

APORTES DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN LA ARGENTINA: UNA MIRADA SOCIAL DESDE LA UNIVERSIDAD

AUTORES

BOMBELLI, ENRIQUE

BURRONE, SANTIAGO

CANDELINO, ELIZABETH

CATTANEO, CARLOS

CHIFARELLI, DIEGO

CORVALÁN, GERMÁN

DI PIERRO, VALERIA

DROVANDI, LUCIANA

DURAND, PATRICIA

FRATESCHI, JULIO

GALLARDO ARAYA, NELA

GELABERT, CECILIA

GELDRES-WEISS, SKANIA

GORE PARRAVICINI, MALENA

ISASMENDI DURAND, MARCOS

MOREIRA, CARLOS

MOYA, MARIANA

MURPHY, PATRICIO

ROSITANO, FLORENCIA

SAVIGNANO, LUCIO

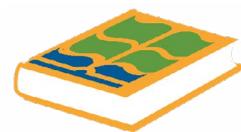
SOUZA CASADINHO, OSVALDO

VUGMAN, LAURA

COMPILADORAS

DURAND, PATRICIA

GELABERT, CECILIA



**EDITORIAL FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

Aportes de los objetivos de desarrollo sostenible para una agricultura sustentable: una mirada social desde la universidad / Enrique Carlos Bombelli [et al.]; compilado por Patricia Beatriz Durand ; Cecilia Gelabert. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2020.
Libro digital, PDF

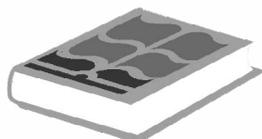
Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-3738-31-9

1. Agricultura Sustentable. I. Bombelli, Enrique Carlos. II. Durand, Patricia Beatriz, comp.
III. Gelabert, Cecilia, comp.

CDD 631.58

FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad de Buenos Aires
EDITORIAL FACULTAD DE AGRONOMÍA
DIRECTORA
Dra. Elba de la Fuente
Primera edición: Noviembre de 2020

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.743
Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción o uso tanto en español o en cualquier otro idioma, en todo o en parte por ningún medio mecánico o electrónico, para uso público o privado, sin la previa autorización por escrito de la editorial y los autores.



Impreso en la Argentina – Printed in Argentine
EDITORIAL FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Avda. San Martín 4453 – (1417) Bs As, Argentina
www.agro.uba.ar/catalog
e-mail: efa@agro.uba.ar

Índice

Índice de contenidos - Página V-VIII

Introducción - Página IX-XVIII

Parte I

Aspectos generales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Capítulo 1

**Antecedente de los Objetivos de Desarrollo Sostenible:
los Objetivos de Desarrollo del Milenio.**

Florencia Rositano, Carlos Javier Moreira y Patricia Durand - Página 2-15

Capítulo 2

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: resultados parciales y desafíos.

Patricio Thomas Murphy - Página 16-37

Capítulo 3

**La evaluación de las acciones destinadas a promover
los Objetivos de Desarrollo Sostenible.**

Patricia Durand y Julio Frateschi - Página 38-56

Parte II

La Universidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Capítulo 4

**La Agenda 2030 en la Universidad de Buenos Aires.
El caso de la Facultad de Agronomía**

Laura Vugman y Julio Frateschi - Página 58-76

Capítulo 5

**Aportes desde la extensión agropecuaria a la formación de técnicos agropecuarios del
Delta Inferior en temáticas que incluyen los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Mariana Moya, Germán Corvalán y Marcos Isasmendi Durand - Página 77-87

Capítulo 6

**Capacitación docente en Derechos Humanos en la
Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires**

Patricia Durand, Enrique Bombelli y Valeria Di Pierro - Página 88-98

Parte III

Producción agropecuaria, consumo de alimentos y paisaje urbano en la Argentina: su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Capítulo 7

Aportes de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para investigar la sustentabilidad de los procesos de desarrollo rural

Carlos Javier Moreira, Santiago Burrone, Malena Gore Parravicini y Lucio Savignano - Página 100-120

Capítulo 8

Desarrollo sustentable de sistemas agrícolas en la Región Pampeana (Argentina): factores ambientales y productivos que determinan la provisión de servicios de los ecosistemas

Florencia Rositano - Página 121-140

Capítulo 9

Sistemas silvopastoriles en la provincia de Misiones: su potencial contribución al Desarrollo Sostenible

Diego Chifarelli y Cecilia Gelabert - Página 141-160

Capítulo 10

Análisis de los principales problemas ambientales derivados de las actividades agrarias y la contribución de la agroecología hacia el logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible

Javier Souza Casadinho - Página 161-180

Capítulo 11

El derecho al ambiente sano: algunos elementos para el análisis en perspectiva del arbolado en la ciudad de Buenos Aires

Nela Gallardo Araya y Luciana Drovandi - Página 181-193

Capítulo 12

Derecho a la información y consumo saludable: algunos elementos para el análisis de una relación compleja

Carlos Cattaneo, Skania Geldres Weiss y Elizabeth Candelino - Página 194-209

Reflexiones finales - Página 210-219

Nota sobre los autores - Página 220-223

Índice de Contenidos

Introducción	IX
---------------------------	----

Parte I

Aspectos generales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Capítulo 1 - Antecedente de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: los Objetivos de Desarrollo del Milenio

Florencia Rositano - Carlos Javier Moreira - Patricia Durand

1. Introducción.....	2
2. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio	2
2.1. Objetivo 1: Erradicar la pobreza extrema y el hambre	3
2.2. Objetivo 2: Lograr la enseñanza primaria universal.....	4
2.3. Objetivo 3: Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer	4
2.4. Objetivo 4: Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años	5
2.5. Objetivo 5: Mejorar la salud materna	6
2.6. Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.....	6
2.7. Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.....	7
2.8. Objetivo 8: Fomentar una alianza mundial para el desarrollo.....	8
2.9. Promover el trabajo decente, un ODM planteado por Argentina	8
3. Índice de Desarrollo Humano.....	9
4. Metas logradas, avances y cuentas pendientes en torno a los Objetivos del Milenio	10
5. La sostenibilidad del medio ambiente y el fomento de una alianza mundial para el desarrollo.....	12
6. Relación entre Objetivos de Desarrollo del Milenio y Derechos Humanos	13
7. Conclusiones.....	14
8. Bibliografía	15

Capítulo 2 - Los objetivos de Desarrollo Sostenible: resultados parciales y desafíos

Patricio Thomas Murphy

1. Introducción.....	16
2. ODS, metas e indicadores	17
ODS 1: Fin de la pobreza	18
ODS 2: Hambre Cero	18
ODS 6: Agua limpia y saneamiento	19
ODS 12: Producción y consumo responsable	19
ODS 13: Acción por el clima.....	20
ODS 14: Vida submarina	20
ODS 15: Vida de Ecosistemas terrestres	21
3. La Agenda 2030. Estructura institucional en la Argentina.....	21
Adaptación de la Agenda 2030 en el ámbito gubernamental	22
Poder Ejecutivo	22
Poder Legislativo	23
Poder Judicial	23
El rol de los sectores no gubernamentales	23
La Comisión tiene cinco propósitos	24
Articulación entre los gobiernos nacionales, provinciales y municipales	24
4. Resultados parciales en la Argentina.....	26
5. Resultados parciales en el mundo	31
Puntos fuertes	31
Puntos débiles.....	32
6. Desafíos para el cumplimiento de la Agenda 2030	35
7. Bibliografía	36

Capítulo 3 - La evaluación de las acciones destinadas a promover los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Patricia Durand - Julio Frateschi

1. Introducción: ¿qué son los ODS?	38
2. La evaluación de las acciones estatales: ¿por qué y para qué evaluar?	41
3. Aspectos claves de la evaluación de ODS	43
4. Cuestiones metodológicas: ¿cómo evaluar?	46
5. Competencias para la evaluación	47
6. El problema de la corrupción	50
7. Conclusiones y desafíos para la evaluación de los ODS	53
8. Bibliografía	54

Parte II

La Universidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Capítulo 4 - La Agenda 2030 en la Universidad de Buenos Aires.

El caso de la Facultad de Agronomía

Laura Vugman - Julio Frateschi

1. Introducción.....	58
2. El sistema universitario agrario en la Argentina	62
3. La Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Los planes de estudio	63
4. Metodología	65
5. Análisis y discusión	67
5.1. Plan de estudios Agronomía 2017.....	67
6. Núcleo temático de ciencias básicas	70
7. Núcleo temático de ciencias básicas agronómicas.....	70
8. Núcleo temático de ciencias agronómicas aplicadas	71
9. Conclusiones	73
10. Bibliografía.....	74

Capítulo 5 - Aportes desde la extensión agropecuaria a la formación de técnicos agropecuarios del Delta Inferior en temáticas que incluyen los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Mariana Moya - Germán Corvalán - Marcos Isasmendi Durand

1. Introducción.....	77
2. Área de intervención	78
3. Desarrollo de prácticas profesionalizantes: articulación entre extensionistas, productores y docentes	79
3.1. Objetivos	79
3.2. Metodología.....	80
3.3. Productos de la intervención	82
3.4. Intereses de los estudiantes en las prácticas.....	85
4. Conclusiones	86
5. Bibliografía	87

Capítulo 6 - Capacitación docente en Derechos Humanos en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires

Patricia Durand - Enrique Bombelli - Valeria Di Pierro

1. Introducción.....	88
2. El contexto inicial y el papel de las plataformas virtuales.....	88
3. La experiencia de capacitación a docentes en derechos humanos	90
3.1. Los primeros pasos	90
3.2. Segunda etapa	91
3.3. Tercera etapa	93
3.4. Cuarta etapa	93
4. Similitudes y diferencias en las modalidades de capacitación	95
5. Conclusiones	97
6. Bibliografía	98

Parte III

Producción agropecuaria, consumo de alimentos y paisaje urbano en la Argentina: su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Capítulo 7 - Aportes de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para investigar la sustentabilidad de los procesos de desarrollo rural

Carlos Javier Moreira - Santiago Burrone - Malena Gore Parravicini - Lucio Savignano

1. Introducción.....	100
2. La producción de soja del MERCOSUR en el marco de los ODS	101
2.1. Los ODS y la producción de soja	101
2.2. Integración del cultivo de soja como parte de un complejo agroindustrial.....	103
2.3. Impactos sociales, económicos y ambientales del CAI de la soja	104
2.4. Crisis de las economías regionales y pampeanización de la agricultura.....	104
2.5. Visiones institucionales sobre los escenarios actuales del cultivo de soja	105
2.6. Balance de la sustentabilidad de la producción de soja	106
3. Las transformaciones territoriales y el conflicto socioambiental de la industria de las curtiembres en Nonogasta, provincia de La Rioja	107
3.1. Los ODS en relación a la industria de las curtiembres.....	107
3.2. La industria del curtido de cueros en Nonogasta, provincia de La Rioja	109
3.3. Las transformaciones socioproductivas del departamento de Chilecito	110
3.4. El análisis del conflicto de Nonogasta en el mundo digital	112
4. Los derechos campesinos y las políticas públicas alimentarias en relación a los medios digitales	113
4.1. Los ODS en relación a los derechos campesinos y alimentarios.....	113
4.2. La ciudadanía digital en relación a los ODS	115
4.3. Los ODS, los DDCC y las políticas alimentarias en entornos digitales	116
5. Conclusiones	118
6. Bibliografía	119

Capítulo 8 - Desarrollo sustentable de sistemas agrícolas en la Región Pampeana (Argentina): factores ambientales y productivos que determinan la provisión de servicios de los ecosistemas

Florencia Rositano

1. Introducción.....	121
1.1. Servicios de los ecosistemas y su relación con la sustentabilidad de los ecosistemas.....	121
1.2. Servicios de los ecosistemas y su relación con los derechos humanos.....	122
1.3. Provisión de servicios de los ecosistemas en agroecosistemas pampeanos	123
1.4. Objetivo del trabajo	124
2. Metodología	125
2.1. Sitio de estudio.....	125
2.2. Descripción de la metodología probabilística de Redes Bayesianas.....	126
2.3. Recopilación de datos	128
2.4. Atributos de campo	128
2.5. Análisis estadístico no paramétrico	129
2.5.1. Análisis de conglomerados.....	129
2.5.2. Árboles de clasificación y regresión.....	129
3. Resultados	130
4. Discusión.....	132
5. Conclusiones	134
6. Bibliografía	135

Capítulo 9 - Sistemas silvopastoriles en la provincia de Misiones: su potencial contribución al Desarrollo Sostenible

Diego Chifarelli - Cecilia Gelabert

1. Introducción.....	141
2. Metodología	143
3. Los Objetivos de Desarrollo Sustentables y los Sistemas Silvopastoriles	144
4. Evolución y actualidad de los sistemas silvopastoriles en la provincia de Misiones	146
4.1. La evolución de los SSP.....	146

4.2. Agencias de investigación y Desarrollo que promocionaron los SSP en la provincia de Misiones	147
4.3. Organizaciones de Productores SSP	151
5. La Asociación de Productores Foresto Ganaderos de Misiones.....	154
6. Reflexiones finales	156
7. Agradecimientos	157
8. Bibliografía	157

Capítulo 10 - Análisis de los principales problemas ambientales derivados de las actividades agrarias y la contribución de la agroecología hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Javier Souza Casadinho

1. Introducción.....	161
2. Análisis del contexto general	163
2.1. La crisis socioambiental	163
2.2. Sobre la utilización y el efecto de los plaguicidas	164
2.3. Sobre el cambio climático	166
2.4. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible	167
2.5. Acerca de la agroecología	170
3. La agroecología y los Objetivos de Desarrollo Sostenible	171
3.1. La agroecología como modo de erradicar la pobreza y el hambre	171
3.2. La agroecología y la sustentabilidad ambiental	174
3.3. Promover el trabajo decente	175
3.4. Promover la equidad de genero	175
3.5. Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años y mejorar la salud materna ..	176
3.6. Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible	177
3.7. Acción por el clima	177
4. Consideraciones finales.....	178
5. Bibliografía	179

Capítulo 11 - El derecho al ambiente sano: algunos elementos para el análisis en perspectiva del arbolado en la ciudad de Buenos Aires

Nela Lena Gallardo Araya - Luciana Drovandi

1. Introducción.....	181
2. Hacia una periodización del arbolado en la ciudad	182
3. Los antecedentes del arbolado urbano (1492-1810)	183
4. Los primeros registros del arbolado urbano (1810-1880).....	184
5. El impulso de la arboricultura urbana (1880-1930)	185
6. La consolidación arbórea (1930-1970)	187
7. La descentralización, la tercerización y el relevamiento de las especies (1970 hasta hoy).....	188
8. A modo de conclusión: los objetivos de desarrollo en clave arbórea	189
9. Bibliografía	192

Capítulo 12 - Derecho a la información y consumo saludable: algunos elementos para el análisis de una relación compleja

Carlos A. Cattaneo - Skania Geldres Weiss - Elizabeth Candelino

1. Introducción.....	194
2. Derecho a la Alimentación y Derecho a la Información en Materia Alimentaria	195
3. La heterogeneización del consumo alimentario y el consumo saludable	198
4. Derecho a la Información y consumo saludable	201
5. Derecho a la información y alimentos saludables en distintos contextos: la Unión Europea, Chile y el caso argentino	204
6. Conclusiones	207
7. Bibliografía	207

Reflexiones finales	210
----------------------------------	-----

Nota sobre los Autores	220
-------------------------------------	-----

Desarrollo sustentable de sistemas agrícolas en Región Pampeana (Argentina): Factores ambientales y productivos que determinan la provisión de servicios de los ecosistemas

Florencia Rositano

1. Introducción

1.1. Servicios de los ecosistemas y su relación con la sustentabilidad de los ecosistemas

En las últimas dos décadas, el estudio de los servicios de los ecosistemas (SE) ha surgido como un nuevo área de investigación debido principalmente a su gran importancia para la supervivencia de la vida en la Tierra. Desde un punto de vista antrópico, y en términos generales, se considera a los SE como los beneficios que la naturaleza le brinda a la humanidad (MEA, 2005). El concepto de SE surge, por un lado, del movimiento ambientalista de Estados Unidos en la década de 1960 (a partir de la publicación del libro "Primavera silenciosa", de Rachel Carson) y, por el otro, de la creciente conceptualización de la naturaleza como conjunto de sistemas integrados (Balvanera *et al.*, 2011).

En 1997, a partir de una publicación oficial de la Sociedad Norteamericana de Ecología conocida como "Servicios de los ecosistemas: beneficios que la sociedad recibe de los ecosistemas naturales", el estudio de los SE se incrementó de manera exponencial, demostrando su importancia para la comunidad científica. La relevancia científica del concepto de SE fue aceptada abiertamente recién a partir de 2005, cuando se utilizó en un documento conocido como "Evaluación de los Ecosistemas del Milenio" (*Millenium Ecosystem Assessment*). Este documento fue producto del análisis realizado por 1550 investigadores de todo el mundo reunidos en función de su interés por el estudio de los SE. Sus principales objetivos fueron: 1) determinar el estado del arte de la evaluación de los ecosistemas y de los servicios que ellos proveen, y 2) establecer las bases para conservar y utilizar los ecosistemas y los servicios de una manera sustentable (MEA, 2005). Este documento ha contribuido sustancialmente al presentar el concepto de SE como una herramienta para lograr el uso sustentable de los recursos naturales.

El estudio afirma que la humanidad depende por completo de los ecosistemas de la Tierra y de los servicios que suministran, como los alimentos, el agua, la gestión de las enfermedades, la regulación del clima, la plenitud espiritual y el disfrute estético (MEA, 2005). Los SE incluyen servicios de provisión, como alimentos, agua, madera y fibra, que son necesarios para satisfacer necesidades materiales básicas como la nutrición, la vivienda y el vestido. Los servicios de regulación, como la purificación del agua y la protección contra la erosión, apoyan la disponibilidad de agua potable y la salud humana. Asimismo, los ecosistemas proporcionan servicios culturales indispensables para aquellas personas cuyos valores espirituales y religiosos están arraigados en la naturaleza.

En la actualidad, el 60% de los SE presentes en el mundo están siendo degradados o bajo una utilización no sustentable (MEA 2005). Si la sustentabilidad de los ecosistemas

se ve alterada, éstos se convertirán en sistemas estresados y, con el paso del tiempo y el aumento del grado de entropía (*i.e.* grado de desorden), altamente degradados. Dependiendo del grado de estrés y de degradación que los ecosistemas alcancen, dejarán progresivamente de proveer servicios (Daily, 2000). Esta insuficiencia generará la reducción de la capacidad inherente a los ecosistemas de sostener no sólo la actividad económica sino también la salud humana (Rapport *et al.*, 1998). En base a esto, se ha sugerido que la inclusión del estudio de los SE puede contribuir al análisis de la sustentabilidad de los ecosistemas.

1.2. Servicios de los ecosistemas y su relación con los derechos humanos

El pleno disfrute de los derechos humanos, incluyendo el derecho a la vida, a la salud, a la alimentación y al agua, depende de los servicios que prestan los ecosistemas. Según el Consejo de Derechos Humanos y otros órganos de derechos, la prestación de esos servicios depende de la salud y de la sustentabilidad de los ecosistemas; es decir, los derechos humanos dependen de un medio ambiente sano y sustentable (ONU, 2017). Si bien estos organismos internacionales no han utilizado la expresión "servicios de los ecosistemas" *per se*, estos servicios son los que determinan un medio ambiente sano.

El desarrollo no puede sobreexplotar los ecosistemas naturales ni destruir los servicios de los que depende la humanidad. Es por ello que el desarrollo debe ser sustentable, y este requiere la existencia de ecosistemas sanos. En el año 2000, en la cumbre de la Organización de las Naciones Unidas se adoptó la Declaración del Milenio, un documento donde los 189 países miembros de las Naciones Unidas acordaron cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) al año 2015 para lograr un mundo más pacífico, próspero y justo (Dossi, 2016). Los ODM fueron ocho propósitos de desarrollo humano, en donde los derechos humanos tuvieron un papel fundamental en su ejecución así como en el impulso de un desarrollo sustentable. Los ODM sirvieron como parámetro de sustitución para determinados derechos económicos y sociales, pero hicieron caso omiso de otros aspectos importantes vinculados a los derechos humanos (ONU, 2017).

En la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, los derechos humanos se encuentran firmemente reflejados. Esta agenda consiste en un plan de acción para favorecer a las personas, el planeta y la prosperidad (Logegaray, 2016). En 2015, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) reemplazaron a los ODM contemplando las esferas económica, social y ambiental. Los ODS guiarán las decisiones de los programas de desarrollo mundial durante los próximos 15 años.

En el ODS número 15 se insta a los países a "proteger, restablecer y promover el uso sustentable de los ecosistemas terrestres, gestionar sustentablemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad". Diferentes SE pueden contribuir a este ODS. Asimismo, los SE pueden confluir en uno o más ODS. En este sentido, la primera meta de este objetivo establece que es necesario "velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sustentable de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las montañas y

las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales". A futuro, será importante para los tomadores de decisión la implementación de políticas públicas con el objetivo de conocer cómo se obtienen estos SE y cómo son afectados por las actividades humanas. De esta manera, se podrá gestionar de manera positiva sobre ellos.

En las últimas dos décadas, se han llevado a cabo diversas investigaciones con el fin de identificar la manera en que la humanidad se beneficia de los ecosistemas, así como cuáles son los efectos de las actividades humanas sobre uno o más SE (Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010; Maes *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2015; Renard *et al.*, 2015). Recientemente, Rositano y Ferraro (2014) identificaron, de manera cualitativa, que tanto variables ambientales como variables productivas pueden influir en la provisión de SE en los sistemas de cultivo pampeano. Según Wood y colaboradores (2018), este tipo de conocimiento ayudará a identificar oportunidades para una mejor utilización de los SE y, de esta manera, cumplir con los ODS asociados a ellos.

1.3. Provisión de servicios de los ecosistemas en agroecosistemas pampeanos

Actualmente, existe un creciente interés entre productores agrícolas, políticos y la sociedad en el diseño de agroecosistemas que no sólo proporcionen beneficios tales como un buen rendimiento (Schipanski *et al.*, 2014), sino que también proporcionen información sobre la reducción del impacto ambiental de la producción agrícola (Boody *et al.*, 2005; Bennett y Balvanera, 2007; Gordon *et al.*, 2010). Los SE se han convertido en un concepto clave en la evaluación de los recursos naturales, como una manera de conectar el bienestar humano con la degradación de los ecosistemas (Fisher y Turner, 2008; Burkhard *et al.*, 2010). A pesar de que existe una extensa literatura sobre SE, la cuantificación de su provisión (oferta) se considera un problema básico debido a que su disposición varía considerablemente como resultado del uso de la tierra/cambio de la cobertura de la tierra y las características específicas del sitio bajo estudio (*i.e.* clima, suelo, topografía, manejo agrícola, tiempo) (Daily y Matson, 2008; De Groot *et al.*, 2010).

La agricultura y los SE pueden estar interrelacionados a través de tres aspectos, dos positivos y uno negativo (Dale y Polasky, 2007). En cuanto a los aspectos positivos, los agroecosistemas generan beneficios para la sociedad (e.g. retención del suelo, producción de alimentos), pero también requieren algunos otros beneficios proporcionados por los ecosistemas naturales (e.g. polinización). En cuanto al aspecto negativo, los SE pueden verse afectados por las decisiones agrícolas teniendo en cuenta que pueden reducir la capacidad de los ecosistemas para proporcionar SE (Palm *et al.*, 2014). Desde una perspectiva social, los agricultores obtienen beneficios de una amplia gama de SE, mientras que la sociedad se ve beneficiada o perjudicada por el manejo agrícola (Power, 2010). Es necesario que se lleven adelante más estudios no sólo para profundizar la relación entre los SE y el manejo agrícola (Tilman *et al.*, 2002) sino también para identificar opciones hacia una agricultura sustentable (Dale y Polasky, 2007).

Argentina es uno de los países con mayor producción agrícola del mundo. Durante el período 1988-2002, el área utilizada para la producción de cultivos anuales aumentó a una tasa promedio de 0,27% (Orúe *et al.*, 2007). Más allá de la extensión de la frontera agrícola, otros procesos como la introducción de diferentes prácticas de manejo o

cultivos genéticamente modificados, y el aumento de los insumos utilizados durante la producción de cultivos, han causado cambios en los agroecosistemas (Pengue, 2001; Satorre, 2005). En los agroecosistemas pampeanos, las rotaciones agrícolas, la ganadería y los monocultivos han reemplazado vegetación natural, cultivos perennes y otras rotaciones de cultivo no tradicionales (Paruolo *et al.*, 2006). Algunos estudios sugieren que estos cambios parecen ser de poca importancia, ya que los agroecosistemas pampeanos presentan baja provisión de SE en comparación con otros ecosistemas argentinos de mayor fragilidad (e.g. humedales, estuarios, selvas tropicales y subtropicales) (Carreño y Viglizzo, 2007). Sin embargo, aún es necesaria información específica sobre el efecto del cambio de uso de la tierra en la provisión de SE en esta región. Por lo tanto, se necesitan estudios más específicos con el fin de evaluar si los cambios en el uso de la tierra antes mencionados afectan variables ecológicas.

Los cambios en los agroecosistemas argentinos han llevado al desarrollo de varias herramientas y metodologías para evaluar la provisión de SE bajo diferentes condiciones ecológicas y espaciales (e.g. Barral y Maceira, 2012; Caride *et al.*, 2012; Carreño *et al.*, 2012; Laterra *et al.*, 2015). Algunos patrones y mecanismos utilizados para explicar la provisión de SE pueden extraerse del análisis de los datos recopilados de los registros agrícolas relacionados con la producción a nivel de lote. Una de las principales ventajas de las bases de datos productivas es la documentación de lo que realmente sucede en los agroecosistemas al mismo tiempo que capturan una amplia gama de interacciones entre diferentes variables (Lawes y Lawn, 2005). Estas interacciones también son reconocidas por los experimentos agrícolas pero en una escala menor. Sin embargo, la estructura de este tipo de datos es generalmente inadecuada utilizando técnicas de análisis estadístico estándar debido a problemas relacionados con la transformación de datos, diseños desequilibrados y no linealidad (Ferraro *et al.*, 2009). A la luz de esto, se propone el uso de métodos estadísticos no paramétricos para analizar la provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos. Particularmente, se propone el uso de una técnica de minería de datos llamada "Árboles de Clasificación y Regresión (CART)" (Breiman *et al.*, 1984) para identificar la dependencia de la provisión de SE ante la variación de factores ambientales y de manejo de cultivos.

1.4. Objetivo del trabajo

En 2014, Rositano y Ferraro utilizaron información agrícola para evaluar la provisión de cuatro SE (Balance de C del suelo¹, Balance de N del suelo², Control de emisiones de N₂O, y Control de Contaminación del agua subterránea) en dos escenarios de uso de la tierra (soja vs. maíz) a lo largo de diez campañas agrícolas (2000/2001-2009/2010) en una única zona de Región Pampeana (Argentina). El estudio fue un intento de representar a los agroecosistemas pampeanos en términos de su provisión de SE. En este trabajo, se exploraron los efectos de variables ambientales y productivas en la predicción de la provisión de los cuatro SE previamente evaluados por Rositano y Ferraro (2014) en

1 Balance de C del suelo: diferencia entre la cantidad de carbono que ingresa al suelo como residuos vegetales y la que se genera por respiración microbiana.

2 Balance de N del suelo: diferencia entre la oferta de nitrógeno por el suelo y la demanda por un cultivo.

tres sitios de estudio ubicados en Región Pampeana. Para este análisis, se utilizó información ambiental y productiva a nivel de lote para un período de 10 años.

2. Metodología

2.1. Sitio de estudio

La Región Pampeana se encuentra en una llanura de más de 52 millones de hectáreas en el centro-este de Argentina (Hall *et al.*, 1992) (**Figura 8.1**). La temperatura media anual varía de 10°C a 20°C y la precipitación anual varía de 400 mm a 1600 mm, disminuyendo del noreste al suroeste (Soriano *et al.*, 1991). El tipo de suelo es principalmente molisol³. Los principales cultivos en la región son soja (*Glycine max* (L.) Merr.), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y girasol (*Helianthus annus* L.). Se reconocen varias subregiones en la Pampa, en función de su geomorfología, geología, fisiografía, suelos y vegetación (Soriano *et al.*, 1991). Estas subregiones son: Pampa Ondulada, Pampa Interior, Pampa Semiárida, Pampa Mesopotámica, Pampa Deprimida, y Pampa Arenosa (**Figura 8.1**).

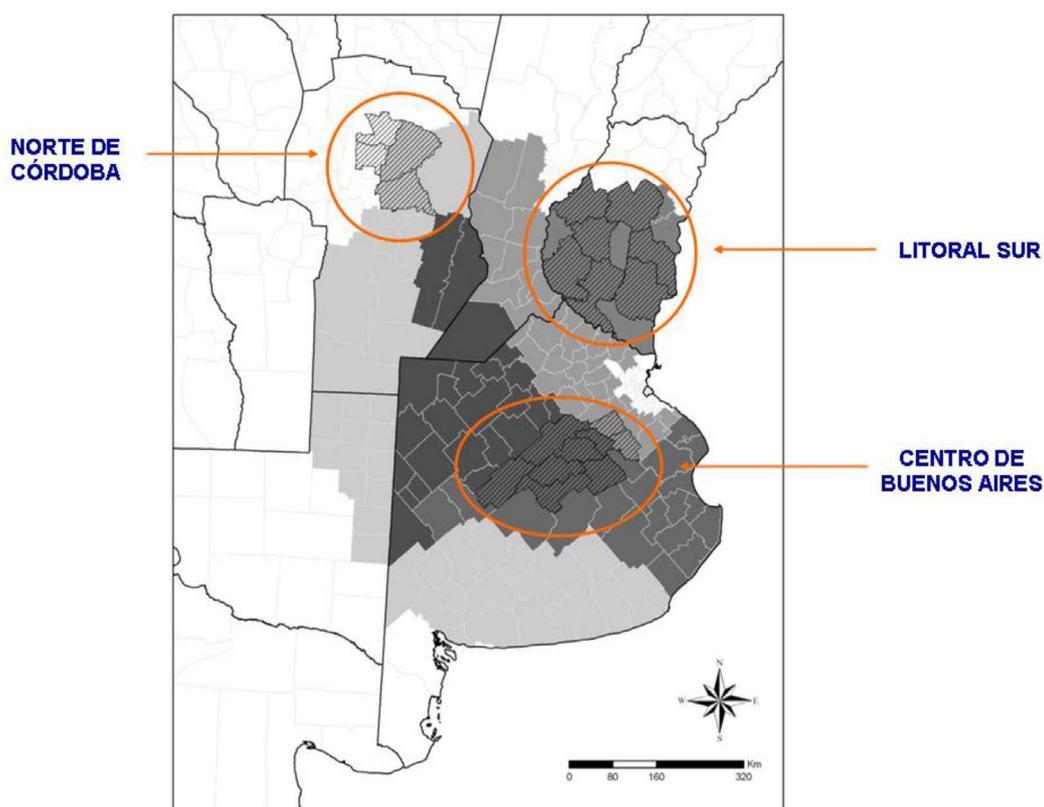


Figura 8.1. Agroecosistemas pampeanos seleccionados para estimar la provisión de cuatro servicios de los ecosistemas. Los distintos tonos de gris corresponden a cada una de las sub-regiones pampeanas (Pampa Ondulada, Pampa Interior, Pampa Semiárida, Pampa Mesopotámica, Pampa Deprimida, y Pampa Arenosa). Los departamentos/partidos delineados y rayados son aquellos de los cuales se obtuvo la información productiva y ambiental con el objetivo de estimar la provisión de cuatro servicios de los ecosistemas.

³ El molisol es un orden de suelos en el sistema de Taxonomía de suelos. Son suelos agrícolas de elevada capacidad productiva.

El análisis realizado en este trabajo fue diseñado para tres agroecosistemas ubicados en subregiones pampeanas contrastantes (ver área rayada en la **Figura 8.1**). El norte de Córdoba (NC) se encuentra en la región de transición entre Pampa Semiárida y la región del Chaco; el Centro de Buenos Aires (CBA) está ubicado en Pampa Inundable y un territorio menor en Pampa Ondulada; el sur de Entre Ríos (o Litoral Sur (LS)) se encuentra en Pampa Mesopotámica. Las propiedades biofísicas que caracterizan y diferencian a estos agroecosistemas se muestran en la **Cuadro 8.1**.

Cuadro 8.1. Propiedades biofísicas de los tres agroecosistemas pampeanos seleccionados con el objetivo de estimar la provisión de cuatro SE. La caracterización aquí presentada representa el promedio o la clase más frecuente de los departamentos/partidos que conforman cada zona agrícola. Referencias: NC = Norte de Córdoba; CBA = Centro de Buenos Aires; LS = Litoral Sur. (Fuente: Cruzate *et al.*, 2008a y 2008b; Panigatti *et al.*, 2008)

Agroecosistema seleccionado	Orden de suelo	Superficie con uso agrícola (%)	Precipitación anual (mm)	Temperatura anual (°C)
NC	Molisol	71,0	850	17,5
CBA	Molisol	23,9	950	14,5
LS	Vertisol	35,5	1050	17,5

Para este estudio, se utilizaron Redes Bayesianas previamente desarrolladas con el objetivo de evaluar la provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos (Argentina) (Rositano y Ferraro, 2014). Una Red Bayesiana es un enfoque estadístico utilizado para representar un conjunto de incertidumbres asociadas dadas las relaciones de independencia condicional establecidas entre ellas (López Puga *et al.*, 2007). Esta metodología utiliza datos cuantitativos, conocimiento experto o ambos, para completar las variables de los modelos. A continuación, se realiza una breve explicación de esta metodología.

2.2. Descripción de la metodología probabilística de Redes Bayesianas

Las Redes Bayesianas (RBs) están basadas en el Teorema de Bayes que, dentro de la teoría probabilística, proporciona la distribución de probabilidad condicional de un evento A dado otro evento B (*i.e.* probabilidad posterior o *a posteriori*), en función de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y de la distribución de probabilidad marginal del evento A (*i.e.* probabilidad previa o *a priori*) (Jensen y Nielsen 2007). A continuación, se presenta la fórmula del Teorema de Bayes:

$$P(A/B) = [P(B/A)P(A)] / P(B) \quad (1)$$

$P(A)$ y $P(B)$ son las probabilidades previas o *a priori*, $P(A/B)$ es la probabilidad posterior o *a posteriori*, y $P(B/A)$ es la probabilidad condicional o *likelihood*.

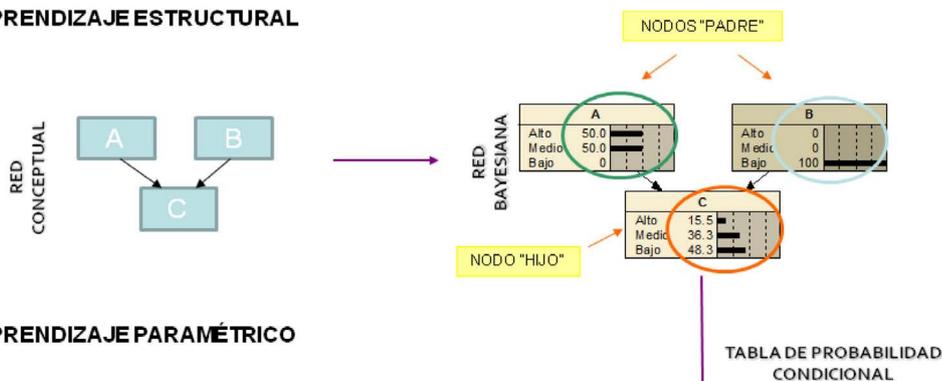
La obtención de una RB es un proceso de aprendizaje que se divide en dos etapas: un aprendizaje estructural y luego un aprendizaje paramétrico (Fernández, 2004; Bressan *et al.*, 2009; Malekmohammadi *et al.*, 2009). El aprendizaje estructural consiste en obtener la estructura de la RB. De manera general, una RB puede ser representada visualmente como un conjunto de nodos (*i.e.* punto de unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar) conectados por flechas unidireccionadas. Los nodos representan las variables y sus posibles estados, mientras que las flechas representan las relaciones causales entre los nodos (Kristensen y Rasmussen, 2002; Dorner *et al.*, 2007;

García *et al.*, 2007; Martín de Santa Olalla *et al.*, 2007; Ticehurst *et al.*, 2007; Bashari *et al.*, 2009). Aquellos nodos que no presentan relaciones entrantes son considerados nodos padre, mientras que aquellos que sí presentan este tipo de relaciones son nodos hijo (McCann *et al.*, 2006). Al mismo tiempo, cada nodo hijo puede ser un nodo padre de uno o varios nodos dependiendo de la configuración estructural de la RB. Cada nodo puede tomar diferentes estados (*i.e.* alto/medio/bajo) con el fin de mejorar la precisión total del modelo. Los estados son *clusters* o grupos delimitados por intervalos o rangos de las variables bajo estudio. El número de estados de cada variable es dependiente de la información que se desee transmitir y de los posibles valores que pueda llegar a tomar esa variable (Dlamini, 2010).

El aprendizaje paramétrico tiene como finalidad obtener las probabilidades condicionales requeridas a partir de una estructura conceptual previamente determinada (Fernández, 2004; Bressan *et al.*, 2009; Malekmohammadi *et al.*, 2009). Cada nodo hijo está caracterizado por una Tabla de Probabilidad Condicional (TPC) que representa las combinaciones de todos los estados de sus nodos padre junto con sus valores probabilísticos, mientras que los nodos padre tienen distribuciones probabilísticas marginales (DPMs) que representan la frecuencia de cada estado de la variable (Marcot *et al.*, 2006; López Puga *et al.*, 2007; Chen y Pollino, 2012). La suma total de las probabilidades de cada fila de cada TPC o DPM debe ser 100%. La representación esquemática de esta metodología probabilística se encuentra en la **Figura 8.2**.

¿CÓMO SE OBTIENE UNA RED BAYESIANA?

1) APRENDIZAJE ESTRUCTURAL



2) APRENDIZAJE PARAMÉTRICO

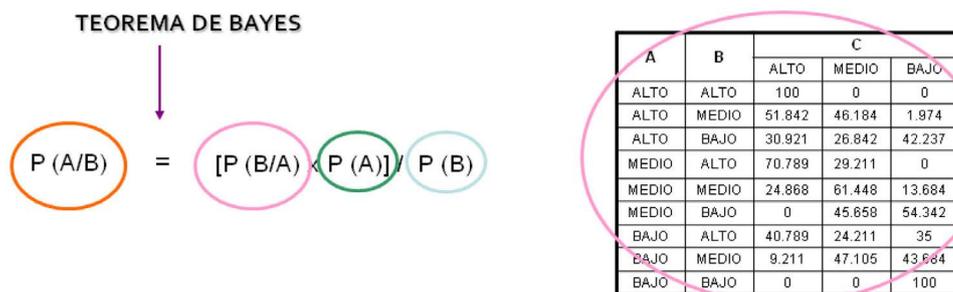


Figura 8.2. Esquematización de la metodología probabilística de Redes Bayesianas a partir de sus dos etapas principales: 1) aprendizaje estructural y 2) aprendizaje paramétrico. Los colores de los círculos que encierran cada uno de los elementos constitutivos de la formulación del Teorema de Bayes se corresponden con aquellos que encierran cada uno de los nodos presentes en la representación gráfica de una Red Bayesiana y en la Tabla de Probabilidad Condicional.

En este trabajo, la estructura analítica para la evaluación de la provisión de SE tuvo cuatro pasos principales: 1) identificación de las variables ambientales y productivas que afectan la provisión de SE en la Región Pampeana; 2) identificación de las relaciones presentes entre estas variables; 3) discretización de los estados de cada variable; 4) "población" de la TPC que determina a cada variable (*i.e.* nodo hijo) (Martín de Santa Olalla *et al.*, 2007). Los primeros dos pasos corresponden al aprendizaje estructural, mientras que los dos últimos corresponden al aprendizaje paramétrico. Los que componen el aprendizaje estructural fueron resueltos en Rositano y Ferraro (2014). En ese trabajo, se obtuvieron las redes conceptuales para los cuatro SE. Los pasos correspondientes al aprendizaje paramétrico se llevaron a cabo mediante revisión bibliográfica y entrevistas a expertos. Para un mayor detalle de estas metodologías y cómo se ejecutaron, remitirse a Rositano (2015). La generación de los modelos cuantitativos y su manipulación se realizaron con Netica Bayesian Network Software (Norsys Software Corp., 2009). Finalmente, es importante aclarar que estos modelos cuantitativos fueron evaluados mediante dos análisis de sensibilidad (Rositano *et al.*, 2017).

Cada RB tuvo una variable de salida con tres estados: Alto, Medio y Bajo. Con el objetivo de obtener ecosistemas sustentables, un solo estado de la variable respuesta fue considerado de interés para el análisis. Este estado fue aquel que representa los valores deseables para obtener agroecosistemas sustentables. En este sentido, las variables respuesta utilizadas fueron las siguientes: 1) para el modelo de Balance de C del suelo, su variable respuesta fue Alto Contenido de C en suelo; 2) para el modelo de Balance de N del suelo, su variable respuesta fue Alto N disponible en suelo; 3) para el modelo de Control de emisiones de N_2O , su variable respuesta fue Baja Desnitrificación; y 4) para el modelo de Control de contaminación del agua subterránea, su variable respuesta fue Baja Concentración de NO_3 en agua subterránea (Rositano y Ferraro, 2014).

2.3. Recopilación de datos

Se obtuvo información ambiental y productiva a nivel de lote para los tres agroecosistemas bajo estudio (**Figura 8.1**). Las prácticas agrícolas comunes fueron proporcionadas por la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA, una asociación de agricultores sin fines de lucro que reúne a más de 2000 agricultores en todo el país). Los datos fueron recolectados de lotes ubicados en cada sitio de estudio. El conjunto de datos contenía información sobre la rotación de cultivos del año 2000 al 2010 para cada agroecosistema pampeano (NC, CBA y LS). El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) proporcionó registros meteorológicos históricos y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) las descripciones/datos de cada tipo de suelo.

2.4. Atributos de campo

Se utilizaron variables categóricas y continuas de manejo de cultivos a nivel de lote para explorar aquellos factores agrícolas que explican la provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos. Las variables categóricas utilizadas fueron: cultivo, cultivo antecesor y región. Se seleccionaron cuatro cultivos antecesores: 1) trigo, 2) maíz, 3) soja, y 4) pastizales. La variable continua utilizada fue la temporada de cultivo o campaña agrícola con el "año" como su unidad (desde el año 2000 hasta el año 2010).

2.5. Análisis estadístico no paramétrico

2.5.1. Análisis de conglomerados

Para identificar grupos contrastantes de provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos, se evaluó la base de datos mediante un análisis de conglomerados llamado *K-means* (Jain y Dubes, 1988). El algoritmo utilizado se basa en la estimación de la suma de cuadrados (Ferraro *et al.*, 2009). Esta metodología agrupa objetos en grupos maximizando la variación entre ellos y minimizándola dentro de cada grupo (Catena *et al.*, 2003). Es decir, los objetos de un mismo grupo comparten el mayor número permitido de características, mientras que los objetos en diferentes grupos tienden a ser diferentes. Como resultado de un análisis de agrupamiento de *K-means*, se examinan los promedios de cada grupo para evaluar qué tan distintos son esos grupos.

La tasa de clasificación errónea (r) (*i.e.* la proporción de errores cometidos durante el procedimiento de clasificación de objetos en grupos) se utiliza para definir el número final de grupos. Esta tasa se calcula como la distancia promedio de los objetos en la base de datos utilizada para probar el centroide de cada grupo al que fueron asignados. Para seleccionar el número óptimo de grupos, se inspecciona el conjunto de resultados para detectar un valor de corte del 5% en la disminución porcentual del error de clasificación al agregar un grupo más, y el menor número de grupos que cumple con la condición anterior (Ferraro *et al.*, 2012). El análisis de conglomerados se realizó con el software Statistica (StatSoft, 2008).

2.5.2. Árboles de clasificación y regresión

La metodología CART (*Classification and Regression Trees*) se utilizó para dividir los grupos obtenidos en la etapa anterior en nuevos subgrupos con la mayor homogeneidad posible, y para asignar variables que puedan definir estos subgrupos a lo largo de las divisiones (*i.e.* ramas) del árbol (Catena *et al.*, 2003; De'ath y Fabricius, 2000). Un árbol de clasificación divide todos los objetos (o nodos) posibles para poder asignarlos a un grupo (Breiman *et al.*, 1984). Los dos subgrupos (nodos) formados se dividen nuevamente si: 1) existe suficiente heterogeneidad para producir una nueva partición de observaciones, y/o 2) el tamaño del nodo es superior al mínimo establecido para continuar el algoritmo (Catena *et al.*, 2003). Idealmente, el proceso de separación de nodos continúa hasta que cada nodo sea puro (*i.e.* contenga un solo grupo de objetos totales) o la pureza de los nodos finales (*i.e.* nodos terminales) alcance un cierto límite. El resultado es un árbol binario que generalmente se poda para obtener su estructura final. En este trabajo, se utilizó una técnica de poda llamada 1-SE (Breiman *et al.*, 1984) en la que el mejor árbol es el más pequeño (*i.e.* menor cantidad de nodos). Su tasa de error estimada se encuentra dentro de un error estándar de la mínima (De'ath y Fabricius, 2000).

Para evaluar el árbol obtenido, Breiman y colaboradores (1984) propusieron un método llamado Validación Cruzada (CV, por sus siglas en inglés). Esta metodología se basa en un valor V que divide la base de datos para obtener sub-muestras con el objetivo de testear el árbol obtenido. Por ejemplo, considerando $v=10$, la base de datos se divide en 10 sub-muestras de las cuales 9 se usan para calcular el árbol y la sub-muestra restante es aquella contra la cual se testea el árbol. Este proceso se repite $v-1$ veces. En este caso, se utilizó un $v=7$ para la validación cruzada; la base de datos (230 casos en total) se dividió en siete sub-muestras (32 casos por sub-muestra) para construir y eva-

luar el árbol. El error 1-CV es equivalente a R^2 en una regresión lineal (Breiman *et al.*, 1984), y estima la "porción de la varianza explicada por el modelo" (Roel *et al.*, 2007).

El procedimiento CART considera la importancia de las variables independientes, que se clasifican en orden descendente con respecto a su contribución a la construcción del árbol. CART calcula la medida de mejora atribuible a cada variable en su papel de sustituto de la división primaria. Los valores de estas mejoras se suman sobre cada nodo del árbol y se escalan en relación con la variable de mejor rendimiento. La variable con la suma más alta de mejoras tiene una puntuación de 100, y todas las demás variables tienen puntuaciones más bajas con tendencia a cero (Steinberg y Colla, 1995). En este trabajo, el CART se realizó con el software Statistica (StatSoft, 2008).

3. Resultados

La tasa de clasificación errónea (r) disminuyó hasta que la base de datos se dividió en $n=11$ grupos individuales (**Figura 8.3**). Sin embargo, el valor de corte del 5% de la reducción de la tasa se alcanzó en $n=5$ y, por lo tanto, este n se seleccionó para los análisis posteriores.

La configuración final mostró dos grupos contrastantes (CL o *clusters*) en términos de provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos: CL1 y CL5 (**Figura 8.4**). CL1 podría considerarse el *cluster* con la provisión de SE más baja, ya que contiene los valores más bajos para las variables Alto N disponible en suelo, Baja Concentración de NO_3 en agua subterránea y Baja Desnitrificación, y valores intermedios para Alto Contenido de C en suelo. CL5 podría considerarse el *cluster* con la mayor provisión de SE ya que contiene los valores más altos para las variables Alto Contenido de C en suelo y Alto N disponible en suelo, y valores intermedios para Baja Concentración de NO_3 en agua subterránea y Baja Desnitrificación (**Figura 8.4**). Los valores más altos para estas dos últimas variables de respuesta se observaron en CL3, mientras que los valores más bajos para las variables Alto Contenido de C en suelo y Alto N disponible en suelo se observaron en CL2 (**Figura 8.4**).

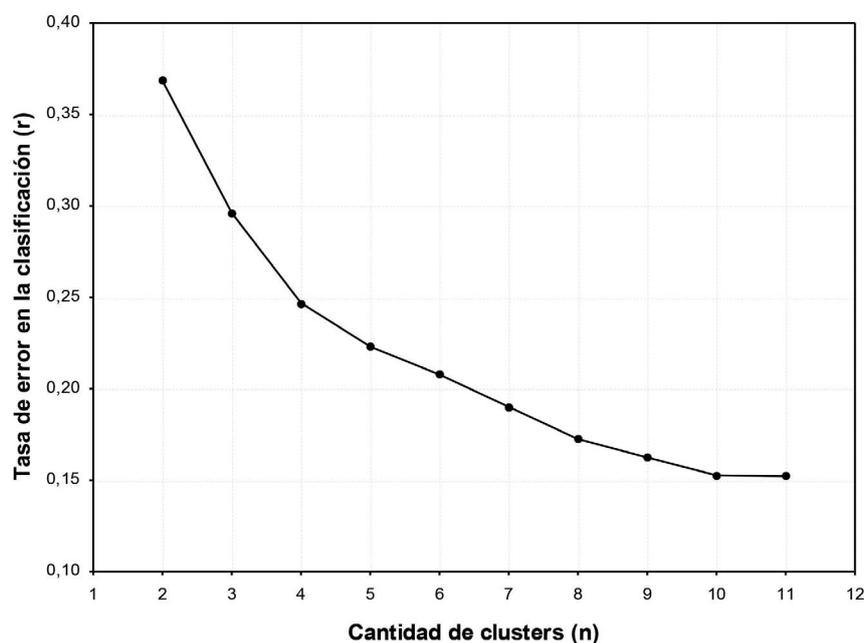


Figura 8.3. Tasa de error en la clasificación (r) de la base de datos correspondiente al análisis de variables ambientales y productivas sobre la provisión de cuatro SE en agroecosistemas pampeanos.

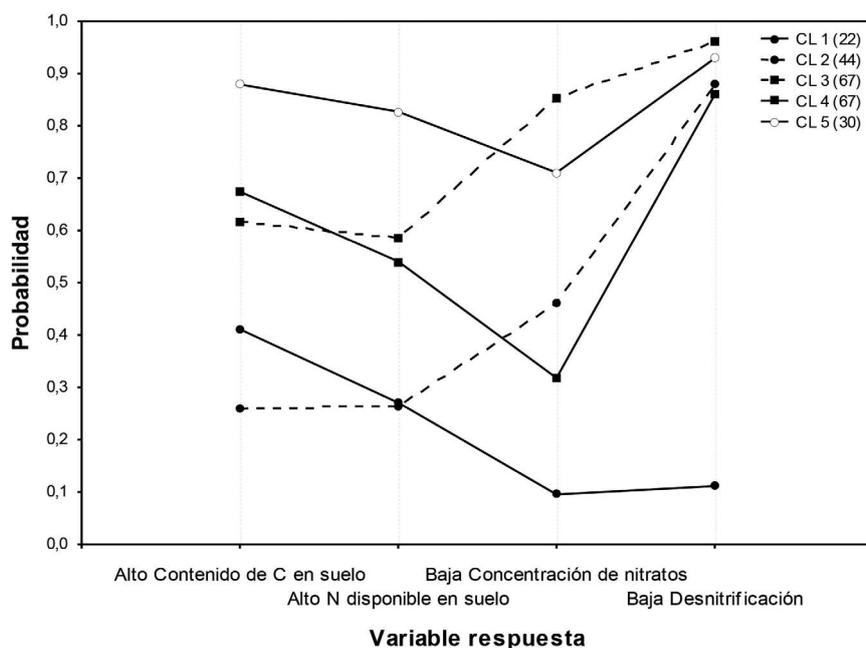


Figura 8.4. Valores medios de probabilidad de cada variable respuesta en cada uno de los cinco *clusters* obtenidos. Las variables respuesta de cada modelo son: a) Alto Contenido de C en suelo, b) Alto N disponible en suelo, c) Baja Concentración de NO₃ en agua subterránea, y d) Baja Desnitrificación. Los números entre paréntesis corresponden a la cantidad de casos presentes en cada *cluster*. Referencias: CL=*cluster*; Concentración de nitratos = Concentración de nitratos en agua subterránea.

El árbol de clasificación presentó ocho nodos terminales en los que aparecieron los cinco CL obtenidos previamente (**Figura 8.5**). "Región" fue la primera variable de división. En la rama derecha, se ubicaron los agroecosistemas NC y CBA (ID=3); en la rama izquierda, se localizó el agroecosistema LS (ID=2). La variable Cultivo Antecesor se seleccionó en la rama derecha del árbol para separar soja (ID=30) de maíz, trigo y pasti-

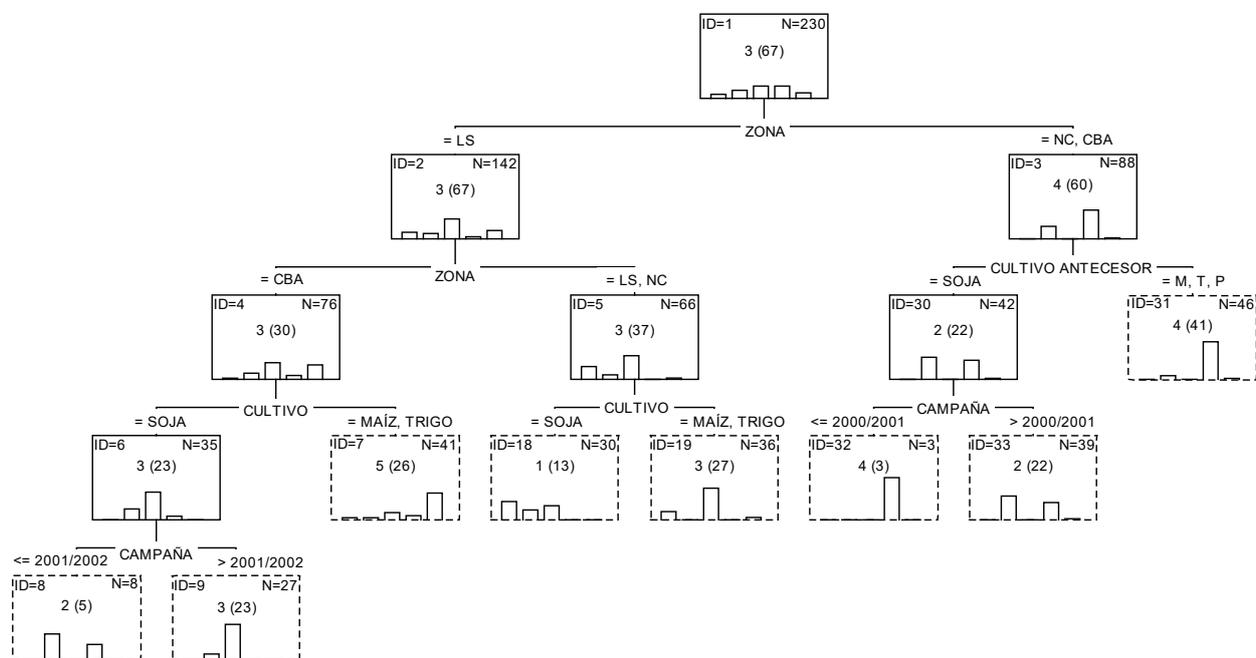


Figura 8.5. Árbol de clasificación de la influencia de variables ambientales y productivas sobre la provisión de cuatro SE en agroecosistemas pampeanos, utilizando los *clusters* identificados mediante la metodología *K-Means* representados en la **Figura 8.4**. N indica la cantidad de casos en ese nodo del árbol de clasificación. Los nodos con borde punteado corresponden a los nodos terminales. Las columnas dentro de cada nodo corresponden al histograma representando la distribución de *clusters*; el número en el centro, el *cluster* más frecuente de ese nodo (con la cantidad de casos entre paréntesis). Referencias: LS = Litoral Sur; NC = Norte de Córdoba; CBA = Centro de Buenos Aires; M = Maíz; T = Trigo; P = Pastizal natural.

zales (ID=31). Las variables Cultivo y Campaña Agrícola aparecieron con frecuencia en los siguientes niveles de división. Se seleccionó el cultivo en el modelo final para dividir soja (ID=18) de maíz y trigo (ID=19). Se seleccionó el año para dividir las estaciones tempranas de cultivo (ID=8; ID=32) de las tardías (ID=9; ID=33).

En términos generales, el modelo CART pudo explicar el 65% (*i.e.* el costo de validación cruzada para el conjunto del aprendizaje) de los factores agrícolas y ambientales que afectan la provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos. Cuando se analizó cada variable a través de su contribución al CART, la variable Campaña agrícola mostró el valor de clasificación más alto, seguido de la variable Cultivo (**Figura 8.6**).

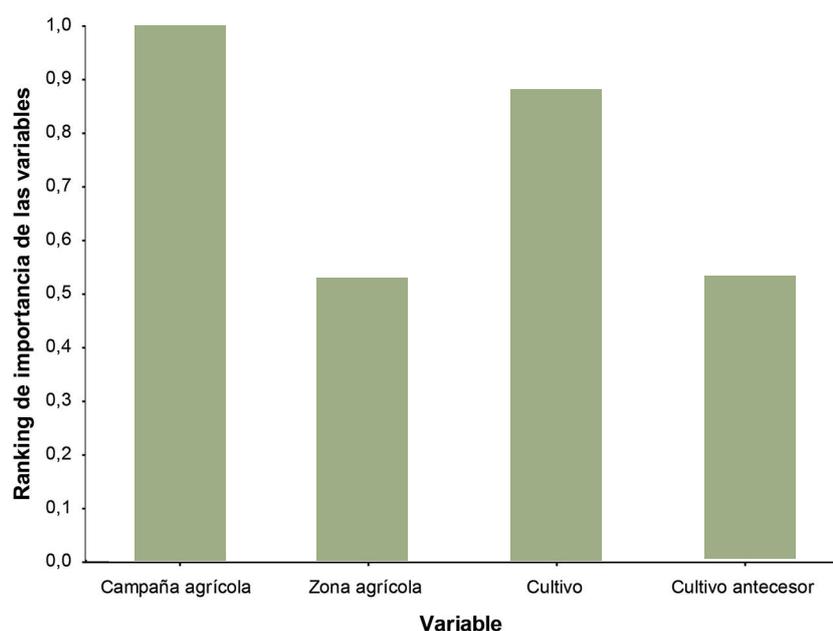


Figura 8.6. Ranking de importancia de las variables Campaña agrícola, Zona agrícola, Cultivo y Cultivo Antecesor determinado por el árbol de clasificación representado en la **Figura 8.5**.

4. Discusión

El objetivo principal de este trabajo fue identificar aquellas variables ambientales y productivas que determinan la provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos. Esta es la primera vez que estas variables se han considerado como posibles moduladoras de su oferta en esta región. En este sentido, las diferencias observadas en la provisión de SE resultaron de cambios en el uso de la tierra (variable "Cultivo") y la temporada de cultivo (variable "Campaña agrícola") (**Figura 8.5**). A pesar del hecho de que los agroecosistemas se gestionan para obtener servicios de provisión (e.g. alimentos, fibra), también se deben administrar para proporcionar múltiples SE (e.g. conservación del suelo, regulación climática, control de emisiones de gases de efecto invernadero) (Bennett y Balvanera, 2007; Harrison *et al.*, 2010). A la luz de esto, el propósito de los resultados de este trabajo fue proporcionar información a los tomadores de decisión (*i.e.* productores) sobre cómo gestionar los agroecosistemas pampeanos de una manera que influya positivamente en la provisión de SE.

Diversos autores han declarado la idea de que la provisión de SE cambia según los tipos de uso de la tierra (e.g. Foley *et al.*, 2005; MEA, 2005; Muñoz-Rojas *et al.*, 2011; Felipe-Lucia *et al.*, 2014; Lawler *et al.*, 2014; Queiroz *et al.*, 2015; Jiang *et al.*, 2016). Sin embargo, Koschke y colaboradores (2013) sostuvieron que a menudo hay datos ambiguos

sobre la contribución del uso de la tierra a la provisión de SE. En este caso, cada cultivo podría asociarse con un escenario bueno, regular o malo de provisión de SE. En términos generales, los escenarios (CL) son las relaciones entre los cuatro SE seleccionados en este estudio (**Figura 8.4**). Por ejemplo, los cultivos de maíz y trigo se observaron en el mejor escenario en CBA (CL5) (ID=7), y en un escenario regular en LS y NC (CL3) (ID=19) (**Figura 8.5**). El cultivo de soja se observó en un escenario regular en CBA (CL 3) (ID=6), y en el peor escenario en LS y NC (CL1) (ID=18) (**Figura 8.5**). Por el contrario, soja como cultivo antecesor prevaleció en un mal escenario (CL2) (ID=30), mientras que los restantes cultivos antecesores prevalecieron en un escenario regular (CL4) (ID=31) (**Figura 8.5**). Estos resultados respaldaron la idea de que diferentes cultivos pueden cambiar la relación entre los SE, creando oportunidades para aumentar o disminuir la provisión de SE (Bennet *et al.*, 2009; Mouchet *et al.*, 2014).

Los sistemas de cultivo son capaces de maximizar el rendimiento pero también de maximizar los recursos naturales (e.g. SE) a través de diferentes estrategias de manejo como la diversificación de cultivos (e.g. rotación de cultivos, cultivos de cobertura). Como los resultados han demostrado, maíz y trigo fueron los cultivos observados en los mejores escenarios. Sin embargo, esto no significa que la agricultura sólo deba centrarse en estos dos cultivos y no en el cultivo de soja. La asociación de diferentes especies entre sí puede ayudar a proveer SE. Es decir, las asociaciones cereal-leguminosa son un ejemplo bien conocido de múltiples sistemas de cultivo basados en funciones complementarias que optimizan diversos SE (e.g. nitrógeno del suelo) (Gaba *et al.*, 2015; Lazzaro *et al.*, 2018). Por lo tanto, se deben determinar las rotaciones equilibradas de los cultivos para aumentar tanto los servicios de provisión (e.g. rendimiento del cultivo) como también aquellos de regulación, soporte y culturales (Tittonell, 2014). En la última década, más del 70% de los suelos pampeanos se han entregado al monocultivo de soja, un cultivo que produce pocos residuos y raíces pero que se descomponen rápidamente. Esto ha llevado a un proceso de degradación del suelo, ascenso de aguas subterráneas y un desarrollo endémico de malezas y plagas. Hoy en día se alienta a los tomadores de decisión a incorporar diferentes cultivos a los sistemas agrícolas actuales así como a analizar estrategias que mejoren la estructura del suelo. En consecuencia, los resultados aquí presentados sugieren que la rotación de cultivos sería determinante de la provisión de SE.

La diversificación de cultivos (en espacio y tiempo), fundamental para proporcionar un conjunto de SE sustentable (Felipe-Lucia *et al.*, 2014), no sólo es posible con rotaciones de cultivos sino también con cultivos de cobertura⁴ (Schipanski *et al.*, 2014). En Región Pampeana, es esencial incluir gramíneas (e.g. trigo, maíz) como cultivos de cobertura para obtener sistemas de cultivo sustentables ya que sus raíces favorecen la aireación del suelo y, luego de la descomposición, dejan conductos para facilitar la entrada de agua en capas más profundas. Por lo tanto, el objetivo principal de los cultivos de cobertura es proporcionar múltiples SE, como la protección del suelo, asegurando que el suelo no quede desnudo entre dos cultivos (Gaba *et al.*, 2015). Esto ha llevado a que los cultivos de cobertura se denominen "cultivos de servicio" debido a su capaci-

4 Los cultivos de cobertura son cultivos sembrados entre dos cultivos de cosecha y no son incorporados al suelo, pas-toreados o cosechados. Este tipo de cultivos tiene el objetivo de mejorar la fertilidad del suelo, la estabilidad estructural del suelo y la eficiencia en el uso del agua, entre otros beneficios.

dad para mejorar y mantener diferentes SE del suelo (Piñeiro *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2017). Es importante resaltar que los cultivos de servicio son una estrategia de manejo complementaria y no sustitutiva, porque no reemplazan una rotación adecuada de cultivos. Por esta razón, los tomadores de decisión deben incluirlos cuando el barbecho dentro de una rotación de cultivos es demasiado largo.

Una gran fracción de SE no sólo ha disminuido por el uso de la tierra sino también por las condiciones climáticas (Elmhagen *et al.*, 2015; Fan *et al.*, 2016). La necesidad de mitigar los efectos negativos del uso de la tierra y el clima en la provisión de SE ha sido previamente mencionada (Bu *et al.*, 2014). El conocimiento sobre esta interacción es necesario para tomar decisiones acertadas sobre cómo gestionar los sistemas de cultivo (Chan *et al.*, 2006). En consecuencia, los resultados de este trabajo proporcionan algunas ideas sobre la interacción entre el uso del suelo y las condiciones climáticas. Por ejemplo, el cultivo de soja fue el único que estuvo directamente relacionado con las temporadas de cultivo (variable "Campaña agrícola") en CBA y NC (**Figura 8.5**). La soja prevaleció en escenarios malos (CL2) y regulares (CL3) (ID=8 e ID=9, respectivamente), y como cultivo antecesor también se observó en escenarios malos (CL2) y regulares (CL4) (ID=33 e ID=32, respectivamente) (**Figura 8.5**). Durante los escenarios malos (2000/2001 y 2001/2002), hubo un predominio de los valores de lluvia entre 800-1000 mm en CBA, mientras que los escenarios regulares (2002/2003-2009/2010) se caracterizaron por presentar valores de precipitación anual de menos de 800 mm. El patrón de temperatura fue constante durante las temporadas de cultivo con valores de alrededor de 20°C en ambos escenarios. Por ejemplo, los escenarios malos (soja) se caracterizaron por presentar valores bajos de las variables Alto Contenido de C en suelo y Alto N disponible en suelo. Esto está determinado principalmente por los suelos descubiertos debido a la pequeña cantidad de rastrojo que se descompone rápidamente exacerbado por las altas cantidades de humedad y temperatura. Por lo tanto, la provisión de SE no sólo está determinada por el manejo del cultivo sino también por el clima, con efectos sinérgicos (Elmhagen *et al.*, 2015).

El manejo agrícola es bastante homogéneo en diferentes partes de Región Pampeana (Bert *et al.*, 2011), incluidos los tres sitios de estudio aquí seleccionados. Esta falta de diversidad (al menos en las bases de datos aquí utilizadas) en el manejo agrícola, probablemente determina que la variabilidad climática sea el principal factor influyente en las diferencias encontradas en la provisión de SE. Es ampliamente conocido que la agricultura es muy sensible a las variaciones climáticas (Lorencová *et al.*, 2013). Esto puede conducir no sólo a diferencias entre las regiones, sino también a la variabilidad interanual de la producción y la interrupción de la provisión de SE dentro de una determinada región (Howden *et al.*, 2007). Teniendo en cuenta que el clima tiene una previsibilidad limitada, los productores deben lidiar con mucha incertidumbre durante la toma de decisiones (Hammer *et al.*, 2001). Ambas características (*i.e.* previsibilidad e incertidumbre limitadas) se transfieren luego a los SE, lo que dificulta predecir su provisión en el futuro.

5. Conclusiones

Este documento contribuyó a la identificación de aquellos factores que determinan la provisión de SE en los agroecosistemas pampeanos. Específicamente, se encontraron

diferencias en la provisión de SE como resultado de los cambios en el uso de la tierra (variable "Cultivo") y la temporada de cultivo (variable "Campaña agrícola"). Por lo tanto, se explica la importancia de cada tipo de uso de la tierra y temporada de cultivo en la provisión de SE y la interacción entre ambos factores en el cambio de SE. Con base en estos resultados, se debe informar a los tomadores de decisión sobre las interacciones entre el clima y el manejo de cultivos para influir positivamente en la provisión de SE. Esto será esencial para la gestión sustentable de los ecosistemas, proteger los SE y cumplir de manera eficiente no sólo con el ODS 15 sino con aquellos ODS que dependan directa y/o indirectamente de una adecuada provisión de SE.

Finalmente, es importante prestar atención a las posibles limitaciones de los resultados aquí obtenidos. Por un lado, el procedimiento de extracción de datos CART sólo muestra patrones exploratorios (Ferraro *et al.*, 2012). Por otro lado, este estudio se centró en un determinado período de tiempo y área, por lo tanto no es posible afirmar que estas diferencias usualmente ocurrirían entre cultivos.

La información obtenida aquí puede usarse para desarrollar un marco experimental para estudiar los cultivos que impulsan los cambios en la provisión de SE en Región Pampeana.

6. Bibliografía

- Balvanera, P.; Castillo, A.; Lazos Chavero, E.; Caballero, K.; Quijas, S.; Flores, A.; Galicia, C.; Martínez, L.; Saldaña, A.; Sánchez, M.; Maas, M.; Ávila, P.; Martínez, Y.; Galindo, L. M.; Sarukhán, J.; (Eds: Littera P., Jobbágy E., Paruelo J.) (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial (pp. 39-68). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Bashari, H.; Smith, C.; Bosch, O. J. H. (2009). Developing decision support tools for rangeland management by combining state and transition models and Bayesian belief networks. *Agricultural Systems* (99, pp. 23-34).
- Bennett, E.; Balvanera, P. (2007). The future of production systems in a globalized world. *Frontiers in Ecology and the Environment* (5, pp. 191-198).
- Bennett, E.M.; Peterson, G.D.; Gordon, L.J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters* (12, pp. 1-11).
- Bert, F.E.; Podestá, G.P.; Rovere, S.L.; Menéndez, A.; North, M., Tatara, E.; Laciana, C.E.; Weber, E.; Ruiz Toranzo, F. (2011). An Agent Based Model to simulate structural and land use changes in agricultural systems of the Argentine Pampas. *Ecological Modelling* (222, pp. 3486-3499).
- Boody, G.; Vondracek, B.; Andow, D.A.; Krinke, M.; Westra, J.; Zimmerman, J.; Welle, P. (2005). Multifunctional agriculture in the United States. *BioScience* (55, pp. 27-38).
- Breiman, L.; Friedman, R.; Olshen, R.; Stone, C. (1984). *Classification and regression trees*. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA (p. 368).
- Bressan, G.M.; Oliveira, V.A.; Hruschka Jr., E.R.; Nicoletti, M.C. (2009). Using Bayesian networks with rule extraction to infer the risk of weed infestation in a corn-crop. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* (22, pp. 579-592).
- Bu, H.M.; Meng, W.; Zhang, Y.; Wan, J. (2014). Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. *Ecological Indicators* (41, pp. 187-197).
- Burkhard, B.; Petrosillo, I.; Costanza, R. (2010). Ecosystem services – bridging ecology, economy and social sciences. *Ecological Complexity* (7, pp. 257-259).

- Caride, C.; Piñeiro, G.; Paruelo, J.M. (2012). How does agricultural management modify ecosystem services in the Argentine Pampas? The effects on soil C dynamics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (154, pp. 23-33).
- Carreño, L.V.; Frank, F.C.; Viglizzo, E.F. (2012). Trade-offs between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (154, pp. 68-77).
- Carreño, L.V.; Viglizzo, E.F. (2007). *Provisión de servicios ecológicos y gestión de los ambientes rurales en Argentina*. Ediciones INTA, La Pampa, Argentina (p. 74).
- Catena, A.; Ramos, M.M.; Trujillo, H.M. (2003). *Análisis multivariado. Un manual para investigadores*. Editorial Biblioteca Nueva, Madrid, España (p. 413).
- Chan, K.M.A.; Shaw, M.R.; Cameron, D.R.; Underwood, E.C.; Daily, G.C. (2006). Conservation planning for ecosystem services. *PLoS ONE* 4-11 (379, pp. 2138-2152).
- Chen, S.H.; Pollino, C.A. (2012). Good practice in Bayesian network modelling. *Environmental Modelling & Software* (37, pp. 134-145).
- Cruzate, G.; Gorgas, J.; Bustos, V.; Panigatti, J.L. (2008). *Suelos y ambientes de Córdoba*. Ediciones INTA, Córdoba, Argentina.
- Cruzate, G.; Panigatti, J.L.; Moscatelli, G. (2008). *Suelos y ambientes de Buenos Aires*. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Daily, G.C. (2000). Management objectives for the protection of ecosystem services. *Environmental Science & Policy* (3, pp. 333-339).
- Daily, G.C.; Matson, P.A. (2008). Ecosystem services: from theory to implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (105 [28], pp. 9455-9456).
- Dale, V.H.; Polasky, S. (2007). Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* (64, pp. 286-296).
- De Groot, R.S.; Alkemade, R.; Braat, L.; Hein, L.; Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* (7 [3], pp. 260-272).
- De'ath, G.; Fabricius, K.E. (2000). Classification and regression trees: A powerful yet simple technique for ecological data analysis. *Ecology* 81 (11, pp. 3178-3192).
- Díaz, S.; Demissew, S.; Carabias, J.; Joly, C.; Lonsdale, M.; Ash, N.; Larigauderie, A.; Adhikari, J.R.; Arico, S.; Báldi, A.; Bartuska, A. (2015). The IPBES conceptual framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* (14, pp. 1-16).
- Dlamini, W.M. (2010). A Bayesian belief network analysis of factors influencing wildfire occurrence in Swaziland. *Environmental Modelling & Software* (25, pp. 199-208).
- Dorner, S.; Shi, J.; Swayne, D. (2007). Multi-objective modelling and decision support using a Bayesian network approximation to a non-point source pollution model. *Environmental Modelling & Software* (22, pp. 211-222).
- Dossi, M.V. (2016). *La Declaración del Milenio: una propuesta para el futuro desarrollo de las naciones*. Verónica Logegaray *et al.*: Derechos Humanos, ambiente y desarrollo: Los Objetivos del Milenio. Editorial Facultad de Agronomía, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, ISBN 978-987-3738-05-0.
- Elmhagen, B.; Eriksson, O.; Lindborg, R. (2015). Implications of climate and land-use change for landscape processes, biodiversity, ecosystem services, and governance. *AMBIO* (44, S1-S5).
- Fan, M.; Shibata, H.; Wang, Q. (2016). Optimal conservation planning of multiple hydrological ecosystem services under land use and climate changes in Teshio river watershed, northernmost of Japan. *Ecological Indicators* (62, pp. 1-13).
- Felipe Lucia, M.R.; Comín, F.A.; Bennett, E.M. (2014). Interactions among ecosystem services across land uses in a floodplain agroecosystem. *Ecology and Society* (19 [1], p.20).
- Fernández, E. (2004). *Análisis de clasificadores bayesianos*. Trabajo Final de Especialidad en Ingeniería de Sistemas Expertos, escuela de Postgrado, Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

- Ferraro, D.O.; Ghera, C.M.; Rivero, D.E. (2012). Weed vegetation of sugarcane cropping systems of Northern Argentina: Data-mining methods for assessing the environmental and management effects on species composition. *Weed Science* (60, pp. 27-33).
- Ferraro, D.O.; Rivero, D.E.; Ghera, C.M. (2009). An analysis of the factors that influence sugarcane yield in Northern Argentina using classification and regression trees. *Field Crops Research* (112, pp. 149-157).
- Fisher, B.; Turner, R.K. (2008). Ecosystem services: classification for valuation. *Biological Conservation* (141, pp 1167-1169).
- Foley, J.A.; Defries, R.; Asner, G.P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S.R.; Chapin, F.S.; Coe, M.T.; Daily, G.C.; Gibbs H.K.; Helkowski, J.H.; Holloway, T.; Howard, E.A.; Kucharik, C.J.; Monfreda, C.; Patz, J.A.; Prentice, I.C.; Ramankutty, N.; Snyder, P.K. (2005). Global consequences of land use. *Science* 309 (5734, pp. 570-574).
- Gaba, S.; Lescourret, F.; Boudsocq, S.; Enjalbert, J.; Hinsinger, P.; Journet, E.P.; Navas, M.L.; Wery, J.; Louarn, G.; Malézieux, E.; Pelzer, E.; Prudent, M.; Ozier-Lafontaine H. (2015). Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. *Agronomy for Sustainable Development* (35, pp. 607-623).
- García, P.; Amandi, A.; Schiaffino, S.; Campo, M. (2007). Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles. *Computers & Education* (49, pp. 794-808).
- Gordon, L.J.; Finlayson, C.M.; Falkenmark, M. (2010). Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management* (97, pp. 512-519).
- Hall, A.J.; Rebella, C.M.; Ghera, C.M.; Culot, J.R. (1992). Field-crop systems of the Pampas. *Pearsons CJ (Ed.) Ecosystems of the World series*, Elsevier Editorial, Amsterdam, The Netherlands (pp. 413-450).
- Hammer, G.L.; Hansen, J.W.; Phillips, J.G.; Mjelde, J.W.; Hill, H.; Love, A.; Potgieter, A. (2001). Advances in application of climate prediction in agriculture. *Agricultural Systems* (70, pp. 515-553).
- Harrison, P.A.; Vandewalle, M.; Sykes, M.T.; Berry, P.M.; Bugter, R.; De Bello, F.; Feld, C.K.; Grandin, U.; Harrington, R.; Haslett, J.R.; Jongman, R.H.G.; Luck, G.W.; Da Silva, P.M.; Moora, M.; Settele, J.; Sousa, J.P.; Zobel, M. (2010). Identifying and prioritizing services in European terrestrial and freshwater ecosystems. *Biodiversity and Conservation* (19, pp. 2791-2821).
- Howden, S.M.; Soussana, J.F.; Tubiello, F.N.; Chettri, N.; Dunlop, M.; Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change, *Proceedings of the National Academy of Sciences* (104 [50], pp. 19691-19696).
- Jain, A.K.; Dubes, R.C. (1988). *Algorithms for clustering data*. Prentice-Hall Editorial, New Jersey, USA (pp. 320).
- Jensen, F.H.; Nielsen, T.D. (2007). *Bayesian Networks and Decision Graphs*. Springer Verlag.
- Jiang, C.; Li, D.; Wang, D.; Zhang, L. (2016). Quantification and assessment of changes in ecosystem service in the Three-River Headwaters Region, China as a result of climate variability and land cover change. *Ecological Indicators* (66, pp. 199-211).
- Koschke, L.; Fürst, C.; Lorenz, M.; Witt, A.; Frank, S.; Makeschin, F. (2013). The integration of crop rotation and tillage practices in the assessment of ecosystem services provision at the regional scale. *Ecological Indicators* (32, pp. 157-171).
- Kristensen, K.; Rasmussen, I.A. (2002). The use of a Bayesian Network in the design of a decision support system for growing malting barley without use of pesticides. *Computers and Electronics in Agriculture* (33, pp. 197-217).
- Laterra, P.; Barral, P.; Carmona, A.; Nahuelhual, L. (2015). ECOSER, Protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica para el ordenamiento territorial. Documento Introductorio, versión 2.0, Colección Investigación, Desarrollo e Innovación No. 99, Ediciones INTA, Santa Rosa, La Pampa, Argentina (p. 56).
- Lawes, R.A.; Lawn, R.J. (2005). Application of industry information in sugarcane production systems. *Field Crops Research* (92, pp. 353-363).
- Lawler, J.J.; Lewis, D.J.; Nelson, E.; Plantinga, A.J.; Polasky, S.; Withey, J.C.; Helmers, D.P.; Martinuzzi, S.; Pennington, D.; Radeloff, V.C. (2014). Projected land-use change impacts on

- ecosystem services in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(20, pp. 7492-7497).
- Lazzaro, M.; Costanzo, A.; Bárberi, P. (2018). Single vs multiple agroecosystem services provided by common wheat cultivar mixtures: Weed suppression, grain yield and quality. *Field Crops Research* (221, pp. 277-297).
- Logegaray, V.R. (2016). *La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: un nuevo desafío. Derechos Humanos, ambiente y desarrollo: Los Objetivos del Milenio*, Editorial Facultad de Agronomía, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, ISBN 978-987-3738-05-0.
- López Puga, J.; García, J.; De la Fuente Sánchez, L.; Inmaculada de la Fuente Solana, E. (2007). Las redes bayesianas como herramientas de modelado en psicología. *Anales de Psicología* (23, pp. 307-316).
- Lorencová, E.; Frelichová, J.; Nelson, E.; Vackár, D. (2013). Past and future impacts of land use and climate change on agricultural ecosystem services in the Czech Republic. *Land Use Policy* (33, pp.183-194).
- Maes, J.; Paracchini, M.L.; Zulian, G.; Dunbar, M.B.; Alkemade, R. (2012). Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe. *Biological Conservation* (155, pp. 1-12).
- Malekmohammadi, B.; Kerachian, R.; Zahraie, B. (2009). Developing monthly operating rules for a cascade system of reservoirs: Application of Bayesian Networks. *Environmental Modelling & Software* (24, pp. 1420-1432).
- Marcot B.G.; Steventon, J.D.; Sutherland, G.D.; McCann, R.K. (2006). Guidelines for developing and updating Bayesian belief networks applied to ecological modelling and conservation. *Canadian Journal for Forest Research* (36, pp. 3063-3074).
- Martín de Santa Olalla, F.; Dominguez, A.; Ortega, F.; Artigao, A.; Fabeiro, C. (2007). Bayesian networks in planning a large aquifer in Eastern Mancha, Spain. *Environmental Modelling & Software* (22, pp. 1089-1100).
- McCann, R.K.; Marcot, B.G.; Ellis, R. (2006). Bayesian belief networks: applications in ecology and natural resource management. *Canadian Journal for Forest Research* (36, pp. 3053-3062).
- MEA (2005). *Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC, USA (pp. 155).
- Mouchet, M.A.; Lamarque, P.; Martín López, B.; Crouzat, E.; Gos, P.; Byczek, C.; Lavorel, S. (2014). An interdisciplinary methodological guide for quantifying associations between ecosystem services. *Global Environmental Change* (28, pp. 298-308).
- Muñoz Rojas, M.; De la Rosa, D.; Zavala, L.M.; Jordán, A.; Anaya Romero, M. (2011). Changes in land cover and vegetation carbon stocks in Andalusia, Southern Spain (1956-2007). *Science of the Total Environment* (409, pp. 2796-2806).
- Norsys Software Corp (2009). *Netica*, www.norsys.com.
- ONU (2017). *Informe del Relator Especial sobre la cuestión de la obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible* (pp. 34-49).
- Orúe, M.E.; Laterra, P.; Cabria, F. (2007). Expansión de la frontera agrícola en Argentina y erosión hídrica: mapas de riesgo utilizando el modelo USLE con apoyo de SIG. XII Congreso de Asociación Española de Teledetección. Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. *Mar del Plata* (pp. 185-192), ISBN: 978-987-543-126-3.
- Palm, C.; Blanco Canqui, H.; DeClerck, F.; Gatere, L.; Grace, P. (2014). Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (187, pp. 87-105).
- Panigatti, J.L.; Cruzate, G.; Tasi, H.; Bedendo, D. (2008). *Suelos y ambientes de Entre Ríos*. Ediciones INTA, Entre Ríos, Argentina.
- Paruelo, J.M.; Guerschman, J.P.; Verón, S.R. (2006). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy* (15 [87], pp. 14-23).

- Pengue, W. (2001). Impacto de la expansión de la soja en la Argentina. Globalización, desarrollo agropecuario e ingeniería genética: Un modelo para armar; Biodiversidad – Sustento y Culturas Nº 29.
- Piñeiro, G.; Pinto, P.; Arana, S.; Sawchik, J.; Díaz, J.I.; Gutiérrez, F.; Zarza, R. (2014). Cultivos de servicio: integrando la ecología con la producción agrícola. XXVI Reunión Argentina De Ecología. Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.
- Pinto, P.; Fernández Long, M.E.; Piñeiro, G. (2017). Including cover crops during fallow periods for increasing ecosystem services: ¿Is it possible in croplands of Southern South America? *Agriculture, Ecosystems & Environment* (248, pp. 48-57).
- Power, A.G. (2010). Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society* (365, pp. 2959-2971).
- Queiroz, C.; Meacham, M.; Richter, K.; Norstrom, A.V.; Andersson, E.; Norberg, J.; Peterson, G. (2015). Mapping bundles of ecosystem services reveals distinct types of multifunctionality within a Swedish landscape. *AMBIO* (44, pp. 89-101).
- Rapport, D.J.; Costanza, R.; McMichael, A.J. (1998). Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology and Evolution* (13, pp. 397-402).
- Raudsepp Hearne, C.; Peterson, G.D.; Bennett, E.M. (2010). Ecosystem service bundle for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (11, pp. 5242-5247).
- Renard, D.; Rhemtulla JM.; Bennett, E.M. (2015). Historical dynamics in ecosystem service bundles. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (112 [43], pp. 13411-13416).
- Roel, A.; Firpo, H.; Plant, R.E. (2007). Why do some farmers get higher yields? Multivariate analysis of a group of Uruguayan rice farmers. *Computations & Electronics in Agriculture* (58, pp. 78-92).
- Rositano, F. (2015). Sustentabilidad de los agroecosistemas pampeanos: Análisis cualitativo y cuantitativo de la provisión de servicios de los ecosistemas. Tesis para optar al grado de Doctora de la Universidad de Buenos Aires. Área Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Rositano, F.; Ferraro, D.O. (2014). Ecosystem services provided by agroecosystems: A qualitative and quantitative assessment of this relationship in the Pampa region, Argentina. *Environmental Management* (53 [3], pp. 606-619).
- Rositano, F.; Piñeiro, G.; Bert, F.; Ferraro, D.O. (2017). A comparison of two sensitivity analysis techniques based on four bayesian models representing ecosystem services provision in the Argentine Pampas. *Ecological Informatics* (41, pp. 33-39).
- Satorre, E.H. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy* (15, pp. 24-31).
- Schipanski, M.E.; Barbercheck, M.; Douglas, M.; Finney, D.M.; Haider, K.; Kaye, J.P.; Kemanian A.R.; Mortensen, D.A.; Ryan, M.R.; Tooker, J.; White, C. (2014). A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems* (125, pp. 12-22).
- Soriano, A.; León, R.J.C.; Sala, O.E.; Lavado, R.S.; Deregibus, V.A.; Cahuepé, M.A.; Scaglia, O.A.; Velázquez, C.A.; Lemcoff, J.H. (1991). Temperate subhumid grasslands of South America in Natural grasslands. Coupland RT Ed., *Ecosystems of the World*, Vol. 8. Elsevier Editorial. Amsterdam, The Netherlands (pp. 367-407).
- StatSoft, Inc. (2008). STATISTICA, data analysis software system, version 8.0., www.statsoft.com.
- Steinberg, D.; Colla, P. (1995). CART: Tree-structured non-parametric data analysis. Salford Systems. San Diego, CA, USA.
- Ticehurst, J.L.; Newham, L.T.H.; Rissik, D.; Letcher, R.A.; Jakeman, A.J. (2007). A Bayesian network approach for assessing the sustainability of coastal lakes in New South Wales, Australia. *Environmental Modelling & Software* (22, 1129-1139).
- Tilman, D.; Cassman, K.G.; Matson, P.A.; Naylor, R.; Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* (418, pp. 671-677).

- Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture—sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability* (8, pp. 53–61).
- Wood, S.L.R.; Jones, S.K.; Johnson, J.A.; Brauman, K.A.; Chaplin Kramer, R.; Fremier, A.; Girvetz, E.; Gordon, L.J.; Kappel, C.V.; Mandle, L.; Mulligan, M.; O'Farrell, P.; Smith, W.K.; Willemen, L.; Zhang, W.; DeClerck, F.A. (2018). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services* (29, pp. 70-82).

Nota sobre los autores

(en orden alfabético)

- Bombelli, Enrique.** Ingeniero Agrónomo (FAUBA), Magíster en Ingeniería en Sistemas de Información (FRBA/UTN), Licenciado en Tecnología Educativa (FRBA/UTN), Profesor en Disciplinas Industriales (INSPT/UTN), Especialista Superior en TIC y Educación (CEPA), Especialista Docente de Nivel Superior en Educación y TIC (INFOD). Es docente (JTP) e investigador (categoría III/2014) del área Educación Agropecuaria, subárea Informática, FAUBA, desde el año 1999. Hasta el momento ha presentado más de 90 trabajos de investigación entre congresos y revistas. Ha participado en el desarrollo de 2 capítulos del libro, 5 materiales didácticos sistematizados en CD y un *software*. Ha participado en 13 proyectos de investigación subsidiados y 1 de extensión. Ha dirigido, codirigido y participado como jurado en más de 30 tesinas de grado. Asimismo ha desarrollado tareas como evaluador de revistas y congresos, ha participado en el "Sistema de tutorías" y es miembro de la "Comisión de Discapacidad" de la FAUBA desde 2009.
- Burrone, Santiago.** Ingeniero Agrónomo (UBA). Docente auxiliar (Ayudante 2º) de la Cátedra de Extensión y Sociología Rurales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Jefe de Programa de Mercados y Estrategias de Comercialización, Instituto Municipal de Desarrollo Económico Local (IMDEL). Analista de Estado y Condición del Cultivo de Maíz, Departamento de Estimaciones y Proyecciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2017- 2019). Becario de Intercambio del Programa ARFAGRI AgroCampus Ouest, Rennes (2016)
- Candelino, Elizabeth.** Licenciada en ciencias ambientales (UBA). Ayudante de primera de la Cátedra de Sociología y Extensión Rurales, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Consultora en biodiversidad para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Cattaneo, Carlos Alberto.** Ingeniero Agrónomo (UBA), con estudios de Postgrado en Ciencias Sociales (FLACSO). Profesor Adjunto de la Cátedra de Extensión y Sociología Rurales de la Facultad de Agronomía (Universidad de Buenos Aires, UBA) y de la Facultad de Ciencias Físicomatemáticas e Ingeniería (Pontificia Universidad Católica Argentina Santa María de los Buenos Aires, UCA).
- Chifarelli, Diego Hernán.** Magister en Estudios Sociales Agrarios (FLACSO 2009), Especialista en Desarrollo Rural (FAUBA, 2006). Ingeniero Agrónomo (FAUBA, 2003). Extensio-nista e Investigador de INTA, Centro Regional Misiones. Profesor Adjunto de la Cátedra de Ecología y Gestión Ambiental y Profesor a cargo de la Cátedra de Sociología y Extensión Agrarias de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones (FCF-UNAM). Director de la Carera de Ingeniería Agronómica y Director de la Especialización en Desarrollo Territorial Rural de la FCF-UNAM.
- Corvalán, Germán Eduardo.** Ingeniero Agrónomo, Orientación Fitotecnia (UBA 1984). Productor agropecuario (1986 - 1995). Secretario de la Asociación Rural de General Viamonte (1987- 1990). Vicepresidente de la Fundación de Control de la Fiebre Aftosa (1988- 1992). Miembro del Consejo Asesor Local del INTA Los Toldos (1988-1990). Asesor y apoyo de grupos de Cambio Rural de la E.E.A INTA Delta (1997-2009). Profesor de Prácticas Profesionalizantes 7º año en la E.E.S.A. N° 2 de Campana (desde 2002).

- Di Pierro, Valeria María.** Licenciada en Demografía y Turismo de la Universidad J.F.Kennedy. Postgrado de Alta Dirección en Turismo Rural de la FAUBA. Especialización en E-Commerce y Negocios Electrónicos UNSAL-CACE. Jefe de Trabajos Prácticos y Docente Regular de las asignaturas Taller 2 y Tecnologías de Información y Comunicación aplicada al Turismo Rural de la Cátedra de Turismo Rural del Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola, FAUBA.
- Drovandi, Luciana.** Ingeniera Agrónoma (UBA). Formó parte del Programa de Extensión Universitaria en Huertas Escolares y Comunitarias (Facultad de Agronomía, UBA). Trabajó como inspectora de arbolado urbano en el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y en el último censo de arbolado urbano de la Ciudad. Ayudante del Curso Introductorio de Arbolado Urbano, Cátedra Dasonomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.
- Durand, Patricia Beatriz.** Doctora en Ciencias Agropecuarias (UBA, 2008). Magíster en Diseño y Gestión de Programas Sociales (FLACSO, 2006). Especialista en Metodología de la Investigación Científica y Técnica (UNER, 1999). Ingeniera Agrónoma (FAUBA, 1988). Diploma Superior en Constructivismo y Educación (FLACSO, 2011). Profesora Adjunta a cargo de la Cátedra de Extensión y Sociología Rurales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Coordinadora Académica de Derechos Humanos, FAUBA.
- Frateschi, Julio Cesar.** Ingeniero Agrónomo recibido en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Ayudante primero de la Cátedra de Extensión y Sociología Rurales. Docente de la asignatura "Sociología y Extensión Agrarias" de la carrera de Agronomía. Estudios de posgrado en la Escuela para Graduados Alberto Soriano: Especialización en Desarrollo Rural. Promotor de Objetivos de Desarrollo Sostenible, avalado por el Senado de la Provincia de Buenos Aires (agosto 2019). Ex-pasante de investigación en Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (2017-2018). Inspector de arbolado público y espacios verdes del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires desde 2018.
- Gallardo Araya, Nela Lena.** Doctora en Ciencias Sociales (IDES/UNGS), Magíster en Agroecología (Universidad de Córdoba, España), Ingeniera Agrónoma (UBA) y Profesora de Enseñanza Primaria (Escuela Superior Mariano Acosta). Jefa de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Extensión y Sociología Rurales. Participante del Programa de Extensión Universitaria en Huertas Escolares y Comunitarias (Facultad de Agronomía, UBA) y del equipo de Antropología, Ciudad y Naturaleza del Área Urbana del Instituto Gino Germani (Facultad de Ciencias Sociales, UBA). A partir de su experiencia en Europa y Latinoamérica se ha especializado en temáticas como la agricultura urbana, la agroecología, la soberanía alimentaria y la extensión agropecuaria investigando y asesorando múltiples procesos de intervención social.
- Gelabert, Cecilia Corina.** Doctora en Ciencias Agropecuarias (UBA, 2013), Especialista en Desarrollo Rural (UBA, 2010), Ingeniera Agrónoma (FAUBA, 2005). Profesora Adjunta de la Cátedra de Sistemas Agroalimentarios de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Profesora Adjunta de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones. Desde 2019 Becaria Postdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
- Geldres-Weiss, Skania.** Doctorando en Marketing, Universidad de Valencia, España (2020). Magíster en Dirección General de Empresas, Universidad San Sebastián, Chile (2015). Ingeniera Agrónoma, Universidad Austral de Chile (1986). Diploma en Gestión de Empresas, Universidad Austral de Chile (1993). Ex Directora de Relaciones Corporativas en cooperativa de servicios agropecuarios y Ex Gerente de Negocios Internacionales en industria láctea, en Chile. Experta en negocios internacionales, investigación de mercados, marketing, innovación e internacionalización de empresas.
- Gore Parravicini, Malena.** Estudiante de la Licenciatura en Ciencias Ambientales y de la Tecnicatura en Producción Vegetal Orgánica (FAUBA). Capacitadora ambiental en Asociación Civil Red Ambiental y Promotora de los Objetivos para el Desarrollo Sustentable (ODS). Tesista de la Cátedra de Extensión y Sociología Rurales de la FAUBA.

- Isasmendi Durand, Marcos.** Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires) (2018-2019). PROVINVEST S.A.: Responsable Producción Zona NOA 16000 Hectáreas (2017-2018). Establecimiento La Magdalena S.A.: Encargado de Explotación Agropecuaria 5000 Hectáreas (2015-2017). Establecimiento La Magdalena S.A.: Administración y Finanzas (2013-2015). MANAR AGROINSUMOS S.R.L.: Comercial-Administrativo (2012-2013). Facultad de Agronomía UBA: ayudante ad honorem, Cátedra Fertilidad y Fertilizantes.
- Moreira, Carlos Javier.** Magister Scientiae en Estudios Sociales Agrarios (FLACSO, 2018). Diplomado Superior en Desarrollo Rural (FLACSO, 2015). Ingeniero Agrónomo (FAUBA, 2011). Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Extensión y Sociología Rurales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Profesor adjunto de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud en la Universidad Abierta Interamericana (UAI). Participante en proyectos de extensión sobre conflictos ambientales debido a la actividad de una curtiembre en la localidad de Nonogasta, provincia de La Rioja, y de comercialización de bolsones de verdura en transición agroecológica del partido bonaerense de Florencio Varela.
- Moya, Mariana Cecilia.** Ingeniera Agrónoma. Magister Scientiae en Extensión Agropecuaria. Profesora Adjunta Cátedra de Extensión y Sociología Rurales, FAUBA. Becaria JICA en Extensión Rural Taller Asesor CREA módulos I y II Special Programme for Development of Capacities. "To expand and foster forest research capacity in developing and economically disadvantaged countries", IUFRO-SPDC. Extensionista AMBA. Coach en grupos de productores de nuez pecán en III y IV sección de islas del Delta 2014-2016. Colaboración en proyectos de Innovación y Procesos, Extensión y Transferencia de Tecnología Ministerio de Agroindustria, Provincia de Buenos Aires durante 2018. Extensionista en la Escuela Agrotécnica Fernando Mujica, Delta, acompañando estudiantes en prácticas profesionalizantes desde 2013 a la actualidad.
- Murphy, Patricio Thomas.** Abogado recibido en la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires (2011). Ayudante primero con dedicación parcial en la asignatura Derechos Humanos (FAUBA) desde 2017. Secretario Administrativo de la Editorial Facultad de Agronomía y de la Revista Agronomía y Ambiente desde 2009.
- Rositano, Florencia.** Ingeniera Agrónoma (UBA, 2008). Doctora en Ciencias Agropecuarias (UBA, 2015). Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Auxiliar Docente del Área de Educación Agropecuaria en la materia Derechos Humanos (Facultad de Agronomía, UBA). Integrante del "Grupo de Estudio y Trabajo en Derechos Humanos" (Facultad de Agronomía, UBA, desde 2012) y del "Grupo de Estudio de Agroecosistemas y Paisajes Rurales" (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, desde 2019).
- Savignano, Lucio Esteban.** Estudiante de la Licenciatura en Ciencias Ambientales (FAUBA). Participante en un proyecto de extensión sobre conflictos ambientales debido a la actividad de una curtiembre en la localidad de Nonogasta, provincia de La Rioja. Pasante en el Observatorio de Higiene Urbana de la Ciudad de Buenos Aires (FAUBA).
- Souza Casadinho, Osvaldo Javier.** Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Social (UNER, 2000). Ingeniero agrónomo (FAUBA, 1987). Profesor adjunto Cátedra de Sociología y Extensión Rurales (FAUBA). Coordinador del proyecto Vecinos en Flor (FAUBA). Coordinador para América Latina de la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina (RAPAL) y Coordinador del Centro de Estudios sobre Tecnologías Apropriadas de la Argentina (CETAAR). Miembro de Bienaventurados Los Pobres (BEPE), del Movimiento Agroecológico de América Latina (MAELA), de la Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE), de la Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN) y de la Comisión de salud y ambiente de la Sociedad Argentina de Pediatría (SAP).
- Vugman, Laura.** Antropóloga. Magister en Lengua Inglesa. Profesora Adjunta Regular e Investigadora del Área de Educación Agropecuaria. Es responsable de las asignaturas Metodología de la Investigación para Ciencias Ambientales e Inglés para carreras de

grado y tecnicaturas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Colabora en la formación de docentes investigadores en la Carrera Docente de la FAUBA. Sus publicaciones incluyen trabajos sobre la enseñanza de inglés en las carreras de ingeniería, el perfil de los estudiantes de las tecnicaturas de la FAUBA, el uso de metáforas y el *ethos* de los docentes universitarios, estrategias cualitativas de investigación para ciencias ambientales y los géneros textuales de comunicación del proceso de investigación. Fue docente investigadora del departamento de Ciencias Antropológicas de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires (1988-2000), visitante en la Smithsonian Institution, y docente regular de Métodos y Técnicas de la Investigación de campo para antropología socio-cultural.



EDITORIAL FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

ISBN 978-987-3738-31-9



9 789873 738319