escasez para los cultivos, el aumento del riesgo de erosión hídrica, el desarrollo de capas impedantes superficiales o subsuperficiales, o de estructuras que dificultan la normal circulación del agua y los gases.

En el país este proceso degradatorio afecta principalmente a zonas de agricultura intensiva o de rotaciones con fases agrícolas prolongadas. Como ejemplo de este tipo de degradación pueden citarse amplias áreas de la Pampa Ondulada (norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba), y la región Chaqueña y Pampeana semiárida, con suelos limosos y arenosos, respectivamente.

En la Pampa Ondulada se desarrolló durante las últimas décadas un proceso que derivó en el predominio de la agricultura continua, basada fundamentalmente en la soja y el doble cultivo trigo-soja. Esto produce un acelerado deterioro de las condiciones físicas de los suelos en las áreas relativamente planas como por ejemplo en el sur de la provincia de Santa Fe (Villa Cañas, Venado Tuerto, Firmat, Bigand, etc.). Paralelamente, la siembra directa como sistema de labranza más difundido en el país, introducido para el control de la erosión, pero adoptado masivamente por simplicidad de operaciones y ahorro de combustible, ha causado graves problemáticas de densificaciones superficiales o subsuperficiales (Figura 28).



Figura 28. Densificaciones causadas por la siembra directa (izquierda) y alteración de la infiltración del colorante azul-brillante (derecha) a causa de estructura laminar subsuperficial causada por la labranza (Sasal, 2012).

En las áreas más onduladas del norte de la provincia de Buenos Aires (Arrecifes, Pergamino, etc.) y del sur de Santa Fe (Casilda, Cañada de Gómez) debe agregarse al proceso ya mencionado, la erosión hídrica de los suelos.

Por otro lado, el pastoreo intensivo, particularmente con suelo con alto contenido de agua, también puede provocar densificaciones superficiales. En la Tabla 4 se comparan las masas, áreas totales de apoyo y presión estática del ganado ovino y bovino, respecto de maquinaria.

Tabla 4. Comparación de las masas, áreas totales de apoyo y presión estática del ganado ovino y bovino, respecto de maquinaria.

	Masa (kg)	Area total sup.de apoyo (cm²)	Presión estática (kpa)
<i>Ovino</i>	40-54	55-84	48-83
<i>Vacuno</i>	306-612	264-460	98-192
<i>Tractor</i>	-	-	18-31
<i>Carro de cereal</i>	-	-	93-104

Puede verse que el ganado vacuno ejerce una presión estática comparable a la de un carro cerealero, lo que justifica que vías de circulación de la hacienda, particularmente con suelo húmedo, son proclives al encostramiento (Figura 29).



Figura29. Zona de encostramiento por pisoteo animal

DEGRADACIÓN QUÍMICA

Dentro de este tipo de degradación se incluye la **pérdida de nutrientes**, especialmente aquellos que no tienen reposición natural, es decir, prácticamente todos, a excepción del nitrógeno. Si bien estos procesos se presentan en mayor o en menor grado en todo el país, mediante las rotaciones con leguminosas y/o las fertilizaciones se pueden controlar adecuadamente. En la Figura30 puede verse que la reposición de nutrientes a través de la fertilización en la Reg. Pampeana ha sido prácticamente inexistente para potasio, cercana al 30-60% para nitrógeno, fósforo y azufre en los últimos años. Debe considerarse que para otros elementos, tales como los denominados micronutrientes, esas cifras son prácticamente despreciables. De manera, que aún en regiones de alta tecnología como la pampeana, el balance de nutrientes ha sido y lo es en la actualidad, de carácter negativo, aun con el importantísimo incremento en el uso de fertilizantes de las últimas 2 décadas.

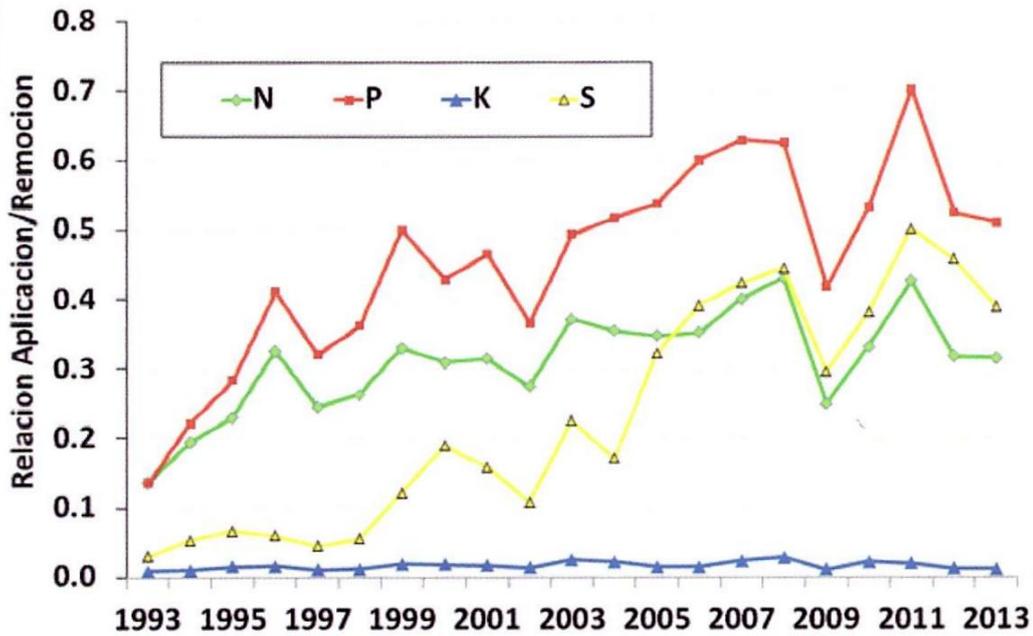


Figura 29. Evolución de la reposición de nutrientes en la Región Pampeana argentina a través de la fertilización (García, 2015)

La intensa extracción de bases en general y calcio en particular, causada por los cultivos, entre otras causas como la fertilización nitrogenada, ha generado la **acidificación** de los suelos que naturalmente no poseían la problemática. Debido a la alta tasa de extracción de bases y calcio, en particular, las leguminosas han sido las principales responsables del proceso. Cabe señalar en este sentido a los alfalfares destinados a la producción ganadera, como por ejemplo del O bonaerense en la zona de invernada, o la zona tambera del centro de la Pcia. de Santa Fe, o a la soja en todo el ámbito central del país. Se estima que en promedio los suelos han perdido entre un 20 y 30 por ciento del contenido original de calcio, con un descenso generalizado del pH. En la Figura 30 puede verse que cerca del 75% de los suelos del N de Buenos Aires y S de Santa Fe analizados en la campaña 2003/04 2004/05 por el laboratorio de la Asociación de la Cooperativas Argentinas (ACA) poseía pH inferior a 5,9.

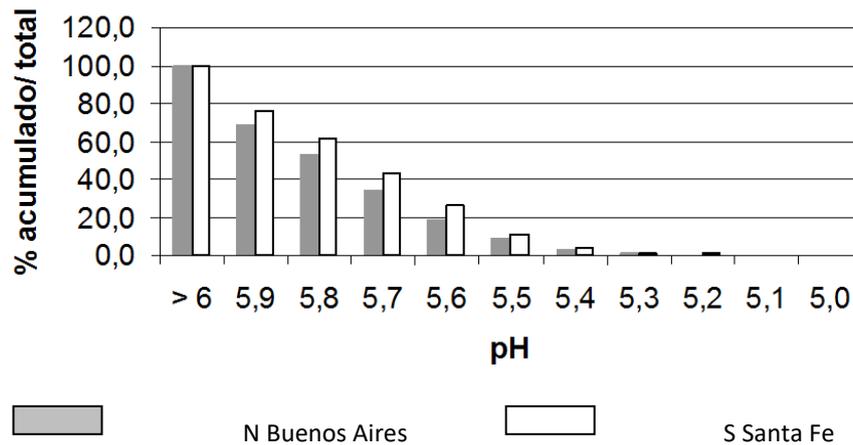


Figura 30. Frecuencia acumulada de diferentes valores de pH para el N de la Pcia. de Buenos Aires y S de Santa Fe (Vázquez y Rotondaro, 2005)

Esta problemática acarrea perjuicios como: disminución de la fertilidad de nutrientes básicos (calcio, magnesio, potasio), afectación de procesos biológicos del nitrógeno y del fósforo, disminución de la disponibilidad de fósforo, disminución de la disponibilidad de micronutrientes (cobre, zinc, molibdeno), reducción de la capacidad intercambio catiónica, desestructuración del suelo y toxicidad de aluminio, hierro e hidrógeno en situaciones extremas.

Otro problema de real importancia y gravedad lo constituye la salinización de suelos cultivables que ocurre, tanto en condiciones de riego como de secano. La **salinización/sodificación** de tierras bajo riego, destinadas a cultivos intensivos de alto valor preocupa, principalmente, debido al acelerado y generalizado avance de la superficie afectada. En el país las zonas de riego totalizan alrededor de 1.500.000 ha y son responsables del 25% de la producción de alimentos, lo que señala su importancia. De esta superficie una tercera parte está salinizada y otra tercera parte con problemas de drenaje y en vías de salinización. Otras regiones argentinas poseen riesgo natural de inundación y en muchos casos estas situaciones van acompañadas de procesos de salinización. En la Figura 31 puede verse el área potencialmente inundable del país. A título de ejemplo, la Depresión del Río Salado en el centro-E de la Prov. de Buenos Aires padece severas condiciones de salinidad/sodicidad en la mayor parte del área, a causa, fundamentalmente, de las condiciones topográficas (llanura con pendiente $< 0,1\%$) que le confieren escurrimiento superficial casi nulo, así como otras características de la cuenca. Sin embargo numerosas acciones antrópicas han aumentado el nivel de la problemática. Entre estas obras cabe señalar canales que desvían cursos de agua desde sierras de Tandil y Balcarce hacia la Bahía de Samborombon, canales de drenaje desde el NO hacia la Cuenca del Salado, derivación de la Laguna La Salada al Río Quinto que ingresa a Buenos Aires en Banderoló, canales que drenan aguas de las Lag. Encadenadas hacia la Cuenca del Salado y canales no planificados construidos por propietarios hacia canales existentes. Algunos de estos trasvases son de carácter salino, aumentando la salinidad general de la cuenca. En este sentido cabe señalar que la cuenca pasó, a causa de estas obras, de una superficie de 9 mill ha a 14 mill de ha. Otras obras, en cambio, afectaron las vías de escurrimiento natural de la cuenca, como los alteos de los canales 9, 11 y 12, o las propias rutas 2 y 29. A título de ejemplo se adjudican a la ruta 29 y el camino entre Rauch y Pila la causa de 52.000 ha anegadas con 65% de recurrencia.

Las consecuencias de la salinización son la disminución de la disponibilidad de agua y la toxicidad desarrollada por algunas sales como cloruro de magnesio o carbonato de sodio. Las consecuencias de la sodificación son la disminución de la porosidad total, particularmente los poros grandes de drenaje, y aumento de los poros finos, obstrucción de la evacuación de excesos hídricos, desarrollo de alta cohesividad lo que constituye una impedancia para el crecimiento de las raíces o emergencia de plántulas, y con frecuencia, desarrollo de encostramientos y problemáticas de toxicidad.

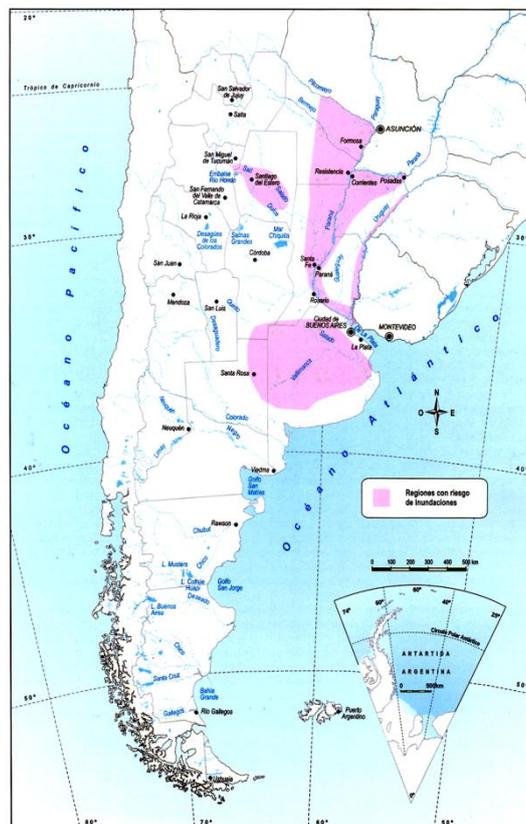


Figura 31. Areas inundables de la Argentina (SIAN, 2003 Fuente: Atlas Argentino. PAN (SAyDS)-INTA-GTZ)

El mantenimiento de la calidad y salud de los suelos, de los recursos naturales y del medio ambiente en general, requiere de una fuerte participación de toda la comunidad. La investigación para la detección de procesos degradatorios estableciendo sus causas, y el desarrollo de prácticas conservacionistas, la extensión para acercarle al productor las herramientas de manejo adecuadas, la educación, no sólo en los sectores rurales sino también en ámbitos urbanos para difundir los problemas y sus consecuencias, como herramientas de concientización, y por último, la legislación que da el marco normativo tanto para la prevención como para la recuperación de las zonas afectadas. Todos ellos, articulados, constituyen pilares de la conservación de los suelos

Una nación que destruye su suelo se destruye a sí misma, por lo que la conservación de los suelos hace a la soberanía nacional.

EVALUACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN A DIFERENTES ESCALAS DE INTERVENCIÓN

Todos los procesos descriptos pueden ser evaluados con diferente nivel de precisión y a diferentes escalas, que van desde el nivel predial hasta niveles de macroregión o país, como se ha visto en varios de los ejemplos desarrollados.

Los métodos de evaluación en algunos casos pueden ser simplemente visuales, como la apreciación de la pérdida de espesor del horizonte superficial por erosión, en comparación con situaciones de referencia no alteradas, de la misma manera que el desarrollo de encostramiento o densificaciones subsuperficiales. El desarrollo de las imágenes satelitales y su interpretación, así como su accesibilidad, han permitido hacer evaluaciones areales a nivel predial y hasta regional, de suma utilidad para establecer instrumentos de gestión dirigidos a la prevención y control de los procesos degradatorios como la erosión y la desertificación. Paralelamente, en la mayor parte de los casos se han desarrollado evaluaciones químicas, físicas o biológicas específicas que permiten caracterizar con mayor detalle el nivel de la problemática. Un ejemplo de ello es la evaluación de la salinidad a través de la determinación en laboratorio de la conductividad eléctrica del suelo, o el de la sodicidad mediante la determinación del porcentaje de Na intercambiable (PSI) o la relación de adsorción de Na (RAS). Muchos de los procesos de degradación pueden ser estimados si se conocen las condiciones de los sistemas en evaluación. Tal es el caso del empleo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo para calcular la erosión hídrica potencial en función de la erosividad del clima, la erodabilidad del suelo, las características del relieve (grado y longitud de la pendiente), el uso que se haga del suelo y las prácticas conservacionistas utilizadas. El desarrollo de la investigación, de la tecnología de medición y el avance informático permiten, en la mayor parte de los casos, desarrollar modelos de alto nivel de eficiencia predictiva.

Conjuntamente con el diagnóstico, el abordaje de las diferentes problemáticas, puede, de igual manera, hacerse a diferentes niveles. Un caso característico de ello es el control de la erosión hídrica, que será tratado en detalle en el capítulo pertinente. Un productor cuyo establecimiento este afectado por este tipo de erosión puede realizar algunas prácticas a nivel predial, tales como cultivos siguiendo curvas de nivel, en franjas, la construcción de terrazas y sus desagües, etc. Sin embargo como la erosión hídrica está estrechamente relacionada con las características de la cuenca y su dinámica, si el manejo es integral en la cuenca, la eficiencia de las prácticas es considerablemente superior. Esto presupone en muchos casos un trabajo coordinado entre diferentes productores, ya que muchas veces las cuencas abarcan más de 1 establecimiento. En otros casos la magnitud de ellas y la escala de las obras, que puede ser hasta regional, hace necesario la intervención del estado en sus diferentes estamentos. Un caso típico de ello es el control de la erosión hídrica en la Pcia. de Córdoba, particularmente la zona sur. La extensión de las cuencas en esta región, y la afectación severa de infraestructura como caminos, vías férreas, alcantarillados, etc., dio origen a la construcción de distintas obras, entre ellas represas, por parte del gobierno provincial.

CUESTIONARIO GUÍA

- 1) ¿Qué entiende por sostenibilidad y cuáles son los principios de los sistemas productivos sustentables?
- 2) ¿Cómo definiría calidad de suelo y qué parámetros de los que ha visto en Edafología le servirían para caracterizarla?
- 3) ¿Qué entiende por proceso de degradación del suelo?
- 4) Clasifique los procesos de degradación
- 5) Ejemplifique cada una de las categorías de la clasificación
- 6) ¿Qué entiende por erosión y cuáles pueden ser los agentes erosivos?
- 7) ¿Qué superficie aproximada del país está afectada por erosión hídrica y cuáles son las áreas de mayor problemática?
- 8) ¿Qué tipos de erosión hídrica conoce?
- 9) ¿Qué superficie aproximada del país está afectada por erosión eólica y cuáles son las áreas de mayor problemática?
- 10) ¿Cuáles son las causas predisponentes para cada tipo de erosión?
- 11) ¿Reconoce algún tipo de erosión en su lugar de origen? De ser así, indique a su juicio cuales han sido los factores desencadenantes
- 12) ¿Qué entiende por desertificación y qué regiones del país padecen la problemática?
- 13) ¿Cuáles cree que han sido las causas desencadenantes?
- 14) ¿Qué opinión tiene acerca de los procesos de agriculturización y avance de la frontera agrícola?
- 15) ¿Cuáles cree que son las problemáticas asociadas a la monocultura y en particular a la sojización?
- 16) ¿Qué problemáticas de degradación conoce relacionadas con la fertilidad física de los suelos? De ejemplos.
- 17) Idem de la fertilidad química.
- 18) ¿Ud cree que el hombre puede provocar procesos de salinización/sodificación? de ser así por favor explique cómo.
- 19) ¿Ud cree que el hombre puede agravar procesos de salinización/sodificación naturales? De ser así por favor explique cómo.
- 20) ¿Cómo cree que son los balances de nutrientes en las diferentes producciones argentinas? Compare caña de azúcar del NOA, horticultura del cordón platense, agricultura extensiva de la Región Pampeana, ganadería ovina patagónica.
- 21) ¿Cuáles cree que son las causas de la acidez de los suelos en el país. Compare NEA y Región Pampeana?
- 22) ¿Qué perjuicios trae aparejada la acidez para la producción agropecuaria?
- 23) ¿Conoce fuentes de contaminación de origen rural, de ser así explique cuáles?
- 24) ¿Qué rol le cabe al estado en relación a la decapitación de suelos?
- 25) ¿Cuáles pueden ser los objetivos de evaluar procesos de degradación a diferentes escalas? De ejemplos.
- 26) ¿Cree que las obras de prevención y control de los procesos de degradación también pueden realizarse a diferentes escalas? De ejemplos.

BIBLIOGRAFIA

- FAO. 1994. Erosión de suelos en América Latina. <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T235150h.htm>
- Casas, R.R. 1994. Cincuenta aniversario de creación del Instituto de Suelos. Discurso conmemorativo. Archivos del Instituto de Suelos. INTA, Castelar.
- Casas, R.R. y C.B. Irurtia. 1995. Lo que la erosión se llevó. Campo y Tecnología. INTA. Año IV, Nº 18, Enero-Febrero: 35-37.
- Casas R.1998. Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la región Pampeana. En: Hacia esa agricultura productiva y sostenible en la pampa. Harvard University; David Rockefeller Center for Latin American Studies; Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Buenos Aires.
- Casas R. 2001. La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo LV; Buenos Aires.
- Casas R. y G Albarracín. 2015. El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. FECIC. Tomo I (604 p.) y II (452 p.), Buenos Aires, Argentina.
- Conti M. 2004. Primer Foro Nacional de Agricultura sustentable. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Dirección de Agricultura; Programa de Producción Agropecuaria Sustentable, pp.1 -9.
- Costa J., Massone H., Martínez D., Suero E., Vidal C., Bedmar F.2002. Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. *Agricultural Water Management* 1744:1–15.
- Coscia, A. 1998. La agriculturización en la región Pampeana. En: Degradación de suelos por intensificación de la agricultura. Informe del Taller organizado por el CONICET. Estación Experimental INTA Rafaela. Publicación miscelánea Nº47.
- Cruzate G. y R. Casas. 2003. Balance de nutrientes. Fertilizar; Año 8, Número Especial sostenibilidad, Diciembre. pp 7 -13.
- FECIC. 1986. El deterioro del ambiente en la Argentina. Buenos Aires.
- INTA. 1991. Juicio a nuestra agricultura.
- Irurtia, C.B. 1993. Influencia de los procesos de degradación de suelos en el rendimiento de los cultivos. Informe anual. Archivo del Instituto de Suelos. Castelar.
- Michelena, R.O., Irurtia, C.B., Vavruska, F.A., Mon, R. y A. Pittaluga. 1989. Degradación de Suelos en el Norte de la Región Pampeana. INTA, Proyecto de Agricultura Conservacionista; Publicación Técnica Nº 6.
- Ministerio Salud y Ambiente de la Nación. Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable. Dirección de Conservación de Suelo y Lucha contra la desertificación. 2004. Manual sobre desertificación. <http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=25>
- PNUMA. 2002. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial - GEO 3, Nairobi, Kenya.
- PNUMA/ORPALC. 2003. Perspectivas del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe – GEO. México DF, México.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Proyecto Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (Global Environment Outlook (GEO)-4 Informe 2007. Santiago de Chile. Chile.
- SAGPyA, Consejo Federal Agropecuario (CFA). 1995. El deterioro de las tierras en la Rep. Argentina. Alerta Amarillo. Ed. CFA. Buenos Aires, Argentina. 284 p.
- SAYDS - INTA – GTZ. 2003. Atlas Argentino. Buenos Aires, Argentina. Alternativas "Experiencia de trabajo conjunto en zonas áridas y semiáridas de Argentina. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación", Buenos Aires, Argentina.
- SAYDS. 2004. Informe sobre la Deforestación en Argentina, Buenos Aires, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina.
- SAYDS. 2007a. Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=311>.
- SAYDS. 2007b. Informes Nacional y Regionales del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=316>
- Satorre, E.H. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura actual. En: La Transformación de la Agricultura Argentina (M. Oesterheld, editor). *Ciencia Hoy*, 15: 24-31.

- Secretaría Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2004. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación. (PAN). <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/DCSyLD/File/acta%202.pdf>.
- Suñer, L., Galantini, J., Rosell, R. 2005. Cambios del fósforo en suelos bajo diferentes rotaciones de cultivos. *Informaciones Agronómicas* (Marzo 2005), p. 5-8.
- UNLP. 2001. Inundaciones en la Región Pampeana. EDULP. La Plata, Argentina. 270 p.
- Viglizzo E. 2001. La trampa de Malthus. Agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI, Eudeba, Buenos Aires.
- Viglizzo E, Pordomingo A, Castro M, L'ertora F. 2002. La sustentabilidad de la agricultura pampeana: ¿Oportunidad o pesadilla?. *Revista Ciencia Hoy*, 12:38-51.
- Viglizzo E., E Jobbágy. 2009. Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su Impacto ecológico ambiental. Ediciones INTA. 192 p. http://ipbes.unepwcmc-004.vm.brightbox.net/system/assessment/3/references/files/16/original/50._Argentina_Expansi%C3%B3n_Frontera_Agropecuaria_2010.pdf?1346944833