

Servicios ecosistémicos de un pastizal natural de la pampa deprimida bonaerense. Estudio de caso en el partido de Azul

*Tesis presentada para optar al título de Especialista de la Universidad de Buenos Aires,  
Área Gestión Ambiental en Sistemas Agroalimentarios*

**Sofía Aldana Zeme**

Licenciada en Diagnóstico y Gestión Ambiental - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - 2011

Lugar de trabajo: Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff”



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires



## COMITÉ CONSEJERO

Directora de Tesis

**Ilda Entraigas**

Licenciada en Biología (Orientación Ecología) (Universidad Nacional de La Plata)

Doctora en Ciencias Naturales (Universidad Nacional de La Plata)

Co-director de Tesis

**Marcelo Raúl Varni**

Ingeniero Hidráulico (Universidad Nacional de La Plata)

Doctor en Ingeniería (Orientación Hidráulica) (Universidad Nacional de Rosario)

## JURADO DE TESIS

JURADO

Directora de Tesis

**Ilda Entraigas**

Licenciada en Biología (Orientación Ecología) (Universidad Nacional de La Plata)

Doctora en Ciencias Naturales (Universidad Nacional de La Plata)

JURADO

**Roberto J. Fernández Aldúncin**

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Doctor en Biología (Duke University)

JURADO

**Silvia Elisa Ratto**

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

*Magister Scientiae* en Ciencias del Suelo (Universidad de Buenos Aires)

Fecha de defensa de la tesis: 01 de ABRIL de 2016

***Dedicatoria***

A Viviana y Rubén,  
por enseñarme las cosas más importantes,  
y ser ejemplo constante de dedicación y esfuerzo.

A mis abuelos,  
por darme siempre lo mejor de sí.

### *Agradecimientos*

A mi familia, por su apoyo incondicional a lo largo de este trayecto, en especial a mis padres, a mis hermanos y a mi madrina, Virginia.

A mis amigos, profesores y compañeros de cursada que, de un modo u otro, han respaldado el paso por esta Especialización, haciéndolo tan agradable.

A Ilda y Marcelo, por su orientación y consejos durante la realización de este trabajo y su contribución a mi formación.

A mis compañeros del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff”, en especial a Natalia Vercelli, por su compañía y colaboración en las diferentes instancias de elaboración de este trabajo.

A Enrique Queupán, Joaquín Rodríguez y Matías Silicani, técnicos del Instituto de Hidrología de Llanuras “Eduardo Jorge Usunoff”, por su acompañamiento en las salidas a campo.

Al personal del establecimiento agropecuario, por la excelente predisposición que han tenido para con nosotros.

Esta investigación ha sido desarrollada en el marco de una beca de Estudio de la CIC (Comisión de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Provincia de Buenos Aires), período 2013-2015.

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*



**Sofía Aldana Zeme**

*Publicaciones derivadas de la tesis*

i. "Análisis de los servicios ecosistémicos en un pastizal natural de la pampa deprimida bonaerense". Zeme, S.; Entraigas, I.; Varni, M. Contribuciones Científicas GÆA, Vol. 27, Pags. 161-174. 2015.

ii. "Servicios ecosistémicos de un pastizal natural de la pampa deprimida bonaerense destinado a la cría de ganado bovino; estudio de caso en el partido de Azul". Zeme, S.; Entraigas, I.; Varni, M. Actas de las V Jornadas y II Congreso Argentino de Ecología de Paisajes. Azul, 27 al 29 de mayo de 2015.

ii. "Análisis de los servicios ecosistémicos provistos por un sector de pastizal natural en la cuenca baja del arroyo del Azul, provincia de Buenos Aires". Zeme, S.; Vercelli, N.; Entraigas, I.; Varni, M. II Jornadas Nacionales de Ambiente. Tandil, 19 al 21 de noviembre de 2014.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
Objetivo general .....	4
Aportes esperados.....	4
<b>1.2. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. MARCO REGIONAL .....</b>	<b>6</b>
1.3.1. Ecorregión pampeana .....	6
1.3.2. Cuenca del arroyo del Azul .....	8
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Unidades de análisis.....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Bajos tendidos .....	13
2.1.2. Dunas.....	17
2.1.3. Cubetas de deflación .....	19
<b>2.2. Identificación y clasificación de bienes y servicios.....</b>	<b>21</b>
2.2.1. Clasificación de funciones, bienes y servicios ecosistémicos – De Groot et al. (2002) .....	22
2.2.2. Categorías propuestas por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) .....	28
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE REGULACIÓN.....</b>	<b>32</b>
3.1.1. Recarga de acuíferos - Prevención o retardo de inundaciones .....	32
3.1.2. Secuestro de carbono.....	32
3.1.3. Control del drenaje natural - Transporte de organismos y nutrientes .....	32
3.1.4. Polinización de especies propias del pastizal natural - Polinización de cultivos implantados .....	33
3.1.5. Control biológico de plagas.....	33
3.1.6. Mantenimiento de la productividad en tierra arable - Mantenimiento de suelos naturales productivos.....	33
3.1.7. Mantenimiento de la calidad en suelos.....	34
<b>3.2. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE HÁBITAT... </b>	<b>35</b>
3.2.1. Mantenimiento de la diversidad genética y biológica.....	35
<b>3.3. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>36</b>
3.3.1. Provisión de forraje .....	36

3.3.2. Plantas medicinales .....	38
3.3.3. Mantenimiento de especies nativas .....	38
<b>3.4. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>39</b>
3.4.1. Uso del sitio para investigación científica.....	39
3.4.2. Fotografía / avistamiento de aves .....	39
<b>4. CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición de la superficie productiva del establecimiento .....	11
<b>Tabla 2.</b> Trabajos y publicaciones llevados a cabo en el área de estudio desde el IHLLA o la FA-UNCPBA que se han tomado como referencia .....	12
<b>Tabla 3.</b> Funciones, componentes y servicios ecosistémicos reconocidos en el sitio bajo análisis.....	30
<b>Tabla 4.</b> Bienes y servicios ecosistémicos por ambiente .....	31
<b>Tabla 5.</b> Listado de especies con valor forrajero identificadas en los bajos tendidos para los años 2012 y 2013.....	37
<b>Tabla 6.</b> Cantidad de especies nativas y exóticas identificadas en ambientes de bajos tendidos y cubetas durante campañas realizadas entre los años 2013 y 2015. ....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Marco de referencia para el estudio integrado de funciones, bienes y servicios ecosistémicos (adaptado de De Groot <i>et al.</i> , 2002).....	5
<b>Figura 2.</b> Subregiones de la ecorregión pampeana (elaboración propia en base a León <i>et al.</i> , 1984). ....	7
<b>Figura 3.</b> Ubicación relativa de la cuenca del arroyo del Azul .....	9
<b>Figura 4.</b> Ubicación relativa del establecimiento bajo análisis.....	11
<b>Figura 5.</b> Vista panorámica de un sector de flechillar en los bajos tendidos .....	14
<b>Figura 6.</b> Vista en detalle de una comunidad de peladar dominada por especies del género <i>Distichlis</i> . ....	15
<b>Figura 7.</b> Vista general de una duna.....	19
<b>Figura 8.</b> Cubeta de deflación y comunidades asociadas.....	20
<b>Figura 9.</b> Funciones, bienes y servicios de ecosistemas naturales y semi-naturales. Fragmento extraído de De Groot <i>et al.</i> (2002).....	23

<b>Figura 10.</b> Distribución de B/S de acuerdo al tipo de funciones que les dan origen. Total de B/S identificados: 19 (100%) .....	31
<b>Figura 11.</b> Vista en detalle de cultivo de sorgo en una duna .....	34
<b>Figura 12.</b> Coipo ( <i>Myocastor coypus bonariensis</i> ), en un ambiente de cubeta .....	35
<b>Figura 13.</b> Ganadería extensiva en un sector de bajos tendidos.....	38
<b>Figura 14.</b> Cisnes de cuello negro ( <i>Cygnus melancoryphus</i> ).....	40
<b>Figura 15.</b> Gaviotas capucho café ( <i>Larus maculipennis</i> ).....	40

## **Resumen**

### **Servicios ecosistémicos de un pastizal natural de la pampa deprimida bonaerense. Estudio de caso en el partido de Azul.**

En este trabajo se analiza la oferta de bienes y servicios en un sector de pastizales de la cuenca baja del arroyo del Azul, el cual está dedicado fundamentalmente a la cría extensiva de ganado bovino y exhibe los rasgos típicos de la pampa deprimida bonaerense. Entre ellos se destaca la ocurrencia de anegamientos frecuentes vinculados a la presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie y a tipos particulares de suelos (caracterizados por problemas de drenaje, alcalinidad y/o salinidad). Los resultados expuestos surgen de la recopilación e integración de diferentes estudios llevados a cabo por integrantes del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff” y su interpretación a la luz de bibliografía específica de la temática. Se observa que el agrosistema en cuestión da lugar a una serie de condiciones y productos que exceden los resultantes de las actividades agropecuarias propiamente dichas. Tal es así que varias de las funciones que tienen lugar allí se traducen en beneficios directos e indirectos para la sociedad (mantenimiento de especies nativas, prevención de inundaciones, provisión de plantas medicinales, uso del sitio para investigación científica, entre otros). Se pretende, además, generar un aporte que tome como base la puesta en valor de la diversidad de servicios provistos por los ecosistemas en general y los de la región en particular.

#### *Palabras clave:*

Servicios ecosistémicos, pastizales naturales, actividad ganadera, pampa deprimida

## Summary

### **Ecosystem services of a natural grassland of the Buenos Aires depressed pampa. Case of study in the Azul district.**

This study analyzes the offer of goods and services provided by a grassland area in the plain sector of the Azul Creek basin that is dedicated to extensive cattle breeding and exhibits the typical features of the depressed pampa. Among them, the occurrence of regular flooding is highlighted, linked to the presence of water tables near-surface and specific soil classes (characterized by drainage problems, alkalinity and/or salinity). The final results emerge from the collection and integration of different studies carried out by the staff of the Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Jorge Eduardo Usunoff" and its interpretation through specific thematic literature. It is noted that the agro-system concerned gives rise to a number of conditions and products that exceed those resulting from farming activities themselves. Such it is so that several of the functions that take place there can be translated into direct and indirect benefits to society (maintenance of native species, flood prevention, providing medicinal plants, use of the site for scientific research, among others). Then, this work attempts to generate an input to take, based on the enhancement of the diversity of services provided by ecosystems in general and those of the region in particular.

#### *Key words:*

Ecosystem services, natural grasslands, livestock, Depressed Pampa.

## ***1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES***

Las actividades humanas transforman la estructura y funcionamiento de los ecosistemas con el fin de proveerse de elementos para su desarrollo y mantenimiento. La afirmación anterior es especialmente válida en el caso de los agrosistemas, es decir, aquellos ambientes en los que el hombre ejerce una intencionada selectividad sobre la composición de los organismos vivos, con el fin de proporcionar alimentos, fibra y otros productos. En este sentido, suelen fomentarse aquellos procesos y acciones cuyos resultados sean factibles de ser apropiados y presenten un valor en el mercado, subestimando aquellos que no se encuadran bajo estas características (Paruelo *et al.*, 2006). Sin embargo, los sistemas naturales presentan un carácter complejo y multifuncional, proveyendo a la sociedad de un amplio rango de servicios que, en la mayoría de los casos, no son tenidos en cuenta al momento de planificar y gestionar su correcto aprovechamiento.

La noción de servicios ecosistémicos intenta proporcionar un marco de trabajo efectivo para decisiones que involucren el aprovechamiento de los recursos naturales, con un enfoque de sustentabilidad. Ello implica que la variedad de servicios provenientes de los ecosistemas requiere de una ordenación que permita clasificarlos, jerarquizarlos y compararlos, facilitando el potencial intercambio de sus beneficios (Wallace, 2007). La conservación, manejo y aprovechamiento de ecosistemas considerando su capacidad para proveer múltiples beneficios, constituye un nuevo paradigma que implica el reconocimiento de la existencia de sinergias y conflictos entre la provisión de servicios provistos por usos alternativos de la tierra. Puede suceder entonces que se presenten conflictos de intereses entre los usuarios que busquen priorizar aspectos o modalidades de uso que sean incompatibles con otros. De allí que los estudios sobre servicios de los ecosistemas incorporen en su concepción la

percepción de los diferentes usuarios, así como también el conocimiento local (MEA, 2005).

En función de lo expuesto, se entiende que la complejidad asociada al estudio de los servicios ecosistémicos deriva de la diversidad de percepciones, de la trama de interacciones presentes y posibles entre los componentes biofísicos y sociales y de las diferentes escalas temporales y espaciales en las que estas se produzcan (Verón *et al.*, 2011). Ese reconocimiento lleva a la necesidad de tomar decisiones sobre su uso basadas en la integración de un amplio conjunto de conocimientos y factores, como una manera de abordar dicha complejidad. Si bien el estado de la cuestión en Latinoamérica es en general parcial e incipiente (Latterra *et al.*, 2009; Balvanera *et al.*, 2012), cada vez son más los trabajos de investigación que contribuyen con la identificación y valorización de la diversidad de servicios provistos por los sistemas ecológicos, tanto a nivel general como particular, y desde múltiples perspectivas (ecológica, económica, social, legal). A modo de ejemplo cabe mencionar los aportes de Borba y Trindade, 2009; Codesido y Bilencia, 2011; Kandus *et al.*, 2011; Latterra *et al.*, 2009; Viglizzo *et al.*, 2011; Barral y Maceira, 2012 y Latterra *et al.*, 2012, entre otros.

## 1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

La cuenca del arroyo del Azul constituye el área de estudio de la gran mayoría de los proyectos de investigación que se han llevado y se llevan adelante en el Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff” (IHLLA) y sus resultados conforman un marco conceptual muy rico acerca de la estructura y dinámica de la cuenca. Entre ellos se destacan los siguientes:

- “Avance metodológico en el tratamiento de los recursos hídricos en una cuenca de llanura” (1996-2000);
- “Sistema de soporte para la gestión eficiente de los recursos hídricos en la llanura bonaerense” (2001-2003);
- “Sistema de soporte de decisiones para el manejo de extremos hídricos superficiales en área de llanuras” (2002-2004);
- “Manejo de extremos hídricos superficiales en áreas de llanura” (2004);
- “Desarrollo y aplicación de herramientas particulares para la gestión integrada de los recursos hídricos” (2004);
- “Herramientas para la gestión sustentable de los recursos hídricos en una cuenca de llanura” (2005-2007);
- “Planificación y gestión de los recursos hídricos en la cuenca del arroyo del Azul” (2005-2007);
- “Análisis de la interacción suelo-agua-vegetación en unidades del paisaje sometidas a diferentes usos en un sector de la pampa deprimida bonaerense” (2011-2014); y
- “Relación entre aguas superficiales y subterráneas en diferentes unidades del paisaje de la pampa deprimida bonaerense” (2014-2016).

El presente trabajo se encuentra particularmente enmarcado en las áreas temáticas abarcadas por los dos últimos proyectos. Sin embargo, se observa que a pesar del volumen y la variedad de información disponible desde diferentes disciplinas (hidrología, ecología, botánica, geomorfología, etc.), aún no se observan avances en temáticas relativas a la provisión de servicios ecosistémicos. En este sentido se torna necesario realizar un abordaje que considere y conjugue variables de distinta naturaleza, dejando de manifiesto -además- la relación existente entre las características del medio físico natural y la eventual obtención de beneficios por parte de la sociedad. Para esta investigación en particular se optó por estudiar lo que sucede en uno de los agrosistemas típicos de la zona, reconociendo que más allá de su utilización como campos ganaderos son capaces de proporcionar diversos bienes y servicios, muchos de los cuales no son tenidos en cuenta en su manejo.

Así, se pretende analizar de manera integrada la estructura y dinámica de un sector de pastizal de la pampa deprimida bonaerense utilizado mayormente para la cría extensiva de ganado vacuno. La hipótesis que orienta esta investigación es la siguiente:

*Los pastizales naturales de la pampa deprimida bonaerense son fuente de servicios ecosistémicos de diversa índole, más allá de los vinculados específicamente con la producción agropecuaria.*

### ***Objetivo general***

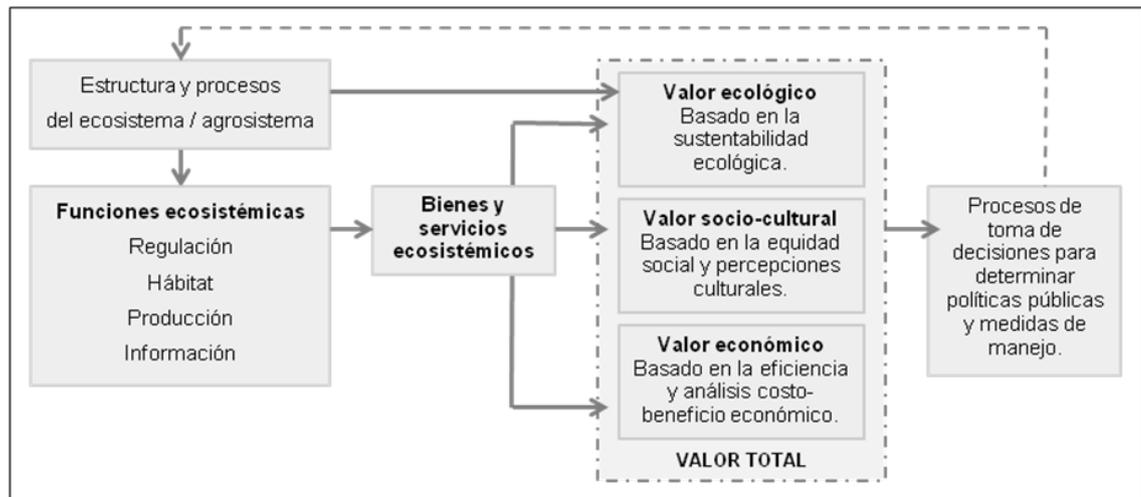
Identificar y caracterizar los principales servicios ecosistémicos provistos por un pastizal natural utilizado para la producción de ganado bovino, localizado en un sector de la pampa deprimida bonaerense.

### ***Aportes esperados***

Se espera que los resultados obtenidos en el presente trabajo contribuyan al entendimiento integrado de los sistemas de pastizal pampeano, haciendo alusión a la variedad de servicios ecosistémicos que brindan este tipo de ambientes.

## **1.2. MARCO CONCEPTUAL**

El concepto de *servicios ecosistémicos* permite vislumbrar la relación existente entre el funcionamiento de los sistemas naturales y el bienestar humano. La inquietud por su estudio surge fundamentalmente hacia fines de la década del '60, como consecuencia de un activismo ambiental que hace patente su preocupación acerca de los crecientes impactos generados por el hombre y en la capacidad del planeta para seguir proveyendo los recursos necesarios para sostener y abastecer a una población mundial en aumento (Mooney y Ehrlich, 1997). Actualmente existen múltiples concepciones del término servicios ecosistémicos. Balvanera y Cotler (2007) realizan una síntesis del estado de arte y destacan aquellos acercamientos que han cobrado una mayor relevancia. En este sentido, Daily (1997) los presenta como la totalidad de condiciones derivadas de los sistemas ecológicos (y de las especies que los conforman) que sustentan y aportan beneficios para la vida humana, haciendo hincapié en la importancia de los procesos físico-naturales cambiantes que tienen lugar dentro de los sistemas. De Groot *et al.* (2002) comparten este enfoque ecosistémico y consideran además que el estudio de los bienes y servicios brindados por los ecosistemas debe destacar necesariamente las funciones que los posibilitan. En este contexto, los autores definen las *funciones ecosistémicas* como la capacidad de los procesos y componentes naturales del ecosistema para proveer bienes y servicios que satisfagan directa o indirectamente las necesidades humanas, quedando constituidas entonces como el subconjunto de estructuras y procesos biofísicos cuya manifestación es necesaria para la obtención de determinado bien o servicio, resultantes a su vez de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos del sistema en cuestión (De Groot *et al.*, 2002) (Figura 1).



**Figura 1.** Marco de referencia para el estudio integrado de funciones, bienes y servicios ecosistémicos (adaptado de De Groot *et al.*, 2002).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio o *Millennium Ecosystem Assessment (MEA)* brinda una definición sencilla y de claro impacto sobre los tomadores de decisiones, presentando a los servicios ecosistémicos como todos los servicios que las poblaciones obtienen de los sistemas naturales. Asimismo, propone una clasificación que los divide en cuatro categorías: de *soporte o apoyo*, de *aprovisionamiento*, de *regulación* y *culturales* (MEA, 2005). Como es posible apreciar, la variedad de servicios contemplados es sumamente alta. Algunos de ellos pueden ser fácilmente reemplazados por acciones locales individuales deliberadamente llevadas a cabo por el hombre; otros, en cambio, responden a una complejidad o a escalas espaciales que determinan que su suplantación sea mucho más difícil (como ser el caso de los ciclos biogeoquímicos o la regulación del ciclo hidrológico por parte de la vegetación). En concordancia con lo anterior, y de modo de garantizar su provisión presente y futura, la mencionada concepción tiene una gran potencialidad para añadir valor y complementar las estrategias de conservación (Haslett *et al.*, 2010), aunque este potencial es todavía escasamente utilizado. Surge así el desafío de proporcionar información de base que considere estos aspectos y sea útil a los actores que intervienen en la toma de decisiones relativas al ordenamiento del territorio (Daily *et al.* 2009; UNESCO Etxea, 2010).

En esta instancia cabe aclarar también la distinción entre *servicios ecosistémicos* y *ambientales*; términos cuyo significado es similar, aunque se utilizan en diferentes contextos. Mientras que el primero enfatiza en la capacidad del sistema natural para proporcionar beneficios a la sociedad a través de los procesos biofísicos que tienen lugar allí, el segundo suele ser empleado dentro de ámbitos de toma de decisiones, otorgando un peso mayor al concepto de ambiente y sin explicitar tanto las interacciones que posibilitan la provisión de dichos servicios (Balvanera y Cotler, 2007). Dado que este trabajo se centra precisamente en las condiciones y características del sistema natural (pastizal pampeano) que dan lugar a los mencionados beneficios, se ha optado por emplear el concepto de servicios ecosistémicos. Se añade también la denominación *bienes*, con el objetivo de resaltar más aún el hecho de que estos resultados pueden o no ser tangibles (la diferencia radica en su materialidad).

Los pastizales o campos naturales pueden definirse como sistemas dominados por “*un conjunto de pastos nativos cuya presencia, persistencia y productividad son el resultado de la interacción dinámica del clima, suelo, relieve y manejo*” (Amadeo, s.f). En términos globales, la visión clásica de estos ambientes como fuente de recursos destinados a satisfacer la demanda alimentaria de una población en aumento, ha contribuido a que la mayor parte de los pastizales templados del mundo hayan sido destinados a la actividad agropecuaria en grados variables, dependiendo de la dinámica del agua y los subsidios tecnológicos factibles de ser aplicados en cada caso (Sala y Paruelo, 1997). Tal es así que, debido a la magnitud de las transformaciones actuales y potenciales ejercidas por su explotación y por los cambios esperados en el clima y en el uso de la tierra, constituyen uno de los biomas más amenazados del mundo (Sala *et al.*, 2000). Dentro de estas amenazas se encuentra la pérdida de biodiversidad, en todas sus escalas, aunque en lo que respecta a sistemas agrícolas y ganaderos son comunes los procesos de erosión genética. Cabe aclarar que la misma incluye no sólo la pérdida de genes individuales y/o combinados (o genes complejos), sino también aquellos manifestados en las variedades tradicionales, adaptadas localmente. Además, el término suele utilizarse para referirse a la pérdida de variedades o especies en general. El factor principal está dado por el remplazo de variedades locales por variedades o especies de alto rendimiento o exóticas, al manejo inadecuado del pastoreo y a la pérdida de hábitats. Los sistemas de pastoreo, en particular, ven reflejada la pérdida de biodiversidad en la disminución de las especies de gramíneas cespitosas de mayor productividad y palatabilidad, así como a través del incremento de gramíneas de hábitos postrados y rastreros, de malezas dicotiledóneas y de la proporción de suelo desnudo (Latterra y Rivas, 2005).

Más allá de la tradicional provisión de carne, leche, lana y cuero derivados de los sistemas de pastoreo, los pastizales proporcionan una gama amplia de bienes y de servicios ecosistémicos, cuya relevancia es cada vez más destacada, tanto en el ámbito científico como en el de los tomadores de decisiones. Como aspectos a tener en cuenta, cabe mencionar la contribución al mantenimiento de la composición de gases en la atmósfera, su papel en el control de la erosión de los suelos y el hecho de ser fuente de material genético de una gran cantidad de especies vegetales y animales (Sala y Paruelo, 1997). Este tipo de ecosistemas también se vincula a un servicio importante a través de la provisión de hábitats para el sostenimiento de la biodiversidad, el cual, hoy en día, torna especial relevancia en el caso particular de las aves, reflejándose en el mantenimiento de una avifauna singular y distintiva respecto de la que ofrecen otros tipos de ambientes (Krapovickas y Di Giacomo, 1998).

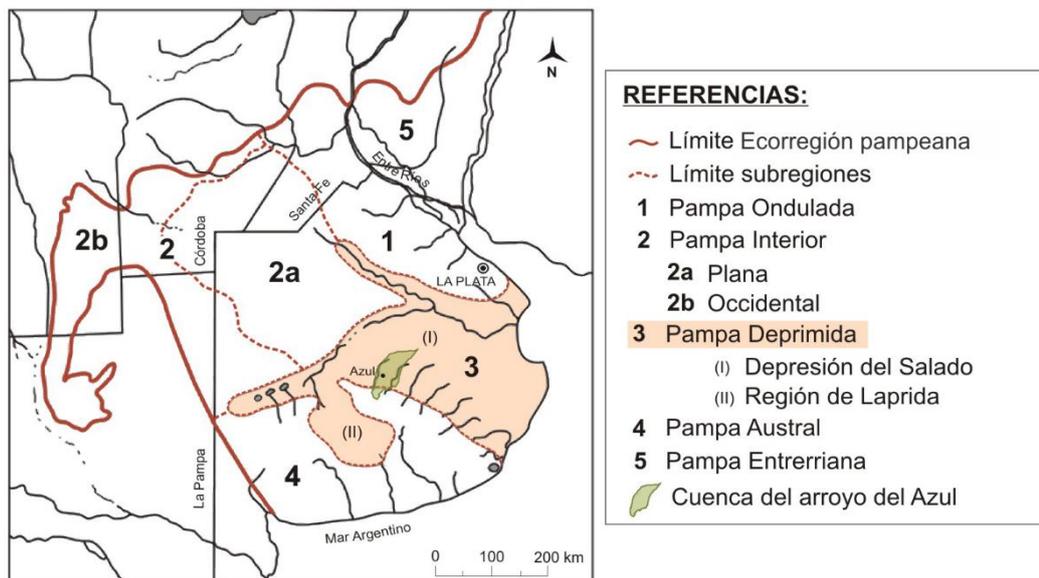
### **1.3. MARCO REGIONAL**

#### ***1.3.1. Ecorregión pampeana***

A excepción del sector sur, que forma parte de la ecorregión del monte, la provincia de Buenos Aires se encuentra mayormente incluida dentro de la ecorregión pampeana, la cual constituye el ecosistema de pastizales de mayor importancia socio-ecológica de la Argentina. Con una superficie estimada en 540.000 km<sup>2</sup>, dicha región ecológica limita hacia el este con el Río de la Plata, el río Uruguay y el océano Atlántico; hacia el sudoeste y el oeste se extiende aproximadamente hasta la isohieta de 600 mm/año,

mientras que por el norte su límite se ubica en cercanías de la isoterma de 19°C. El relieve general posee una energía topográfica relativamente baja, aunque bruscamente modificada por los ambientes serranos asociados a las sierras septentrionales y australes (de Tandilia y Ventania, respectivamente), cuya morfología superficial contrasta fuertemente con la extensa llanura bonaerense (Burkart *et al.*, 1999).

La pampa deprimida constituye una subregión de la ecorregión mencionada; ocupa alrededor de 90.000 km<sup>2</sup>, se extiende hacia el noreste y sudoeste de las sierras de Tandilia, e incluye las áreas conocidas como depresión del Salado (Vervoorst, 1967) y región de Laprida (Etchevere, 1961) (Figura 2). Como lo expresan Batista *et al.* (2005), constituye una extensa llanura desarrollada por la disposición de material sedimentario sobre una gran fosa de hundimiento, modelada por sucesivas intrusiones del océano Atlántico y por la acción eólica durante los períodos de clima desértico asociados a las glaciaciones. Como resultado de dichos procesos, se aprecian formas residuales de origen costero y eólico (tales como cordones de conchillas y acantilados o médanos y cubetas de deflación, respectivamente), que no se corresponden con el clima actual.



**Figura 2.** Subregiones de la ecorregión pampeana (elaboración propia en base a León *et al.*, 1984).

Las condiciones edáficas y de drenaje asociadas a esta subregión limitan fuertemente el desarrollo de la actividad agrícola, motivo por el cual casi el 80% de la pampa deprimida bonaerense no se cultiva, manteniendo una vegetación natural o semi-natural destinada fundamentalmente a la ganadería (Rodríguez y Jacobo, 2012). Aunque en algunos sectores se realiza ganadería ovina, la actividad predominante en los pastizales húmedos de la región está dada por la cría de ganado bovino para carne. En ella se producen anualmente dos millones de terneros, principalmente de las razas Aberdeen Angus y Hereford, los cuales se destinan a la zona de invernada o a los establecimientos de engorde a corral para su terminación para faena como novillos de 410 kg o de vaquillonas de 300 kg de peso vivo. Siendo que la cría vacuna se realiza casi exclusivamente sobre los pastizales naturales, son estos, con su dinámica estacional, su productividad primaria y su calidad nutricional, los que en gran medida determinan la forma en que se manejan los rodeos (Cauhépé e Hidalgo, 2005). Estos pastizales se caracterizan por la predominancia de gramíneas y por la coexistencia de especies inverno-

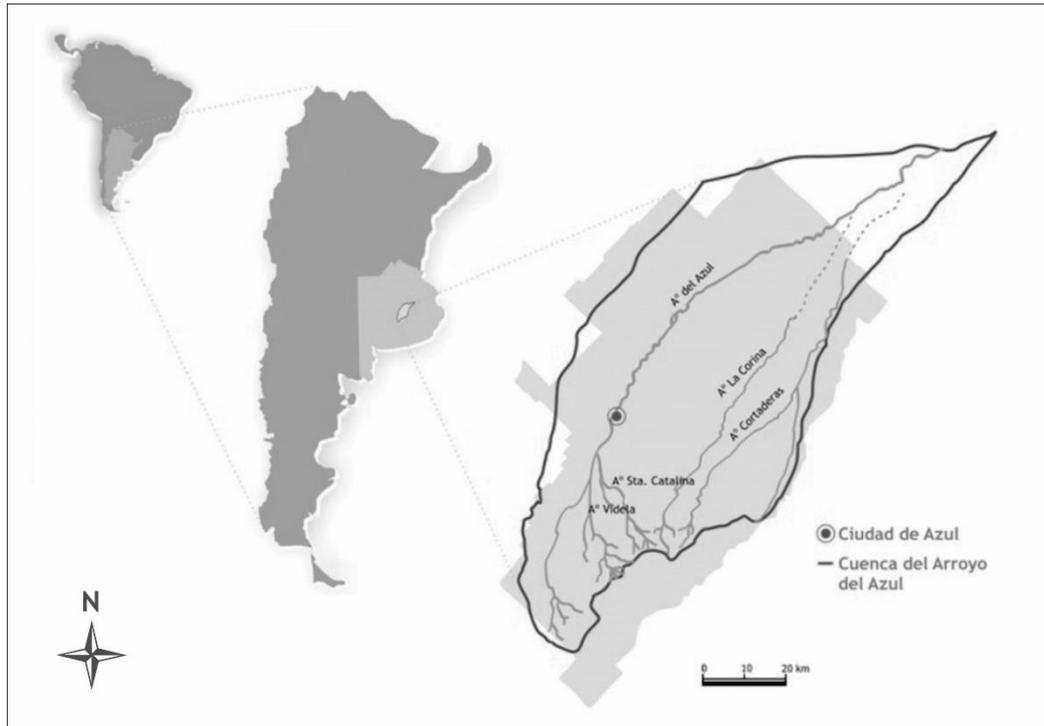
primaverales y estivo-otoñales capaces de vegetar en los meses fríos y cálidos, respectivamente. Sin embargo, la vegetación presenta una marcada estacionalidad con tasas de crecimiento que en primavera y verano oscilan entre los 25 y los 35 kg MS/ha/día, mientras que en invierno y principios de primavera se registran valores de entre 3,5 a 8 kg MS/ha/día (Carretero, 2014). Para el total de la región, Cauhépé e Hidalgo (2005) afirman que en promedio:

- La carga animal es de 0,6-0,7 equivalente vaca/ha/año.
- El servicio de las vacas ocurre durante la primavera y el verano y la parición durante el período invierno primaveral.
- El destete ocurre durante el período estivo otoñal, y alcanza un 80% sobre vaca en servicio.
- El peso vivo de los terneros al momento del destete es de 160-180 kg.
- La producción de carne es de alrededor 70 kg/ha/año.

### ***1.3.2. Cuenca del arroyo del Azul***

La cuenca del arroyo del Azul se sitúa en el centro de la provincia de Buenos Aires, abarcando una superficie de 6.237 km<sup>2</sup> entre los 58° 51' y 60° 10' de longitud oeste y 36° 09' y 37° 19' de latitud sur. Desde el punto de vista morfo-estructural, está ubicada en los ámbitos del sistema de Tandilia y la cuenca tectónica del Salado, resultando en una unidad territorial que expresa rasgos propios de los dos sistemas mencionados, así como también aquellos resultantes de su interacción.

La cuenca alta se asocia a los flancos nororientales de las sierras del Azul, parte de las sierras de Olavarría hacia el noroeste (sector de Sierras Bayas) y el grupo más occidental de las sierras de Tandil, en tanto que la mayor parte de la cuenca está constituida por una llanura de muy escasa pendiente (0,2 - 0,1% en la cuenca baja), en la que el cauce principal y sus tributarios discurren y pierden definición a medida que se adentran en la mencionada cuenca del Salado (Figura 3). Consecuentemente, las diferencias topográficas entre las planicies de inundación de los diversos cursos y cuerpos de agua y las áreas de divisoria son extremadamente sutiles y se manifiestan particularmente a través de las variaciones en los diferentes perfiles de suelo (Zárate y Mehl, 2010). Los mencionados ambientes (serranías y planicie distal) se encuentran a su vez vinculados por una llanura más o menos ondulada correspondiente a la cuenca media y que define un ambiente periserrano.



**Figura 3.** Ubicación relativa de la cuenca del arroyo del Azul..

La presente investigación se focaliza en el análisis de los servicios ecosistémicos que brinda el pastizal natural de un establecimiento ubicado en la cuenca baja del arroyo del Azul. En la actualidad, el mismo se encuentra destinado mayormente a la cría de ganado bovino en cierta época del año y -en menor medida- al cultivo de renta, actividad cuyo desarrollo queda restringido a geformas que sobresalen de la matriz deprimida y en las que difunden suelos de mayor profundidad. De este modo, el sitio analizado responde al patrón de uso general que caracteriza a la zona Norte del partido de Azul (cuarteles IV, X al XXI), en los cuales se desarrolla principalmente la cría ganadera extensiva, con una carga animal promedio de 0,48 vacas por hectárea. De ellas, un 85 % pertenece a las razas británicas y sus cruces, de biotipo moderado (de Dominicis, 2010).

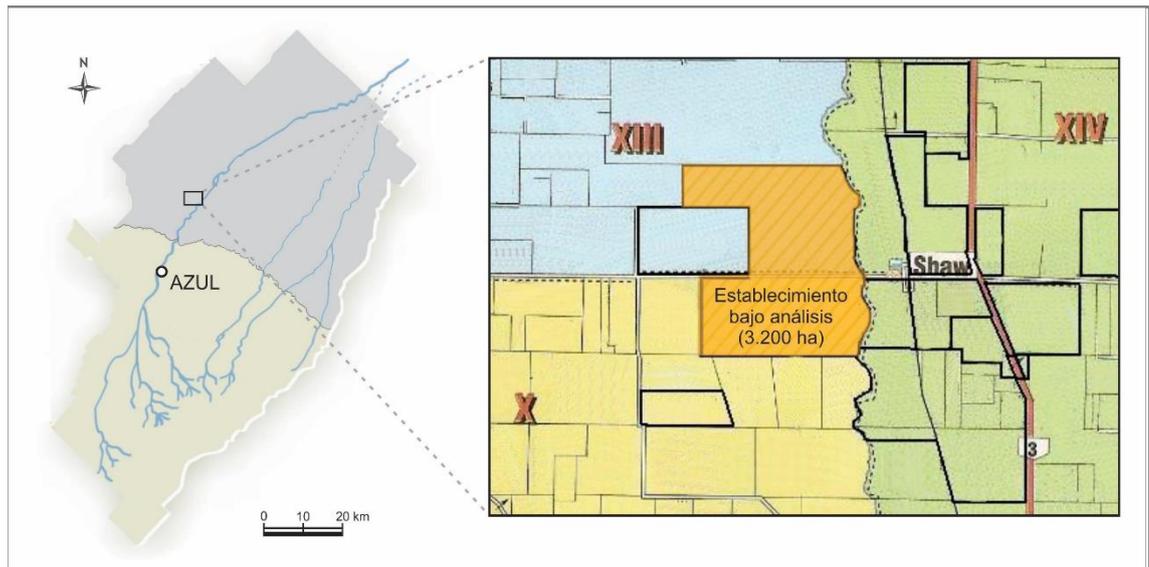
De acuerdo con Vercelli *et al.* (2013a), el paisaje dentro del cual se enmarca el sector de interés presenta las típicas comunidades vegetales de la pampa deprimida bonaerense, tales como pajonales de paja colorada, flechillares, praderas húmedas, praderas saladas, duraznilares y juncales. Las mismas se desarrollan en forma alternada, constituyendo un verdadero mosaico que adquiere características variables en función de los cambios en la topografía (micro-relieve), suelos y dinámica del agua subterránea.

El clima del partido de Azul se define como subhúmedo-húmedo, mesotermal, con poca o nula deficiencia de agua según la clasificación climática de Thornthwaite y Mather (1955). Según los datos aportados por la Estación Azul Aero del Servicio Meteorológico Nacional, la temperatura media mensual es de 14,4°C (período 1966-2011; máximas en enero, con 21,5°C y mínimas en julio, con 7,5°C), mientras que la precipitación media alcanza los 914 mm (1901-2012), destacándose marzo como el mes más lluvioso (118 mm) y agosto como el más seco (45 mm) (Varni *et al.*, 2013).

## ***2. MATERIALES Y MÉTODOS***

El área de estudio queda determinada por la superficie ocupada por un establecimiento agropecuario (3.200 ha) que términos catastrales forma parte de los cuarteles X y XIII del partido de Azul (Figura 4). Sus características ecológicas y de aprovechamiento posibilitan que los resultados puedan ser -en términos generales- extrapolables a lo que sucede en amplios sectores de la pampa deprimida bonaerense.

Los datos relevados por Carretero (2014) indican que el 77,6% de la superficie ganadera del mencionado establecimiento se encuentra ocupado por pastizales naturales, mientras que el 22,4% restante está sometido a tipos de manejo que implican algún tipo de implantación de especies forrajeras (Tabla 1). La superficie ganadera efectiva es de 3.015,50 ha, valor que comprende no sólo la superficie específicamente ocupada por los campos destinados a la ganadería, sino también el equivalente al 25% de la superficie agrícola. Dicha estrategia constituye una manera de incluir los aportes realizados por los rastrojos de cultivo a la alimentación del ganado. La raza utilizada en el establecimiento es Aberdeen Angus, con una carga de 1,4 animales/ha (0,6 equivalente vaca/ha) y la producción de carne es de 54,22 kg/ha.



**Figura 4.** Ubicación relativa del establecimiento bajo análisis; en el sector ampliado se destaca la superficie ocupada por el mismo dentro del catastro rural del partido de Azul. El sombreado gris dentro del partido hace referencia al área ocupada por la cuenca baja (el límite está dado por la isolínea de 127 msnm).

Tabla 1. Composición de la superficie productiva del establecimiento (elaboración propia en base a Carretero, 2014).

	Sup. absoluta (ha)	Sup. relativa (%)
<b>Pastizal natural</b>	2.291	77,6
<b>Praderas implantadas</b>	276	9,3
<b>Verdeo de invierno</b>	198	6,7
<b>Diferidos</b>	104	3,5
<b>Verdeo de verano</b>	85	2,9
<b>Total</b>	<b>2.954</b>	<b>100</b>

La elección del predio se fundamenta, además, en que se trata de una zona en la que el IHLLA viene realizando investigaciones en diversas temáticas. Así, el trabajo contempla la revisión, análisis e interpretación conjunta de diversos estudios llevados a cabo por el grupo de Ecología de Paisajes, las áreas de Hidrología Superficial y de Hidrología Subterránea del IHLLA y de personas vinculadas a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (FA-UNCPBA), durante los últimos diez años. Este conjunto incluye artículos en revistas y libros, publicaciones en congresos, tesis de grado y posgrado y una amplia base de datos sobre el sitio y sus alrededores, la cual se actualiza de manera permanente (Tabla 2).

**Tabla 2.** Trabajos y publicaciones llevados a cabo en el área de estudio desde el IHLLA o la FA-UNCPBA que se han tomado como referencia

Autor/es	Título	Tipo de trabajo	Año
Entraigas, I., Vercelli, N., Ares, G., Varni, M. y Zeme, S.	Flooding as an ecological disturbance in natural grasslands in depressed catchments. Case of the Azul creek basin (Argentina)	Publicación en revista	En evaluación
Carretero, N.	Análisis de la variabilidad espacio-temporal del valor forrajero del pastizal natural	Tesis de grado	En elaboración
Villalba, N.	Caracterización del género <i>Azospirillum</i> en los peladares de la cuenca del Arroyo del Azul. Elaboración de un material didáctico multimedia para la escuela secundaria	Tesis de grado	2015
Chiramberro, S.	Análisis de la variabilidad espacio-temporal del valor forrajero de un pajonal de <i>Paspalum quadrifarium</i> en la cuenca del arroyo del Azul	Tesis de grado	2015
Migueltorena, V., Entraigas, I. y Varni, M.	La conectividad paisajística en el sector llano de la cuenca del arroyo del Azul	Publicación en congreso	2014
Carretero, F.	Caracterización de la eficiencia productiva de los rodeos de cría de la zona norte del partido de Azul	Tesis de grado	2014
Zeme, S., Varni, M., Entraigas, I. y Vercelli, N.	Comportamiento del nivel freático a lo largo de una transecta en un área llana de pastizales naturales en la cuenca del arroyo del Azul	Publicación en congreso	2014
Entraigas, I., Vercelli, N., Carretero, N., Chiramberro, S. y de Dominicis, H.	Influencia de los anegamientos prolongados en la composición florística del pastizal natural en la cuenca baja del arroyo del Azul	Publicación en congreso	2013
Entraigas, I.	Paisajes serranos y periserranos	Capítulo de libro	2013
Varni, M., Entraigas, I., Migueltorena, V. y Comas, R.	Evaluation of flooded areas with satellite imagery using an objective hydrologic criterion	Publicación en revista	2013
Vercelli, N.; Entraigas, I.; Scaramuzzino, R.; Migueltorena, V. y D'Alfonso, C.	Plantas medicinales de los bajos alcalinos de la cuenca del arroyo del Azul (provincia de Buenos Aires, Argentina)	Publicación en revista	2013a
Vercelli, N., Entraigas, I., Migueltorena, V., y Argañaraz, J.	Paisajes de llanura	Capítulo de libro	2013b
Álvarez Lezcano, I.	Caracterización de la avifauna de los bajos alcalinos de la cuenca del arroyo del Azul y su integración con los contenidos propuestos para el 1º año de la Escuela Secundaria	Tesis de grado	2012
Lucero, L., Mestelán, S., Entraigas, I. y Migueltorena, V.	Variabilidad de suelos de peladares en la cuenca baja del arroyo del Azul	Publicación en congreso	2012
Vercelli, N., Entraigas, I., Migueltorena, V. y Varni, M.	Las cubetas de deflación y su función en los pastizales pampeanos	Publicación en congreso	2012
Vercelli, N.	Caracterización de agroecosistemas a escala de paisaje en la cuenca baja del arroyo del Azul y propuesta para su enseñanza en la Escuela Secundaria	Tesis de grado	2011
De Dominicis, H.	Parámetros productivos y resultados económicos en establecimientos de cría del norte del Partido de Azul. Estudio de caso. Tesis de Especialista en Gestión de la Cadena de Valor de la Carne Bovina	Tesis de especialización	2010

(continúa...)

Scaramuzzino, R., Gandini, M., Valicenti, R., D'Alfonso, C. y Farina, E.	Especies vegetales asociadas a humedales en distintos sectores de la cuenca baja del arroyo del Azul: Monocotiledóneas	Publicación en congreso	2010
Zárate, M. y Mehl, A.	Geología y geomorfología de la cuenca del arroyo del Azul, provincia de Buenos Aires, Argentina	Publicación en congreso	2010
Zárate, M., Mehl, A. y Castro, M.	Geomorfología de la cuenca del arroyo del Azul	Informe inédito	2010
Migueltorena, V.	Estudio comparativo entre dos elementos del paisaje en la cuenca del Arroyo del Azul. Análisis del tratamiento de los conceptos de la Ecología de Paisajes en el Nivel Secundario (ex-Polimodal)	Tesis de grado	2009
Silvestro, L.B.	La lechucita de las vizcacheras cambia su dieta con el correr de las estaciones: una propuesta de trabajo con alumnos de escuelas rurales, hacia la alfabetización científica	Tesis de grado	2009
Wynne J., De Haro A., Martinoia G. y Rivas V.	Agentes animales asociados al cultivo de soja bajo sistema de siembra directa y convencional	Publicación en congreso	2008
Martinoia, G., de Haro A. M. y Parmiggiani, E.	Especies animales asociadas a los cultivos de soja y girasol en un sector agrícola del Partido de Azul, provincia de Buenos Aires	Publicación en congreso	2005
Varni, M., Rivas, R. y Entraigas, I.	Interacción de un cuerpo de agua superficial con el agua subterránea en la llanura pampeana	Publicación en revista	2003

## 2.1. Unidades de análisis

El establecimiento agropecuario estudiado se asocia a un sistema de pastizales naturales, pero un análisis más minucioso permite apreciar dentro de él subsistemas o ambientes específicos. Por eso, si bien es posible hablar de servicios ecosistémicos que se manifiestan a nivel general, se ha considerado conveniente realizar una caracterización de cada situación por separado. De esta manera fue posible identificar la diversidad de bienes y servicios (B/S) provistos por el sistema en su totalidad, pero atendiendo también a la heterogeneidad interna del mismo.

Se distinguen tres unidades de análisis (UA), en función de tres tipos de ambientes reconocidos en el área: *bajos tendidos*, dunas y *cubetas de deflación*, los cuales se asocian a combinaciones específicas de suelo, agua y vegetación y exhiben comportamientos distintivos dentro del paisaje. En la descripción que se presenta a continuación se aborda cada UA desde diferentes aspectos (geomorfológico, hidrológico, ecológico y de aprovechamiento, si corresponde), resaltando aquellos componentes que hacen a la provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

### 2.1.1. Bajos tendidos

Constituyen los ambientes más representativos del área de estudio y de la pampa deprimida bonaerense en general. Hacen referencia a las áreas planas y extendidas o con relieve ligeramente negativo en las que se presentan ciertas limitaciones para el drenaje superficial y subsuperficial. En coincidencia con ello, se trata de zonas en las que es común la ocurrencia de anegamientos o inundaciones regulares por algunos días o semanas, aunque la lámina de agua no suele superar el par de centímetros por sobre el nivel del suelo (Vercelli *et al.*, 2013b). Tal como ha sido mencionado anteriormente, estas condiciones se ven influenciadas por la escasa pendiente regional y la presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie, frecuentemente acompañada por la presencia de costras

calcáreas a escasa profundidad y rasgos de sodicidad en horizontes subsuperficiales del suelo.

Entraigas *et al.* (2013) indican que en términos fisiográficos, estos ambientes se asocian a las zonas de pastizal propiamente dichas (“flechillares”), constituyendo comunidades uniestratificadas dominadas por especies rastreras, arrosetadas o de escasa altura entre las cuales sobresalen algunos ejemplares de gramíneas erectas de mayor porte. Entre las primeras cabe destacar a *Phylanodiflora* var. *minor* (yerba de mosquito), *Dichondra microcalyx* (oreja de ratón), *Lotus tenuis* (trébol pata de pájaro), *Cynodon dactylon* (gramilla o pata de perdiz) y *Cypella herbetii* (lirio del bajo). Dentro de las gramíneas erectas se encuentran *Bothriochloa laguroides* (plumerillo blanco, cola de zorro), *Paspalum dilatatum* (pasto miel) y *Setaria viridis* (setaria, panizo) en el período estivo-otoñal; y *Nassella formicarum* (flechilla), *Lolium multiflorum* (raigrás) y *Poa ligularis* var. *resinulosa* (coirón poa) durante el período invierno-primaveral (Fig. 5).



**Figura 5.** Vista panorámica de un sector de flechillar en los bajos tendidos.

Dentro de la matriz descripta es posible encontrar manchones o parches de comunidades vegetales conocidas como “peladares” o “peladales” (Figura 6), asociados a la presencia de suelos halomórficos, de carácter alcalino a fuertemente alcalino y no salino en superficie, y alcalinos moderadamente salinos a partir de los 40 cm de profundidad (Lucero *et al.*, 2012). Las especies que caracterizan estos sitios son *Distichlis spicata* (pelo de chancho), *Distichlis scoparia* (pasto salado), *Hordeum pusillum*, *Sporobolus indicus* (pasto alambre, nido de perdiz), y *Spergula ramosa* (arenaria roja). Como rasgo distintivo de estos ambientes cabe destacar la función del alga *Nostoc commune*, un microorganismo fotótrofo fijador de nitrógeno que se desarrolla bajo condiciones húmedas y cálidas y que se asociaría a un favorecimiento de la productividad pastoril. Ansín (1995) reconoce una relación positiva entre la presencia del alga durante el otoño y la cobertura vegetal en la primavera siguiente, ya que parecería que en pastizales de la Pampa bonaerense, la misma estaría facilitando los procesos de colonización de los suelos alcalinos desnudos. Ansín *et al.* (2002) han determinado que

procesos tales como la germinación de las semillas y la emergencia y establecimiento de plántulas son efectivamente favorecidos por la presencia de *N. commune*, debido a los cambios en las propiedades físico-químicas de los suelos colonizados por la misma.



**Figura 6.** Vista en detalle de una comunidad de peladar dominada por especies del género *Distichlis*.

Por otro lado, también se destaca la existencia de lomas que se elevan a modo de pequeñas islas, y en las que se han registrado especies tales como *Amelichloa caudata* (paja vizcachera), *Bromus catharticus* (cebadilla criolla), *Geranium molle* (alfilerillo), *Oxalis conorrhiza* (vinagrillo), *Hordeum stenostachys* (centenillo) y *Centaurea calcitrapa* (abrepuño colorado o cardo estrellado).

Vercelli *et al.* (2013b) también añaden que durante anegamientos prolongados los sectores más deprimidos exhiben una notable disminución de la proporción de dicotiledóneas exóticas, acompañada por la proliferación de especies como *Marsilea concinna* (trébol de cuatro hojas acuático o trébol de la suerte), *Cyperus corymbosus* var. *subnodosus*, *Cyperus reflexus* (negrillo), *Eleocharis bonariensis* (junquillo), *Paspalum vaginatum* y *Leersia hexandra* (arrocillo), entre otras.

Más allá de la descripción realizada, cabe destacar que en estos bajos tendidos (incluyendo el sitio bajo análisis) se han detectado 81 especies vegetales con propiedades medicinales, de un total de 150 especies identificadas (Vercelli *et al.* 2013a). A nivel de familia, se destacan *Asteraceae* (24 especies; 29,63% del total), *Poaceae* (7 especies; 8,64%) y, en tercer lugar, *Apiaceae* y *Plantaginaceae* (5 especies; 6,17% cada una). En cuanto a los usos potenciales, los autores han establecido la siguiente secuencia: diurético (30 especies), digestivo (17 especies), hepático (15 especies) y vulnerario (13 especies). En el citado trabajo se afirma también que en comparación con lo que sucede a nivel provincial, los ambientes descriptos albergan el 13% de las especies medicinales reconocidas para la totalidad del territorio bonaerense. Este dato no es menor, si se tiene en cuenta que estos bajos suelen constituir espacios frecuentemente marginales para otras actividades y destinados sólo al pastoreo extensivo, por tratarse de sitios con serias

limitaciones para el desarrollo de la agricultura. Tal es así que, a pesar de tratarse de recursos que en la actualidad no suelen ser aprovechados por los pobladores locales, no dejan de constituir un servicio factible de ser utilizado.

Migueltorena *et al.* (2014) expresan que en lo que respecta al comportamiento frente a la dinámica hídrica de la región, los bajos exhiben una conducta diferenciada según se trate de períodos húmedos o secos. Durante períodos húmedos en los que esos sitios se encuentran sujetos a anegamientos prolongados, el agua permanece sobre la superficie del suelo por un tiempo considerable y halla en estos ambientes terrenos por los cuales discurrir en forma de lámina (escurrimiento mantiforme), conectando así amplios sectores a lo largo y ancho del paisaje. Durante los períodos de déficit hídricos, en tanto, los pastizales retoman su carácter de matriz, constituyéndose como los elementos más destacados de la zona y protagonistas de la conectividad espacial. En una primera instancia, ante la caída de precipitaciones, la vegetación ejerce un efecto de amortiguación, favoreciendo así la retención sobre el terreno, los procesos de infiltración y recarga del acuífero. Las características descritas adquieren significancia al momento de entender su influencia sobre la energía necesaria para producir el escurrimiento superficial (Paoli y Giacosa, 1984). Como cabe esperar, estos fenómenos cobran más relevancia en las áreas que presentan una cobertura vegetal más densa. En concordancia con ello, los manchones de peladar se comportan de manera distinta a la matriz dominada por pastos: su vegetación rala, acompañada de porcentajes de suelo desnudo considerablemente mayores, determinan que la capacidad de amortiguación y los efectos asociados a ello sean menores.

El estudio realizado por Zeme *et al.* (2014) referido al comportamiento del nivel freático a lo largo de una transecta que atraviesa el establecimiento en cuestión, permite asociar los flechillares ubicados en los bajos con sitios en los que se manifiestan eventos de recarga más significativos. Los autores también comparan la conductividad eléctrica del agua subterránea somera en distintos sitios y determinan que, dentro de la variedad de ambientes analizados, son éstos los que presentan los tenores salinos más bajos. La presencia de aguas someras más diluidas se explica no sólo por el hecho de que estos sitios se encuentren en posiciones más bajas del paisaje, sino también por el efecto que ejerce la vegetación presente en ellos al favorecer, a través de su densidad, los procesos de infiltración y, consiguientemente, los movimientos verticales a través del perfil del suelo. En el mismo trabajo se destaca también el comportamiento diferenciado que presenta un sitio representativo de peladar, fundamentalmente en lo que respecta a la marcada diferencia de salinidad que exhibe frente a la comunidad mencionada (en promedio, la conductividad eléctrica del agua en el peladar supera los 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que en el flechillar al que se hizo referencia ronda los 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los niveles freáticos registrados en ambos sitios exhiben profundidades muy cercanas a la superficie, pero su dinámica es diferente. Así, las zonas dominadas por especies del género *Distichlis* se caracterizan por la acumulación de sales en superficie y porque el movimiento horizontal del agua (escurrimiento superficial) predomina por sobre el vertical. Además, y si bien tras eventos de lluvia se producen flujos descendentes que se traducen en recargas al acuífero, el movimiento a través del perfil suele ser ascendente. Este fenómeno es especialmente marcado durante la época estival, cuando la evaporación directa desde la franja capilar es máxima, y se vincula estrechamente con las características mencionadas con anterioridad (suelos halomórficos y con una cobertura vegetal que deja amplias superficies al desnudo).

En lo que a fauna se refiere es posible verificar la presencia de numerosas especies típicas de la región, enunciadas por Vercelli *et al.* (2013b). Entre los reptiles cabe mencionar la viborita ciega o de dos cabezas (*Amphisbaena angustifrons*) y a la culebra verde de vientre blanco (*Philodryas aestivus subcarinatus*); entre los anfibios, el escuerzo (*Ceratophrys ornata*); entre los mamíferos, los ratones de pastizal pampeano (*Akodon azarae*), ratones hocicudos rojizos chicos (*Oxymycterus rufus*), ratones de cola larga chicos (*Oligoryzomys flavences*), cuises (*Cavia aperea*), colicortos (*Monodelphis dimidiata*), liebres europeas (*Lepus europaeus*) y zorrinos (*Conepatus chinga*), entre otros; y numerosas especies de insectos, crustáceos y arácnidos.

La avifauna presenta una elevada riqueza, quedando registrada por Álvarez Lezcano (2012), quien ha realizado un relevamiento a lo largo de un año, basado en muestreos mensuales. Entre los principales exponentes se encuentran el tero común (*Vanellus chilensis*), el pico de plata (*Hymenops perspicillatus*) y el pecho amarillo (*Pseudoleistes virescens*) –estas dos últimas son especies indicadores de pastizales en buen estado de conservación, según Marino (2008)–, gorriones (*Passer domesticus*), chingolos (*Zonotrichia capensis*), tordos renegridos (*Molothrus bonariensis*), carpinteros campestres (*Colaptes campestris*), chimangos (*Milvago chimango*), horneros (*Furnarius rufus*), caranchos (*Polyborus plancus*), benteveos comunes (*Pitangus sulphuratus*) garcitas bueyeras (*Bubulcus ibis*) y lechucita de las vizcacheras (*Athene cucularia*) (en la zona, los hábitos de esta última fueron estudiados en detalle por Silvestro, 2009). En su trabajo, Álvarez Lezcano también hace referencia a un amplio conjunto de especies migrantes regionales, las cuales frecuentan estos campos en diferentes épocas del año. Entre ellas cabe mencionar las cigüeñas americanas (*Ciconia maguari*), garzas blancas (*Egretta alba*), cuervillos de cañada (*Plegadis chihi*), gaviotas capucho café (*Larus maculipennis*), tijeretas (*Tyrannus savana*), corbatitas comunes (*Sporophila caeruleascens*), golondrinas domésticas (*Progne chalybea*) y golondrinas negras (*Progne elegans*).

### 2.1.2. Dunas

Las dunas constituyen geofomas de origen eólico con relieve positivo, resultando en los únicos elementos del paisaje de la cuenca baja que no son afectados por inundaciones ni anegamientos. Por el contrario, en períodos secos ofician de barreras para los intercambios laterales de agua y, en períodos húmedos, direccionan su movimiento, creando verdaderos cursos superficiales que discurren recostados sobre sus laderas (Vercelli *et al.*, 2013b). Conforman el extremo sudoriental del extenso campo de dunas oriental de la región pampeana, suelen estar bien conservadas, reconocerse con facilidad en imágenes satelitales y presentar un rol destacado en el control de la red de drenaje de la región (Zárate y Mehl, 2010). Estos últimos autores añaden que, de acuerdo a su morfología, las hay de tipo longitudinal y parabólico, aunque en el sector abarcado por éste estudio se asocian sólo con las del primer grupo. Las dunas longitudinales tienen un carácter lineal, se encuentran dispuestas en forma paralela unas con otras y siguiendo un sentido noreste-sudoeste. Presentan una extensión que varía entre 4 y 10 km, una anchura inferior a 100 m, una altura relativa de entre 1 m y 1,5 m y están formadas por limos arenosos macizos y muy friables (depósitos de loess arenosos). Los suelos presentes, si bien presentan una menor diferenciación de horizontes que los de las áreas bajas, exhiben buenas condiciones de drenaje y han sido caracterizados como profundos, ácidos y no salinos en todo el perfil (Batista y León, 1992). Aunque restringida espacialmente y tal como lo señalan Vercelli *et al.* (2013b), las condiciones de base descriptas posibilitan el desarrollo de la actividad agrícola, que presenta dinámicas anuales específicas en función de las especies implantadas. Entre los cultivos invernales se destaca la cebada (*Hordeum*

*vulgare*) y entre los de verano, la soja (*Glycine max*) y el sorgo (*Sorghum spp.*). Las cualidades mencionadas también explican que la cobertura original de la mayor parte de las dunas presentes en la región se encuentre modificada, ya sea por la implementación de cultivos o por la construcción de infraestructura (especialmente caminos o cascos de estancia) (Figura 7). Los autores también mencionan que la vegetación que ocupaba estos ambientes antes de los cambios de uso descritos se correspondería con la comunidad “A” de Burkart *et al.* (1990), dominada por mélica (*Melica brasiliana*), colita de tatú o tembladerillas (*Chascolytrum subaristatum*), flechilla brava (*Nassella neesiana*), flechilla o lágrima de la virgen (*Piptochaetium bicolor*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*), plumerillo blanco o cola de zorro (*Bothrichloa laguroides*) y cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), entre otras, formando una comunidad que se relaciona a los campos más altos de la región.

A pesar del alto grado de intervención que experimentan estas unidades, es posible avistar fauna de diverso tipo. Entre los mamíferos, Entraigas (2013) destaca comadreja overas (*Didelphys albiventris*), hurones menores (*Galictis cuja*), lauchas de campo (*Calomys laucha*), lauchas manchadas (*Calomys musculinus*) y cuises (*Galea musteloides*). La avifauna es algo más diversa y está representada por ejemplares de lechuzón de campo (*Asio flammeus*), gavilán planeador (*Circus buffoni*), gavilán ceniciento (*Circus cinereus*), carancho (*Caracara plancus*), pico de plata (*Hymenops perspicillatus*) y loica (*Sturnella loyca*), entre otras. Las franjas de vegetación natural que persisten en las banquinas de los caminos y bajo los alambrados suelen ser hábitats de algunos reptiles, tales como las viboritas ciegas o de dos cabezas (*Amphisbaena darwini heterozonata*), yararás ñatas (*Bothrops ammodytoides*), falsas yararás ñatas (*Lystrophis dorbignyi*) y falsas yararás oceladas (*Tomodon acellatus*). A su vez, se desarrolla una extensa fauna compuesta por invertebrados (muchos de los cuales considerados plagas para los cultivos). A modo de ejemplo se destacan la chinche verde (*Nezara viridula*), la chiche diminuta (*Nysius sp.*), la arañuela roja (*Tetranychus urticae*), la tucura (*Dichroplus sp.*), la oruga medidora (*Rachiplusia nu*), la oruga áspera (*Agrotis maléfida*), el trip del poroto (*Caliothrips phaseoli*), el bicho torito (*Diloboderus abderus*), el escarabajo rubio (*Cyclocephala sp.*), la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*), la isoca del maíz (*Helicoverpa zea*), el salta perico (*Conoderus sp.*), la vaquita de San Antonio (*Diabrotica speciosa*), babosas, bichos bolita y varias especies de pulgones y gusanos (Martinoia, 2005; Wynne, 2008; Entraigas, 2013).



**Figura 7.** Vista general de una duna. La imagen permite apreciar el reemplazo del pastizal natural para la demarcación de caminos y el desarrollo de la actividad agrícola.

### ***2.1.3. Cubetas de deflación***

Al igual que las dunas, se trata de elementos de origen eólico, aunque en este caso constituyen depresiones en el terreno, es decir, geoformas con relieve negativo. De esta manera, suelen conformar cuerpos de agua temporarios de escasa profundidad (por lo general inferior a 1,5 m) y con diámetros que varían entre 2 y 300 m. Exhiben una forma circular a semicircular, excavada por vientos provenientes principalmente del cuadrante sudoeste-oeste. Como resultado de este proceso, se presentan acompañadas por zonas de acumulación del material deflacionado, dando lugar a geoformas denominadas lunettes, mencionadas y descritas en la cuenca del río Salado (Dangavs y Reynaldi, 2008) (Figura 8).



**Figura 8.** Cubeta de deflación y comunidades asociadas

Los suelos de las cubetas se caracterizan por la presencia muy frecuente de rasgos hidromórficos (moteados, nódulos de hierro y manganeso y horizontes álbicos), los cuales se asocian a un drenaje interno deficiente. A nivel de grandes grupos, pueden corresponder a argialboles o natralboles. Los médanos adyacentes (lunettes) exhiben buenas condiciones de drenaje y es típica la presencia de haplustoles, caracterizados por un horizonte “A” potente que pasa transicionalmente a un horizonte “C”.

Las comunidades vegetales presentes en estos sitios responden a las mencionadas particularidades hídricas y edáficas. De este modo, las especies presentes pueden dividirse en tres grupos, de acuerdo a su tipo de hábitat: acuáticas (o hidrófitas), palustres (o helófitas) y terrestres. Scaramuzzino *et al.* (2010) han relevado las especies hidrófitas y helófitas presentes en los humedales de la cuenca del arroyo del Azul (interior de los cuerpos de agua permanentes y temporarios, sus áreas perimetrales y los micrositios húmedos) y han obtenido que casi un 60% de las especies registradas corresponden a la familia de las *Poaceae* (57 especies de un total de 97 relevadas), mientras que el resto se divide en *Cyperaceae* (19 especies), *Juncaceae* (5 especies) y las restantes 16 a otras familias. A nivel de especie, las más características son *Solanum glaucophyllum*, *Schoenoplectus californicus* var. *californicus*, *Mentha pulegium*, *Malvella leprosa*, *Altenanthera philoxeroides*, *Carduus acanthoides*, *Dichondra microcalyx*, *Conyza bonariensis*, *Portulaca oleracea*, *Phyla canescens*, *Medicago polymorpha*, *Melilotus officinalis* y *Polygonum hydropiperoides*.

En función del régimen hídrico, las cubetas también exhiben características muy diferenciadas a lo largo del tiempo. Cuando se encuentran colmadas de agua funcionan como abrevaderos, reservorios y hábitat para determinadas especies animales, pero a medida que comienzan los períodos de sequía, comienzan a verse ocupadas por hierbas palatables tales como lupulina (*Medicago lupulina*), trébol blanco (*Trifolium repens*), cebadilla de agua (*Glyceria multiflora*), raigrás (*Lolium multiflorum*), hierba de las hadas (*Lachnagrostis filiformis*) y gramilla (*Cynodon dactylon*), entre otras, las cuales son aprovechadas por el ganado para su alimentación (Vercelli *et al.*, 2012). Continuando con

la descripción de estos autores, a nivel paisaje, el área ocupada por las cubetas se asocia a importantes procesos de amortiguación, participando activamente en la disipación del agua que ingresa al sistema. Debido a la escasa pendiente regional, el escurrimiento superficial es sumamente lento, sin embargo, este tipo de depresiones relativamente definidas suelen constituir sitios de acumulación por excelencia, pudiendo convertirse en humedales de gran envergadura. Así, el agua contenida en ellas suele permanecer más tiempo que el que lo hace en las zonas llanas adyacentes, situación favorecida tanto por los perfiles cóncavos, como así también por el tipo de suelos y la densidad de su vegetación ribereña.

Ampliando lo mencionado anteriormente, cuando las cubetas se encuentran con agua pasan a ser el hábitat de una considerable variedad de especies animales, tal como lo explicitan Vercelli *et al.* (2013b). La ictiofauna se corresponde con la presencia peces anuales, los cuales o bien presentan adaptaciones a los ciclos de sequía e inundaciones, o bien acceden a estos sitios por conectividad acuática o zoocoria. De esta manera, suelen ser ocupadas por especies tales como pavitos (*Austrolebias nigripinnis*, *Austrolebias belloti* y *Megalebias elongatus*), tachuelas o limpiafondos (*Corydoras paleatus*), madrecitas (*Jenynsia multidentata* y *Cnesterodon decemmaculatus*), mojarra (*Astyanax fasciatus*, *Astyanax eigenmanniorum* y *Bryconamaericus iheringii*), mojarritas (*Cheirodon interruptus*) y carpas (*Cyprinus carpio*). Dentro de los anfibios se destacan ranas criollas (*Leptodactylus ocellatus*), sapos comunes (*Chaunus arenarum*), escuerzos (*Ceratophrys ornata*), ranitas del zarzal (*Hypsiboas pulchellus*), escuercitos (*Odontophrynus americanus*), sapitos de jardín (*Rhinella dorbingnyi*), ranitas de Fernández (*Physalaemus fernandezae*), ranitas enanas (*Pseudopaludicola falcipes*) y ranitas nadadoras (*Pseudis minuta*). Dentro de los reptiles, en tanto, habitan culebras de bañado, de pastizal o verdinegra (*Liophis poecilogyrus sublineatus*). Entre los mamíferos se encuentran la comadreja colorada (*Lutreolina crassicaudata*) y el coipo (*Myocastor coypus bonariensis*); entre los invertebrados, las artemias de agua dulce (*Dendrocephalus sp.*), los caracoles manzana (*Pomacea canaliculata*), sanguijuelas, arañas y numerosas especies de insectos. Por último, estos ambientes constituyen uno de los sitios con mayor riqueza de avifauna de la región. Comunicaciones personales citadas por los mencionados autores hacen referencia al avistaje de ejemplares pertenecientes a alrededor de 60 especies, en diferentes cubetas de la zona, tales como espátulas rosadas (*Platalea ajaja*), macáes comunes (*Rollandla rolland*), macáes pico grueso (*Podilymbus podiceps*), cisnes cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), junqueros (*Phleocryptes melanops*), gallaretas ligas rojas (*Fulica armillata*), gallaretas chicas (*Fulica leucoptera*), patos capuchinos (*Anas versicolor*), patos picasos (*Netta peposaca*), patos cuchara (*Anas platalea*), patos gargantilla (*Anas bahamensis*), patos colorados (*Anas cyanoptera*), cigüeñas americanas (*Ciconia maguari*), caracoleros (*Rostrhamus sociabilis*), gaviotas capucho café (*Larus maculipennis*), teros reales (*Himantopus melanurus*), garcitas azuladas (*Butorides striatus*) y garzas brujas (*Ncticorax ncticorax*), entre otros.

## 2.2. Identificación y clasificación de bienes y servicios

La identificación y clasificación de bienes y servicios surge del análisis y contraste con la literatura relativa a esta temática. En su trabajo “Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos”, Camacho Valdez y Ruiz Luna (2011) realizan una revisión de las propuestas más aceptadas acerca de su alcance y clasificación. Dentro de los abordajes principales destacan el de Costanza *et al.*, (1997), quienes definen un listado

de 17 bienes y servicios ecosistémicos enfatizando sobre el papel que juegan los ecosistemas en el mantenimiento de los soportes de vida del planeta y su relación con el bienestar humano. Sin embargo, es recién con la propuesta de De Groot *et al.* (2002) que se presenta una clasificación enfocada en diseñar una tipología sistemática y un marco de trabajo general para el análisis de estas cuestiones. Tal como se ha mencionado anteriormente, son estos autores quienes subrayan la necesidad de destacar el subconjunto de funciones del ecosistema que están estrechamente relacionadas con la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios.

La mencionada revisión también hace referencia a la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment - MEA)*, iniciativa centrada en el esfuerzo conjunto de una densa red de científicos, tomadores de decisiones y expertos en diversas áreas provenientes de alrededor de noventa países, siendo este uno de los más difundidos, especialmente en lo que respecta a la gestión.

Para el presente trabajo se ha adoptado la clasificación propuesta por De Groot *et al.* (2002). La decisión se fundamenta en la importancia que los procesos físico-naturales representan en el sitio bajo análisis; si bien, y como todo agrosistema, se encuentra modificado, su funcionamiento depende en gran medida del comportamiento del sistema ecológico de base. Dado que aún no se cuenta con una clasificación definitiva y universalmente aceptada, a modo complementario los bienes y servicios obtenidos en esa primera instancia se han enmarcado también dentro de las cuatro categorías propuestas por MEA (2005).

### **2.2.1. Clasificación de funciones, bienes y servicios ecosistémicos – De Groot *et al.* (2002)**

Como primera medida, el sistema de clasificación propuesto por De Groot *et al.* (2002) distingue cuatro grupos de funciones ecosistémicas: *de regulación, de hábitat, de producción y de información*. Los dos primeros son esenciales para el mantenimiento de procesos y componentes naturales y, por lo tanto, determinantes en lo que refiere a la disponibilidad de los dos restantes. A continuación se describe cada uno de los tipos de funciones mencionados:

- 1. Funciones de regulación:** Se vinculan con la capacidad de los sistemas naturales y semi-naturales de regular procesos ecológicos esenciales y sistemas de soporte de vida a través de ciclos biogeoquímicos y otros procesos que se llevan a cabo en la biosfera. Además de mantener la salud de los ecosistemas, estas funciones derivan en servicios con beneficios directos e indirectos para los seres humanos, tales como aire limpio, control biológico, provisión de agua, etc.
- 2. Funciones de hábitat:** Se vinculan con la capacidad de proporcionar refugio y hábitats adecuados para la reproducción y desarrollo de plantas y animales silvestres, contribuyendo asimismo con su conservación *in situ*.
- 3. Funciones de producción:** Derivan de la producción primaria y secundaria que tiene lugar a través de las redes tróficas presentes en los ecosistemas y derivan en la provisión de una variedad de elementos que van desde alimentos y materia prima hasta recursos energéticos y material genético.
- 4. Funciones de información:** Entendiendo que la mayoría de las actividades humanas implican la transformación total o parcial del hábitat, los ecosistemas naturales o semi-naturales proporcionan una cierta “función de referencia”. Además, contribuyen al mantenimiento de la salud brindando oportunidades de reflexión, enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, recreación y experiencias estéticas.

Una vez que se conocen las funciones que se llevan a cabo en el ecosistema, es posible analizar la naturaleza y magnitud del valor que representen para la sociedad, proveyendo así las bases empíricas para la clasificación de aspectos potencialmente aprovechables. Las funciones observables son entonces re-conceptualizadas como bienes o servicios ecosistémicos, los cuales llevan implícita la valoración humana (valoración que no queda sólo restringida a lo económico).

El sistema propuesto contempla una lista de 23 funciones ecosistémicas, las estructuras y procesos que las subyacen y ejemplos de bienes o servicios específicos derivados de las mismas. Cabe aclarar que en este último conjunto sólo se incluyen aquellos B/S factibles de ser utilizados con bases sustentables, en miras de proteger la estructura y dinámica del sistema ecológico que los abastece (de esta manera, se excluyen aquellos relacionados con la explotación de recursos no renovables).

La Figura 9 exhibe parte del listado original elaborado por los autores. Esta tabla es la que ha servido de base al momento de identificar y categorizar las funciones, bienes y servicios ecosistémicos presentes en el área de estudio, de acuerdo a las particularidades del sitio.

Functions, goods and services of natural and semi-natural ecosystems		
Functions	Ecosystem processes and components	Goods and services (examples)
<i>Regulation Functions</i>		
<i>Maintenance of essential ecological processes and life support systems</i>		
1 Gas regulation	Role of ecosystems in bio-geochemical cycles (e.g. CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> balance, ozone layer, etc.)	1.1 UVb-protection by O <sub>3</sub> (preventing disease). 1.2 Maintenance of (good) air quality. 1.3 Influence on climate (see also function 2.)
2 Climate regulation	Influence of land cover and biol. mediated processes (e.g. DMS-production) on climate	Maintenance of a favorable climate (temp., precipitation, etc) for, for example, human habitation, health, cultivation
3 Disturbance prevention	Influence of ecosystem structure on dampening env. disturbances	3.1 Storm protection (e.g. by coral reefs). 3.2 Flood prevention (e.g. by wetlands and forests)
4 Water regulation	Role of land cover in regulating runoff & river discharge	4.1 Drainage and natural irrigation. 4.2 Medium for transport
5 Water supply	Filtering, retention and storage of fresh water (e.g. in aquifers)	Provision of water for consumptive use (e.g. drinking, irrigation and industrial use)
6 Soil retention	Role of vegetation root matrix and soil biota in soil retention	6.1 Maintenance of arable land. 6.2 Prevention of damage from erosion/siltation

**Figura 9.** Funciones, bienes y servicios de ecosistemas naturales y semi-naturales. Fragmento extraído de De Groot *et al.* (2002).

#### 2.2.1.1. Descripción de bienes y servicios identificados en el sitio

Siguiendo el modelo conceptual expuesto, en este apartado se describe el alcance de los tipos de B/S reconocidos, de acuerdo a las funciones ecosistémicas que se desprenden de la caracterización del sitio. Se incluye también la estrategia utilizada para su estimación. Dado que la misma supone la revisión e interpretación de la literatura disponible, en cada ítem se mencionan el o los trabajos de investigación que han servido de base al momento de identificar y valorizar cualitativamente cada B/S. Estas citas no pretenden ser exhaustivas ni excluir otros estudios, sino que refieren a las publicaciones que se relacionan de manera más directa con la manifestación de las diversas funciones y B/S ecosistémicos a través de las tres unidades de análisis. La mayor parte de ellas han sido enunciadas en la Tabla 2, a excepción de aquellas cuyo objeto de estudio no se corresponde con el predio analizado ni sus alrededores.

*Bienes y servicios derivados de funciones de regulación:*

- **Recarga de acuíferos:** Hace referencia al proceso mediante el cual el agua se incorpora a las reservas subterráneas a través de mecanismos entre los que se encuentran la infiltración del agua de lluvia, las transferencias desde aguas superficiales, desde otro acuífero o diversos tipos de intervenciones humanas (recargas artificiales). Para la región se cuenta con trabajos que han estudiado los fenómenos de transferencia entre el medio superficial y subterráneo en los diferentes tipos de ambientes, a través del análisis hidroquímico, de niveles freáticos y/o de balance de agua en el suelo (Varni *et al.*, 2003, Zeme *et al.*, 2014)
- **Prevención o retardo de inundaciones:** En este sentido, la estructura y dinámica de los ecosistemas deriva en un beneficio vinculado con la prevención y amortiguación de disturbios que pueden tener efectos negativos sobre la sociedad (en este caso, inundaciones). Tanto este servicio como el anterior se ven fuertemente influenciados por los cambios naturales o antrópicos en las condiciones naturales del ecosistema (principalmente en la cobertura vegetal), los cuales alteran la duración y magnitud del escurrimiento superficial y la capacidad de almacenamiento de agua dentro del sistema. El rol de la vegetación y su vínculo con la conectividad y dinámica del paisaje en los diferentes sectores que lo conforman se han extraído de Migueltoarena *et al.*, 2014. Entraigas *et al.*, 2015 (en evaluación).
- **Secuestro de carbono:** La composición química de la atmósfera es mantenida a través de procesos bio-geoquímicos influenciados a su vez por los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas. En este caso se destaca el rol que juegan las tierras de pastoreo en el secuestro de carbono atmosférico (C), ya que los pastizales contribuyen a mitigar el cambio climático global al almacenar C en la biomasa por el proceso de la fotosíntesis y en el suelo por el ciclo del C (Conant *et al.*, 2005). Según la FAO (2002), las tierras de pastoreo ocupan 3.200 millones de hectáreas y almacenan entre 200 y 420 miles de millones de Mg de C en el ecosistema total, gran parte debajo de la superficie y en un estado relativamente estable; en contraposición a ello, se observa una pérdida generalizada de materia orgánica en el suelo de tierras cultivadas (variable en función del tipo de práctica agronómica que se aplique: más o menos conservacionista). De acuerdo con Trumbmore *et al.*, (1995), el C del suelo en tierras de pastoreo es estimado en 70 Mg ha<sup>-1</sup>, cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales. Sin embargo, se han efectuado pocas investigaciones sobre especies subtropicales de pastizales como potenciales reservas de C en el suelo, y son menos aún los que evalúan el efecto de tratamientos de manejo sobre el mismo (Lal, 2004). Las cubetas, en tanto sitios de humedal, también se pueden considerar como sumideros por su alta capacidad para almacenar C en la biomasa vegetal y en el suelo inundado. Sin embargo, a través de los procesos anaeróbicos que pueden tener lugar en ellas, también son eventuales fuentes de metano (CH<sub>4</sub>), que es un gas efecto invernadero. Por lo tanto, para evaluar su papel real frente a la captación de C y sus implicancias frente al fenómeno de calentamiento global, sería necesario estudiar detalladamente la dinámica e interacción entre los dos procesos (fijación de CO<sub>2</sub> y emisión de CH<sub>4</sub>) (Hernández, 2010), situación que excede los alcances de este trabajo.
- **Control del drenaje natural - Transporte de organismos y nutrientes:** Estos servicios surgen de la capacidad de los sistemas naturales de regular los flujos hidrológicos sobre la superficie terrestre. En este caso, dado que el sistema posee gradientes regionales muy leves, el drenaje y el transporte de material a través de los flujos hídricos están regulados por las pequeñas variaciones en la topografía y la vegetación. Esta particularidad se suma a la alternancia entre períodos con déficits y excesos de humedad, lo cual determina que el comportamiento hidrológico en sitios como el analizado sea muy sensible a los cambios

y modificaciones ocurridos sobre la superficie terrestre. La información utilizada al momento de comparar y valorizar la manifestación de este servicio en las distintas UA ha sido extraída de Migueltoarena, 2009 y Migueltoarena et al., 2014.

- Polinización de especies propias del pastizal natural - Polinización de cultivos implantados: La polinización es un proceso de importancia fundamental para la reproducción de la mayoría de las plantas, incluyendo cultivos comerciales. Se trata de una función provista por organismos de especies variadas (aves, insectos y murciélagos), cuya distribución, abundancia y productividad son afectadas por cambios en el ecosistema. Como servicios ecosistémicos asociados a ella no sólo se desprende la polinización de cultivos (aplicable a los ambientes de dunas), sino también la polinización de pastizales naturales (y el efecto positivo que ello tiene sobre el desarrollo de especies aptas para el consumo de ganado). Al momento de estimar el grado de expresión de estos servicios se ha considerado la presencia de plantas melíferas capaces de atraer a la abeja europea, doméstica o melífera (*Apis mellifera*), dado que este es el más emblemático de los agentes polinizadores en sistemas como el estudiado. Entre estas especies se encuentran las distintas variedades de trébol (fundamentalmente el trébol blanco, *Trifolium repens*, junto con *Medicago lupulina*, *Melilotus messanensis* y *Lotus tenuis*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*), menta poleo (*Mentha pulegium*) y algunos tipos de cardos (cardo negro -*Cirsium vulgare*- y falso cardo negro -*Carduus acanthoides*) (Msc. Liliana Tanoni, comunicación personal).

- Control biológico de plagas: Como resultado de largos procesos evolutivos, las comunidades bióticas que conforman un sistema ecológico desarrollan interacciones y mecanismos que permiten un equilibrio más o menos estable dentro de ella, dificultando el ingreso de pestes o enfermedades. El mantenimiento de este equilibrio deriva en el control biológico natural de muchas de las plagas que pueden afectar las especies de interés forrajero o los cultivos. Dado que en la zona no hay mucha información al respecto, la valoración de este servicio se ha construido a partir del análisis del estado natural de conservación y de los trabajos sobre plagas presentes en cultivos. La información empleada para su interpretación ha sido extraída de trabajos como el de Carretero (2014), Vercelli (2011) y Migueltoarena (2009), y de los trabajos de investigación que llevan adelante los integrantes de la Cátedra de Zoología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA (Wynne et al., 2008 y Martinoia et al., 2005).

- Mantenimiento de la productividad en tierra arable - Mantenimiento de suelos naturales productivos: En general, se vinculan a la integridad y funcionamiento de los suelos y su capacidad para soportar la vida vegetal, tanto en tierras cultivadas como en los ambientes naturales. Estos dos servicios dependen de los procesos de formación de suelo que tienen lugar en el ecosistema, los cuales suelen ser complejos y sumamente lentos (a razón de unos centímetros por siglo) y, tras la erosión completa, la regeneración a partir de la roca base puede llevar entre 100-400 años por centímetro (Pimentel y Wilson, 1997, en De Groot et al., 2002). Zárate y Mehl (2010) y Zárate, Mehl y Castro (2010) han realizado un exhaustivo análisis de la geología y geomorfología de la cuenca baja del arroyo del Azul en el que se incluye la descripción de los perfiles edáficos característicos de la región. La interpretación de este informe ha permitido reconocer categorías de suelos más o menos productivos, asociados a los tres ambientes identificados en el presente trabajo.

- Mantenimiento de la calidad en suelos: El mantenimiento de la calidad y salud de los suelos se vincula con la función de ciclado de nutrientes dentro del ecosistema. Así, se destacan el carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y azufre; macronutrientes tales como calcio, magnesio, potasio, sodio y cloro; y diversos elementos traza, como hierro y zinc, todos ellos esenciales para el desarrollo de las diferentes formas de vida. En

su disponibilidad y redistribución intervienen numerosos aspectos, destacándose la descomposición de la materia orgánica a través de la biota presente en el suelo (microorganismos). A los fines de la presente investigación se ha considerado especialmente la información contenida en Entraigas (2013) y los trabajos realizados por Lucero (2011) y Villalba (2015).

*Bienes y servicios derivados de funciones de hábitat:*

- **Mantenimiento de la diversidad genética y biológica:** A través de la provisión de hábitats capaces de abastecer especies permanentes y migratorias, los ecosistemas naturales resultan esenciales para el mantenimiento de diversidad biológica y genética. En el área de estudio este aspecto adquiere especial relevancia, debido a la variabilidad espacial y temporal de condiciones que presenta el sistema (diferencia entre ambientes y a lo largo del año dentro de un mismo ambiente). Además, por tratarse de tierras en general no aptas para el desarrollo agrícola ni urbano, aún posibilitan la permanencia de flora y fauna nativas cuya presencia es difícil de encontrar en otros pastizales que se encuentren más modificados. En términos de las unidades de análisis empleadas, son notables las diferencias entre bajos tendidos y cubetas (levemente modificadas) y dunas (sujetos a procesos de cambio de uso de la tierra mayores). Son varios los trabajos que dan cuenta de ello; como antecedentes en áreas cercanas o que incluyen al predio estudiado cabe citar los trabajos de Migueltoarena (2009) y Vercelli (2011), los cuales han servido de base para estudiar y comparar la situación en cada una de las unidades.

*Bienes y servicios derivados de funciones de producción:*

- **Provisión de forraje:** Hace referencia a la capacidad del ecosistema de proporcionar especies vegetales aptas para la alimentación del ganado. En este caso particular, constituye el servicio que mayor reconocimiento adquiere por parte de la sociedad, siendo precisamente el que motiva el aprovechamiento de estos campos con fines productivos. En la pampa deprimida en general, las especies nativas y naturalizadas, componentes de los diferentes ambientes del pastizal, presentan un valor nutritivo que suele ser suficiente para satisfacer los requerimientos de un rodeo de cría, pese a sus variaciones durante el año (Cahuépe e Hidalgo 2005). En este contexto, cabe introducir el concepto de digestibilidad, entendido como “la proporción de alimento ingerido que no aparece en las heces” y que, por lo tanto, se considera que es utilizable por el animal tras la absorción en el tracto digestivo. Este factor es expresado generalmente por medio del coeficiente de digestibilidad en porcentaje y ayuda a definir la calidad del alimento (Chiramberro, 2015). La revisión bibliográfica realizada permite apreciar que, dentro de las tres unidades de análisis, los bajos tendidos son los que presentan una mayor predominancia de especies con valor forrajero a lo largo del año, a la vez que constituyen las áreas de mayor extensión dentro del paisaje. Específicamente para el caso de los bajos tendidos, se recurrió a la tesis de grado (en elaboración) de Nicolás Carretero, “Análisis de la variabilidad espacio-temporal del valor forrajero del pastizal natural” (Facultad de Agronomía, UNCPBA) y Vercelli et al. (2012), para el caso de las cubetas.
- **Plantas medicinales:** Se asocia a la presencia de especies vegetales con propiedades medicinales, es decir, aquellas factibles de ser utilizadas de manera total o parcial para el tratamiento de alguna afección. Su estimación surge de comparar la presencia de especies con propiedades medicinales a través de los diferentes inventarios botánicos realizados en los ambientes bajo análisis. En este sentido, se destaca especialmente el trabajo realizado por Vercelli, *et al.* (2013), el cual está referido específicamente a los ambientes

de bajos y ha servido de base al momento de abordar y el entendimiento de los otros dos tipos.

- **Mantenimiento de especies nativas:** En este contexto, el mantenimiento de especies nativas se vincula a la disponibilidad de material genético eventualmente utilizable para el mejoramiento de plantas cultivadas o animales domésticos (adaptación a diferentes condiciones, resistencia a pestes y enfermedades, etc.). Como ejemplo, se destacan las mejoras introducidas en variedades comerciales de granos desde sus pares silvestres. En el sitio bajo análisis este servicio adquiere un gran potencial, ya que las condiciones generales del ecosistema se encuentran bien conservadas (salvo las dunas). Al igual que en lo que respecta a la diversidad biológica, al momento de calificar la provisión de este servicio se ha considerado la variedad y riqueza de especies nativas y semi-nativas que se conservan en las distintas unidades de análisis. En este contexto, la estrategia de evaluación ha sido el análisis de aquellos trabajos que den cuenta del mantenimiento de flora y fauna nativas (Entraigas et al., 2013; Vercelli et al., 2013; Álvarez Lezcano, 2012, Scaramuzzino et al., 2010, entre otros).

*Bienes y servicios derivados de funciones de información:*

- **Uso del sitio para educación e investigación científica:** Los sistemas naturales, sus componentes y procesos proveen bases para la investigación y la educación formal e informal de diversas sociedades. Al momento de evaluar la provisión del servicio se han tenido en cuenta la cantidad y variedad de trabajos desarrollados en el ámbito de los tres tipos de ambientes, los cuales quedan de manifiesto en la Tabla 2. Se observa que, si bien todos ellos son empleados en mayor o menor medida con fines educativos y de investigación, las temáticas son variadas. Como puntos en común se destacan aquellos anclados en la Geomorfología, la Ecología de Paisajes, la Hidrología y la Ecohidrología, fundamentalmente aquellos que comparan el funcionamiento de cada elemento dentro de la dinámica y estructura del paisaje en el que se hallan inmersos. En cubetas y bajos tendidos son abundantes también los vinculados al relevamiento y estudio de flora, fauna y análisis de las comunidades en general. De manera más específica, las cubetas destacan por su rol hidrológico y ecológico; los bajos tendidos y las dunas por su estrecha relación con los sistemas productivos. En este sentido, para las zonas llanas es frecuente encontrar trabajos relacionados con el estudio de especies con valor forrajero, conservación o mejoramiento del pastizal natural y uso ganadero. Las dunas, en tanto, son objeto de análisis en lo que respecta a su condición de tierras arables (mejoramiento de cultivos, estudios de suelos, manejo de plagas, etc.).

- **Fotografía / avistamiento de aves:** Este aspecto se vincula con servicios de carácter estético y recreativo. El avistamiento constituye un conjunto de tareas centradas en la observación y el estudio de las aves en estado silvestre. Se trata de una actividad que, si bien puede realizarse con fines científicos (ornitología), suele ser desarrollada como ocio, y se basa en el arte de reconocer las distintas especies por su canto o plumaje. En este sentido, la fotografía adquiere una relevancia especial, siendo un elemento que complementa y enriquece los resultados de la observación propiamente dicha. Para evaluar se ha tenido en cuenta el relevamiento fotográfico de especies que llevan a cabo aficionados y profesionales de manera secuencial (no esporádica) y continua (Dr. Ing. En Recursos Naturales Mauro Holzman y el Dr. Jorge Spagnuolo, especialmente en las cubetas). En el caso de los bajos tendidos ha sido de suma importancia el trabajo realizado por Álvarez Lezcano (2012) en su tesis de grado.

### 2.2.2. *Categorías propuestas por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005)*

Tal como se ha expresado anteriormente, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio reconoce cuatro tipos de servicios ecosistémicos. Una particularidad de este sistema es que en el estudio sólo se consideran aquellos servicios que presentan un nexo con la biodiversidad, desestimando aquellos que -si bien son provistos por sistemas naturales- no dependen de la presencia de organismos vivos (ej: energía mareomotriz).

A los fines de este trabajo también se presentan y describen brevemente las cuatro categorías mencionadas. De esta manera es posible establecer una correspondencia entre los bienes y servicios identificados según este criterio (MEA) y el sistema propuesto por De Groot *et al.* (2002).

1. ***Servicios de regulación:*** Constituyen los beneficios que se derivan del funcionamiento de los procesos de regulación que se dan dentro del sistema ecológico. Se incluyen aquí el mantenimiento de la calidad del aire, el control climático y de la erosión, la regulación de enfermedades, la purificación del agua y la polinización.
2. ***Servicios de soporte o apoyo:*** Se trata de aquellos que son necesarios para la producción de todos los demás. En este grupo se encuentran servicios vinculados a la producción primaria, producción de oxígeno, formación de suelo y ciclado de nutrientes.
3. ***Servicios de aprovisionamiento:*** Se asocian a aquellos productos que la sociedad obtiene de los ecosistemas, tales como alimentos, combustible, fibra, agua potable y recursos genéticos.
4. ***Servicios culturales:*** Comprenden aquellos servicios no materiales percibidos desde los ecosistemas y se vinculan con aspectos espirituales o religiosos, cognitivos, de observación, recreación y estéticos.

En función del análisis bibliográfico realizado, se observa cierta correspondencia entre el sistema propuesto por De Groot *et al.* (2002) y el MEA (2005). La mayor salvedad está dada por los bienes y servicios derivados de funciones de hábitat, los cuales no presentan una analogía directa en la clasificación de MEA. Por otro lado, los B/S de soporte o apoyo definidos en esta última, presentan también cierta relación con las funciones ecosistémicas de regulación.

En la sección “Resultados” se presentan las funciones, bienes y servicios identificados en el predio. El esquema de base responde al sistema de De Groot *et al.* (2002), aunque también se hace referencia a la clasificación de MEA (2005). Posteriormente, se incluye una matriz en la cual cada variable reconocida se ha calificado de manera cualitativa a través de una escala de tres colores, de acuerdo con el grado en que los bienes o servicios se manifiestan en cada ambiente (*elevado, moderado, escaso*). Esta matriz es acompañada de una breve discusión de los comportamientos a los que se hace referencia. De esta forma, se facilita la comprensión de los fenómenos que intervienen en el sitio de estudio.

### ***3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS***

La Tabla 3 presenta los B/S reconocidos en el área de estudio y las funciones ecosistémicas asociadas a ellos. Las categorías expuestas surgen del listado de funciones, bienes o servicios propuestos por De Groot (1992), aunque también se hace referencia a la clasificación de MEA (2005). En la Tabla 4, estos últimos son evaluados en función de las tres unidades de análisis: bajos tendidos, dunas y cubetas. Además, la oferta de cada servicio ecosistémico ha sido calificada en términos cualitativos, de acuerdo a la importancia relativa que presente dentro de cada ambiente. Cada una de las variables identificadas y calificadas es discutida posteriormente, en relación a la caracterización que se ha presentado en la sección de Materiales y Métodos. La Figura 10 explicita las clases de B/S reconocidos dentro del establecimiento en general. Por último, se presenta la discusión de cada bien o servicio identificado.

**Tabla 3.** Funciones, componentes y servicios ecosistémicos reconocidos en el sitio bajo análisis. **En la última columna, el código de colores y numeración hace referencia al tipo de B/S correspondiente a la clasificación de MEA (1: Regulación; 2: Soporte o apoyo; 3: Aprovisionamiento; y 4: Culturales)**

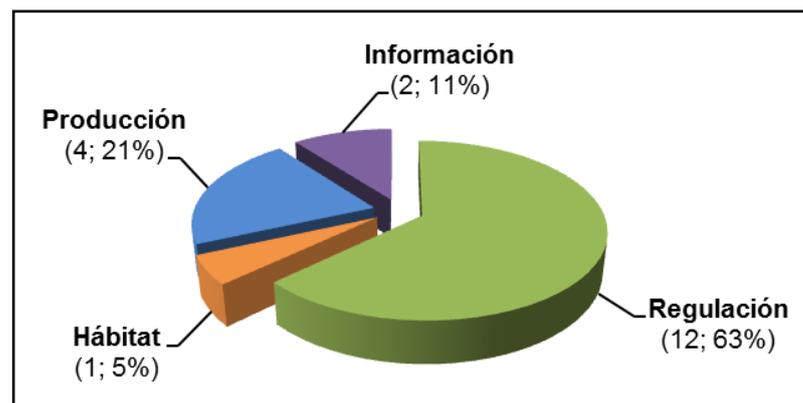
Funciones	Procesos y componentes del ecosistema	Bienes y servicios
<i>Funciones de regulación (Mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y soportes de vida)</i>	Aprovisionamiento de agua	Recarga de acuíferos (1)
	Regulación de gases atmosféricos	Rol de los ecosistemas en los ciclos bio-geoquímicos
	Prevención de disturbios	Influencia de la estructura del ecosistema sobre la amortiguación de disturbios ambientales
	Regulación hídrica	Rol combinado de la morfología superficial y de la cobertura del suelo al momento de regular el escurrimiento hídrico superficial
	Retención de suelo	Rol del sistema radicular y la biota del suelo en la retención del suelo.
	Formación de suelo	Meteorización de roca madre, mineralización, acumulación de materia orgánica
	Regulación de nutrientes	Rol de la biota en el almacenamiento y ciclado de nutrientes
	Polinización	Rol de la biota en el movimiento de gametos florales
	Control biológico	Control de la población a través de relaciones tróficas
	Función de refugio y reproductivas	Espacios aptos para la vida y/o reproducción de plantas y animales
<i>Funciones de hábitat (Provisión de hábitat para especies animales y vegetales)</i>	Alimento	Conversión de la energía solar en biomasa
	Recursos genéticos	Material genético y evolución en plantas y animales
	Recursos medicinales	Variedad de sustancias bioquímicas con uso medicinal
<i>Funciones de producción (Provisión de recursos naturales)</i>	Ciencia y educación	Elementos o condiciones con valor científico o educativo
	Recreación / información del tipo cultural o artística	Presencia de elementos de la naturaleza con potencial de uso recreativo / artístico
<i>Funciones de información (Provisión de oportunidades para el desarrollo cognitivo)</i>	Alimento	Provisión de forraje (3)
	Recursos genéticos	Drogas y farmacéuticos (3)
	Recursos medicinales	Mantenimiento de especies nativas (3)
	Ciencia y educación	Plantas medicinales (3)
	Recreación / información del tipo cultural o artística	Uso del sitio para investigación científica (4)
	Alimento	Fotografía / avistamiento de aves (4)
	Recursos genéticos	
	Recursos medicinales	

Tabla 4. Bienes y servicios ecosistémicos por ambiente (elaboración propia en base a De Groot *et al.*, 2002).

Bienes y servicios del ecosistema		Ambiente		
		Bajos tendidos	Dunas	Cubetas
Tipo	Derivados de funciones de regulación	Recarga de acuíferos		
		Secuestro de carbono		(*)
		Prevención o retardo de inundaciones		
		Control del drenaje natural		
		Transporte de organismos y nutrientes		
		Prevención de erosión hídrica o eólica		
		Polinización de especies propias del pastizal natural		
		Polinización de cultivos implantados		
		Control biológico de plagas		
		Mantenimiento de la productividad en tierra arable		
		Mantenimiento de suelos naturales productivos		
		Mantenimiento de la calidad en suelos		
	Derivados de funciones de hábitat	Mantenimiento de la diversidad genética y biológica		
	Derivados de funciones de producción	Provisión de forraje		
		Drogas y farmacéuticos	(*)	
		Plantas medicinales		(*)
		Mantenimiento de especies nativas		
	Derivados de funciones de información	Uso del sitio para investigación científica.		
		Fotografía / avistamiento de aves	(*)	(*)

Elevado  
 Moderado  
 Escaso

(\*) Indica potencialidad. Si bien en la actualidad el bien o servicio no es aprovechado por la sociedad, se trata de un producto tangible brindado por el agrosistema.



**Figura 10.** Distribución de B/S de acuerdo al tipo de funciones que les dan origen. Total de B/S identificados: 19 (100%).

### **3.1. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE REGULACIÓN**

#### ***3.1.1. Recarga de acuíferos - Prevención o retardo de inundaciones***

Se entiende que la provisión de estos servicios adquiere una significancia especial tanto en los bajos tendidos como en las cubetas, caracterizados por la predominancia de procesos de infiltración y/o almacenamiento superficial del agua. De esta manera constituyen sitios en los que el agua queda retenida por más tiempo que en las áreas adyacentes, situación favorecida por su menor altura relativa y por la influencia de las comunidades vegetales presentes en ellos. En este sentido, la vegetación asume dos roles marcadamente opuestos:

1. La cobertura asociada a los pastizales contribuye a disminuir la velocidad del agua y facilitar los procesos de movimiento vertical frente a los de escurrimiento superficial (fuertemente vinculado al servicio de prevención de erosión), fomentando así su llegada al acuífero freático; y
2. La vegetación se asocia también a elementos negativos dentro del balance hídrico, contribuyendo con la salida del agua del sistema a través de la evapotranspiración.

#### ***3.1.2. Secuestro de carbono***

Este servicio hace referencia a la captura y almacenaje de carbono atmosférico en suelos y estructuras vegetales (hojas, tallos, raíces), a modo de carbono orgánico. De acuerdo con la bibliografía consultada, se trata de una condición presente en los pastizales y tierras de pastoreo en general. Dado que los bajos tendidos presentan un buen estado de conservación del pastizal natural, se ha asumido su provisión. En las cubetas el servicio ha sido caracterizado como “potencial”, ya que no se cuenta con información precisa respecto a lo que sucede en estos ambientes en particular (teniendo en cuenta además la aclaración realizada en el capítulo de Metodología).

#### ***3.1.3. Control del drenaje natural - Transporte de organismos y nutrientes***

El sector bajo análisis exhibe una estrecha relación entre la dinámica hídrica y el transporte de organismos y nutrientes a lo largo y ancho del sistema, condición que resulta en una de sus mayores particularidades.

La estructura y disposición de las geoformas propias de cada sitio condicionan, regulan y direccionan el movimiento vertical y horizontal del agua dentro del sistema, procesos en los que también incide la estructura de la comunidad vegetal presente en cada uno de ellos. Cabe mencionar que en -en términos generales- los campos bajo análisis exhiben una red de drenaje natural relativamente inalterada, exceptuando las modificaciones impuestas por el hombre mediante la construcción de infraestructura para el ganado (mangas, corrales), caminos y cunetas, entre otros. En momentos de exceso hídrico, las mencionadas transformaciones también constituyen elementos que intervienen de manera activa en el transporte de materia. Cuando el agua permanece el tiempo suficiente en las cunetas socavadas a la vera de los caminos, llegan a constituirse verdaderas asociaciones de plantas y animales con estructuras y dinámicas propias (humedales semi-permanentes de origen antrópico).

En lo que respecta al transporte de organismos y nutrientes, la manifestación del servicio ecosistémico se ha clasificado como “moderada”, ya que también se asocia fundamentalmente a períodos húmedos en los que el agua es el principal protagonista del paisaje, en términos de conectividad. Sin embargo, se destacan dos comportamientos diferenciados: mientras que en los bajos tendidos y en las cubetas éste se asocia al flujo

laminar del agua, la participación de las dunas en la provisión del mencionado servicio está dada por la generación de cursos temporarios que discurren recostados sobre sus laderas.

#### **3.1.4. Polinización de especies propias del pastizal natural - Polinización de cultivos implantados**

La diversidad y abundancia de polinizadores naturales en los paisajes agrícolas ha manifestado una marcada declinación, fundamentalmente debido a cuestiones relativas al uso de agroquímicos y a la destrucción y fragmentación de hábitats. Tal es así, que este servicio ecosistémico suele ser subsidiado mediante la incorporación de abejas melíferas, en pos de incrementar el rendimiento de los cultivos (Garibaldi *et al.*, 2013). Sin embargo, los pastizales de la pampa deprimida aún hoy continúan ofreciendo espacios aptos y organismos vegetales claves para la reproducción y mantenimiento de numerosas especies de aves e insectos que cumplen esta función. Pero la acción de polinizadores naturales no se circunscribe sólo a las comunidades vegetales presentes en los bajos tendidos y las cubetas, sino que se extiende también a las dunas, beneficiando la productividad de las especies cultivadas. Cabe recordar que en el establecimiento productivo bajo análisis las tierras arables conforman parches dentro de una matriz de pastizal, situación que posibilita una mayor incidencia de este servicio que la que se daría en caso de ser a la inversa (relictos de pastizal inmersos en paisajes dominados por cultivos implantados).

#### **3.1.5. Control biológico de plagas**

Tal como lo expresan Szpeiner *et al.* (2007), por regla general, al cultivar una especie se provoca la reducción de la diversidad original del medio natural. En los sistemas agrícolas, las comunidades se articulan principalmente a partir del cultivo, de las plantas asociadas con el cultivo y de los organismos que dependen de esas especies vegetales en forma directa (porque se alimentan de ellas) o indirecta (porque se alimentan de organismos que las consumen), determinando una reducción en la diversidad biológica (hecho que se acentúa mediante la utilización de agrotóxicos).

Los ambientes de bajos y cubetas, por el contrario, exhiben asociaciones notablemente más ricas en términos de diversidad genética y específica. De esta manera, las plagas que puedan afectar al sistema (y consiguientemente a su capacidad de proveer otros servicios, tales como el mantenimiento del ganado a través de la oferta de forraje) encuentran barreras también mayores. En primera instancia, al incrementarse la heterogeneidad genética hacia el interior de una población disminuye el número de ejemplares de una especie que pueden servir de huéspedes a una plaga particular. Por otro lado, y en términos más amplios, una mayor riqueza específica posibilita también la presencia de enemigos naturales, a la vez que reduce las posibilidades de que los organismos considerados como plagas afecten a toda la comunidad de manera simultánea, ya que las respuestas serán diferentes en función de las particularidades de cada especie.

#### **3.1.6. Mantenimiento de la productividad en tierra arable - Mantenimiento de suelos naturales productivos**

Estos servicios se asocian a los procesos de formación de suelos que derivan en un mantenimiento o incremento de la fertilidad propia del sistema edáfico, especialmente a los vinculados con la adición de materia orgánica y la mineralización de nutrientes. El mantenimiento de estas funciones resulta de gran importancia para el caso de estudio, tanto en los sitios destinados a la agricultura (dunas; Figura 10), como en la matriz de

suelos anegables dominada por pastos (bajos tendidos). En estos, la incorporación de minerales y materia orgánica surge a partir del mantenimiento de los ciclos propios del sistema de pastizal (flora y fauna nativas y naturalizadas), sumado a los aportes resultantes de la actividad ganadera (desechos, restos animales). En las dunas la provisión de estos servicios es algo menor, ya que –a pesar de ser suelos naturalmente aptos para el desarrollo de las plantas y con buenos porcentajes de materia orgánica- el uso al que están sometidos en la actualidad determina que la adición de carbono orgánico sea más pequeña. De manera complementaria, la disponibilidad de nutrientes minerales suele ser subsidiada mediante la aplicación de fertilizantes sintéticos y por las deyecciones del rodeo cuando este es ingresado a los sectores cultivados para consumir el rastrojo de cosecha.



**Figura 11.** Vista en detalle de cultivo de sorgo en una duna

### ***3.1.7. Mantenimiento de la calidad en suelos***

Tal como se observa en la Tabla 3, se trata de un servicio derivado del ciclado de nutrientes dentro del sistema, fuertemente asociado al rol de ciertos organismos en particular. Si bien este servicio se manifiesta en los tres ambientes reconocidos, se ha destacado su participación en los bajos tendidos, debido a su estrecha relación con el mantenimiento de los ciclos naturales (fundamentalmente, redes tróficas) y su vinculación con servicios que además resultan de interés en términos productivos, tales como el de producción de forraje. En este sentido, cabe recordar la contribución del alga *Nostoc commune* en los procesos de colonización e incremento de la productividad de los suelos que fuera oportunamente indicado.

## 3.2. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE HÁBITAT

### 3.2.1. Mantenimiento de la diversidad genética y biológica

Los sistemas de pastizal, especialmente los naturales y semi-naturales, se consideran como “puntos calientes” (*hot spots*) de biodiversidad, albergando funciones que hacen al hábitat de plantas, animales y microorganismos repartidos en multiplicidad de microambientes (Lemaire *et al.*, 2011). En el caso particular del presente estudio se destaca la relevancia que este servicio adquiere en los ambientes de bajos y cubetas (Figura 11). Estos sectores, marginales para el desarrollo de la actividad agrícola o la construcción de ciertas estructuras (cascos de estancia, galpones, etc.), posibilitan el sostenimiento de una variedad de nichos que en las dunas se ha visto drásticamente reducida, debido a los cambios en el uso y cobertura del suelo a las que están sujetas. Vale subrayar que el mantenimiento de la biodiversidad en sus diferentes niveles constituye un servicio que se proyecta a nivel regional, ya que las áreas de pastizal distribuidas a través del paisaje pampeano son de gran relevancia para la conservación de determinadas especies, fundamentalmente de aquellas que precisan amplios territorios o ambientes particulares al momento de satisfacer sus necesidades. En este sentido, la ornitofauna se presenta como uno de los ejemplos más claros, ya que la mayoría de sus integrantes debe desplazarse en busca de sitios aptos para alimentarse, reproducirse o nidificar. De manera complementaria, el mantenimiento de la biodiversidad en sí se traduce en un aspecto de suma importancia, debido a la multiplicidad de funciones y otros servicios derivados de él. Continuando con el caso mencionado, la posibilidad de contar con espacios aptos para la supervivencia de aves de pastizal da lugar también a otros servicios asociados a ellas, tales como control de plagas, polinización, zoocoria, avistaje con fines científicos o recreativos, entre otros (Whelan *et al.*, 2008).



**Figura 12.** Coipo (*Myocastor coypus bonariensis*), en un ambiente de cubeta (fotografía de Mauro Holzman).

### 3.3. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE PRODUCCIÓN

#### 3.3.1. *Provisión de forraje*

La provisión de forraje constituye el servicio que mayor reconocimiento adquiere por parte de la sociedad, siendo precisamente el que motiva el aprovechamiento de estos campos con fines productivos (Figura 12).

En concordancia con las características mencionadas anteriormente, de los tres tipos de ambientes bajo análisis, los bajos tendidos constituyen los sitios en donde esta variable se expresa de modo más significativo, ya que estos comprenden áreas típicamente dominadas por pastos nativos y exóticos naturalizados con un considerable valor forrajero. Muestreos realizados en los bajos tendidos durante 2012 y 2013 (1) en tres momentos del año (otoño, invierno y fines de la primavera), han permitido determinar las especies con valor forrajero reconocidas en ellos. A continuación se presenta un listado de todas las especies identificadas ordenadas de acuerdo a su grado de digestibilidad (expresada en porcentaje), para los dos períodos de análisis (Tabla 5).

Se destacan dos situaciones que escapan a las generalidades expuestas y se asocian con una disminución en la provisión del servicio:

1. Los momentos de excesos hídricos en los que la matriz dominante del paisaje pasa a ser el agua (y no el pastizal); y

2. Los sitios en los que las condiciones edáficas determinan la presencia de peladares, comunidades vegetales cuya contribución al alimento del ganado es considerablemente inferior (no sólo por la menor digestibilidad asociada a las especies dominantes, sino también por los elevados porcentajes de suelo desnudo).

En lo que respecta a los otros dos ambientes, cabe mencionar las siguientes consideraciones:

- Las dunas destinadas a la actividad agrícola también son utilizadas para complementar la dieta del ganado, pero sólo en lo que respecta al aprovechamiento del rastrojo.
- Las cubetas, en tanto, se han asociado a un grado bajo de provisión del servicio ya que su manifestación se circunscribe a momentos del año en los que estas se encuentran sin agua y colonizadas por especies que son aprovechadas por el ganado.

---

(1) Cabe destacar que, mientras el 2012 fue un año particularmente húmedo (1.400 mm registrados en el establecimiento bajo análisis), el 2013 constituyó un período en el que las precipitaciones fueron menores a la media anual de la región (alrededor de 690 mm).

**Tabla 5.** Listado de especies con valor forrajero identificadas en los bajos tendidos para los años 2012 y 2013.

2012		2013	
Especie	% digestibilidad	Especie	% digestibilidad
<i>Trifolium repens</i>	85	<i>Trifolium repens</i>	85
<i>Melilotus officinalis</i>	84	<i>Bromus catharticus</i>	77
<i>Bromus catharticus</i>	77	<i>Lolium multiflorum</i>	77
<i>Lolium multiflorum</i>	77	<i>Leersia hexandra</i>	75
<i>Leersia hexandra</i>	75	<i>Lotus tenuis</i>	75
<i>Lotus tenuis</i>	75	<i>Medicago lupulina</i>	75
<i>Medicago lupulina</i>	75	<i>Paspalum dilatatum</i>	73
<i>Paspalum dilatatum</i>	73	<i>Plantago lanceolata</i>	69
<i>Vulpia bromoides</i>	72	<i>Bromus hordeaceus</i>	68
<i>Jarava plumosa</i>	69	<i>Nassella formicarum</i>	65
<i>Plantago lanceolata</i>	69	<i>Bothriochloa laguroides</i>	63
<i>Sporobolus indicus</i>	68	<i>Chaetotropis elongata</i>	61
<i>Nassella formicarum</i>	65	<i>Hordeum pusillum</i>	60-70
<i>Bothriochloa laguroides</i>	63	<i>Paspalum vaginatum</i>	60-70
<i>Adesmia bicolor</i>	60-70	<i>Plantago myosuroides</i>	60-70
<i>Briza minor</i>	60-70	<i>Plantago myosuroides</i>	60-70
<i>Hordeum pusillum</i>	60-70	<i>Sporobolus pyramidatus</i>	60-70
<i>Paspalum vaginatum</i>	60-70	<i>Cynodon dactylon</i>	50-59
<i>Plantago myosuroides</i>	60-70	<i>Cypella herbertii</i>	50-59
<i>Sporobolus pyramidatus</i>	60-70	<i>Cyperus corymbosus</i>	50-59
<i>Steinchisma hians</i>	60-70	<i>Cyperus reflexus</i>	50-59
<i>Vulpia myuros</i>	60-70	<i>Cyperus rigens</i>	50-59
<i>Carex bonariensis</i>	58	<i>Juncus microcephalus</i>	50-59
<i>Nassella neesiana</i>	56	<i>Leptochloa fusca ssp. uninervis</i>	50-59
<i>Amphibromus scabrivalvis</i>	50-59	<i>Melica rigida</i>	50-59
<i>Aristida pallens</i>	50-59	<i>Panicum bergii</i>	50-59
<i>Cynodon dactylon</i>	50-59	<i>Piptochaetium bicolor</i>	50-59
<i>Cypella herbertii</i>	50-59	<i>Poa ligularis var. resinulosa</i>	50-59
<i>Cyperus corimbosus</i>	50-59	<i>Poa pratensis</i>	50-59
<i>Cyperus reflexus</i>	50-59	<i>Setaria viridis</i>	50-59
<i>Cyperus rigens</i>	50-59	<i>Sisyrinchium platense</i>	50-59
<i>Dichondra microcalyx</i>	50-59	<i>Carex bonariensis</i>	58
<i>Eleocharis haumaniana</i>	50-59	<i>Nassella neesiana</i>	56
<i>Juncus imbrincatus</i>	50-59	<i>Danthonia montevidensis</i>	52
<i>Leptochloa fusca ssp. uninervis</i>	50-59	<i>Juncus imbrincatus</i>	52
<i>Melica rigida</i>	50-59	<i>Nassella trichotoma</i>	51
<i>Panicum capillare</i>	50-59	<i>Juncus balticus</i>	45-49
<i>Panicum sp.</i>	50-59	<i>Distichlis scoparia</i>	46
<i>Setaria viridis</i>	50-59	<i>Distichlis spicata</i>	46
<i>Sisyrinchium platense</i>	50-59		
<i>Distichlis scoparia</i>	46		
<i>Distichlis spicata</i>	46		
<b>N° total de especies</b>	<b>42</b>	<b>N° total de especies</b>	<b>39</b>

(Elaboración propia de acuerdo a los datos relevados por Nicolás Carretero para la realización de su tesis de grado, aún no publicada).



**Figura 13.** Ganadería extensiva en un sector de bajos tendidos.

### **3.3.2. Plantas medicinales**

Como se ha mencionado, en los bajos tendidos ya se ha realizado una investigación tendiente a identificar y clasificar las especies vegetales con propiedades medicinales (Vercelli, *et al.* 2013a). Sin embargo, a pesar de que este tipo de ambientes efectivamente alberga una considerable oferta de plantas medicinales, en la actualidad son escasamente aprovechadas (de allí que su provisión se haya calificado de “intermedia”). En concordancia con lo anterior, se entiende que estos mismos bajos podrían ofrecer la posibilidad de obtener drogas o sustancias específicas (sin que ello implique necesariamente la utilización de los ejemplares en su totalidad). Pese a ello, aún no se cuenta con bibliografía que de cuenta de esta capacidad, así como tampoco de la presencia de especies de flora medicinal en los ambientes de cubeta (lo cual motiva que ambos aspectos se hayan reconocido como “potenciales”).

### **3.3.3. Mantenimiento de especies nativas**

Los bajos tendidos y las cubetas constituyen zonas en las que aún es posible encontrar una amplia variedad de especies nativas. Si bien estas conviven con exóticas introducidas deliberadamente o no por el hombre (ya sea de plantas o animales), estos sistemas exhiben particularidades a las que las primeras se encuentran fuertemente adaptadas, fundamentalmente en lo referido a la alternancia entre sequías e inundaciones, lo cual contribuye con su subsistencia.

En las dunas la provisión de este tipo de servicio se ha descartado ya que en términos relativos es prácticamente nula. Esta situación se fundamenta en el hecho de que la aptitud agrícola y la condición de no-anegabilidad de los suelos han determinado una alteración completa de las comunidades originales de estos sitios. Para los bajos tendidos y las cubetas se cuenta con relevamientos de flora llevados a cabo en el marco de los proyectos “Análisis de la interacción suelo-agua-vegetación en unidades del paisaje sometidas a diferentes usos en un sector de la pampa deprimida bonaerense” (2011-2014) y “Relación entre aguas superficiales y subterráneas en diferentes unidades del paisaje de

*la pampa deprimida bonaerense*" (2014-2016) del IHLLA. La Tabla 6 surge de analizar los datos provenientes de campañas realizadas en diferentes momentos del año muestra la cantidad absoluta y relativa de especies nativas y exóticas identificadas en ambos ambientes. En ambos casos, la proporción de especies nativas supera ampliamente a la de exóticas (relación 3:1). Cabe aclarar que los muestreos documentados se han realizado durante años hidrológicos normales a húmedos.

**Tabla 6.** Cantidad de especies nativas y exóticas identificadas en ambientes de bajos tendidos y cubetas durante campañas realizadas entre los años 2013 y 2015.

	<b>Bajos tendidos</b>	<b>Cubetas</b>
<b>Nativas</b>	93 (74%)	34 (71%)
<b>Exóticas</b>	33 (26%)	14 (29%)
<b>Total</b>	126 (100%)	48 (100%)

### **3.4. BIENES Y SERVICIOS DERIVADOS DE FUNCIONES DE INFORMACIÓN**

#### **3.4.1. Uso del sitio para investigación científica**

Las características de sistemas de pastizal como el analizado los posicionan como sitios elegidos para el desarrollo de variedad de trabajos de investigación científica, tanto básica como aplicada (situación que se ha pretendido reflejar a lo largo del presente documento). En este sentido, la construcción de conocimiento o la resolución de problemáticas específicas se asocian a disciplinas y campos del saber tan diversos como la Hidrología (subterránea y superficial), la Ecología (de poblaciones, de comunidades, de sistemas o de paisajes), la Geomorfología, la Edafología, la Biología, la Agronomía, la Nutrición Animal o las Ciencias Ambientales, entre otras. De esta manera, tanto dunas, bajos y cubetas constituyen sitios capaces de ofrecer elementos para la comprensión de los sistemas naturales y la relación que el hombre mantiene con ellos, ya sea con fines productivos o de conservación.

#### **3.4.2. Fotografía / avistamiento de aves**

Como se ha mencionado previamente, los pastizales pampeanos son frecuentados por una amplia variedad de especies de aves, ya sea de forma permanente o transitoria. Esto, sumado al relativamente fácil acceso a través de rutas o caminos rurales, resulta en un desarrollo considerable y creciente de este tipo de iniciativas. Se destaca así no sólo la presencia de aficionados particulares o agrupados en los llamados *fotoclubes*, sino también los grupos específicos de Clubes de Observadores de Aves nucleados por la c (2).

---

(2) De manera complementaria, se considera oportuno hacer mención al proyecto "Pastizales y Sabanas del Cono Sur de Sudamérica: iniciativas para su conservación en Argentina", ejecutado en conjunto por la Asociación Ornitológica de Aves Argentinas y la Fundación Vida Silvestre, y cuyo objetivo es impulsar la ganadería sustentable en pastizales promoviendo la integración de la conservación de la naturaleza y la producción agropecuaria. Así, el reconocimiento y valoración de la biodiversidad presente en ellos se traducen en posibles incrementos en la cadena de valor por parte del productor. Este

Dentro del establecimiento estudiado, los sitios con mayor potencialidad para la provisión de los servicios de referencia están dados por aquellos ocupados por bajos y cubetas. Si bien en estas últimas las poblaciones de aves se encuentran aún más circunscriptas espacialmente (facilitando el proceso de observación y captura fotográfica), ambos tipos de ambientes exhiben un estado de conservación de las condiciones naturales tal que siguen siendo visitados por numerosos ejemplares de la avifauna mencionada en los apartados correspondientes (Figuras 13 y 14).



**Figura 14.** Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) (fotografía de Mauro Holzman).



**Figura 15.** Gaviotas capucho café (*Larus maculipennis*) (fotografía de Mauro Holzman).

---

es sólo un ejemplo de cómo una actividad que en sus orígenes surge con fines recreativos o de divulgación puede ser también aprovechada en términos de conservación y producción responsable.

#### ***4. CONCLUSIONES GENERALES***

A pesar de su aparente homogeneidad paisajística los pastizales de la región exhiben una serie de características hídricas, fisonómicas y edáficas que determinan la manifestación de diversos ambientes hacia su interior. A los fines de esta investigación se han reconocido tres unidades de análisis: bajos tendidos, dunas y cubetas, cada uno de los cuales se asocia a una oferta particular de bienes y servicios. Como eje central es notable la influencia que la estructura, distribución y representatividad espacial de los tres tipos de ambientes ejercen sobre el movimiento vertical y horizontal del agua, posibilitando ya sea el transporte de organismos y nutrientes, la recarga del acuífero freático o el mantenimiento del caudal base de los diversos cursos de agua permanentes o temporarios que tienen lugar en la región. Esto adquiere una relevancia particular ya que, frente a una topografía tan sutil, el agua se constituye como el principal factor modelador del paisaje. Tal es así que la impronta que cada ambiente le adjudica a la dinámica hídrica en términos de velocidad, permanencia y almacenamiento es fundamental para la conservación de los ciclos y las comunidades que tienen lugar en cada uno de ellos.

Los resultados también arrojaron que más de la mitad de los B/S identificados en el agrosistema derivan de funciones de regulación, es decir, de procesos ecológicos básicos y mecanismos que hacen al soporte de las diferentes formas de vida. Un punto a destacar es que en la actualidad, y más allá de las modificaciones introducidas a través de la herbivoría, pisoteo y deyecciones, los campos analizados siguen siendo hábitat de numerosas especies que se distribuyen diferencialmente a través de los distintos ambientes. Sin embargo, para que esta situación se siga manteniendo, es preciso que la

actividad ganadera no sobrepase la capacidad de carga propia de cada sitio (la cual, a su vez, varía estacionalmente), evitando desencadenar procesos que impacten de forma negativa e irreversible sobre el normal funcionamiento del sistema natural (por ejemplo, el sobrepastoreo del ganado vacuno generaría un deterioro general del sistema a partir de sus implicancias sobre la física del suelo, las comunidades vegetales y todos los aspectos que de ellas dependen).

Ello justifica la importancia que adquiere la preservación del sistema de base al momento de satisfacer las diversas necesidades humanas; la alteración que el hombre ejerza sobre el funcionamiento del mismo se asociará a una modificación en los beneficios que de él obtenga. He aquí la necesidad de llevar adelante una utilización ordenada y sustentable de los recursos naturales, para la cual es fundamental profundizar y fortalecer la articulación entre el sistema científico y los tomadores de decisión (gestión). En concordancia con lo dicho anteriormente, en sitios similares al estudiado se trata de un desafío pero a la vez una oportunidad, ya que sería posible conservar ecosistemas que aún no presentan un elevado grado de modificación (recordando que a nivel mundial los sistemas de pastizal se encuentran entre los ambientes más afectados por fenómenos de cambio de uso de la tierra).

Este trabajo comprende una descripción cualitativa de los procesos que tienen lugar en un campo ganadero de la cuenca baja del arroyo del Azul desde un enfoque de provisión de bienes y servicios ecosistémicos, constituyendo una primera aproximación sobre el tema. Se espera que resulte en un aporte útil al momento de analizar las características y potencialidades de uso del mismo y se entiende que el diagnóstico aquí presentado podría ser complementado con análisis espaciales (mediante el empleo de SIG) o valoraciones económicas de los diferentes servicios (a través de estrategias provenientes del ámbito de la economía ambiental, tales como disponibilidad a pagar o precio de bienes sustitutos).

Por último, y en términos generales, se desea destacar que el paso por esta Especialización ha permitido vislumbrar y profundizar acerca de la multiplicidad de procesos que intervienen en un sistema productivo, focalizándose especialmente en el caso de los agrosistemas. También acarrea un compromiso y la necesidad imperiosa de considerar las distintas variables capaces de intervenir en un sistema ambiental, a la vez que se los entiende como inevitablemente sometidos a condiciones de incertidumbre que es preciso asumir. Se intenta así alcanzar el entendimiento de una realidad que es compleja, pero a la vez analizable, comprendiendo que este tipo de actividades efectivamente presentan una fuerte incidencia sobre los cambios ambientales ocurridos a nivel local, regional y global.

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- Álvarez Lezcano I. 2012.** Caracterización de la avifauna de los bajos alcalinos de la cuenca del arroyo del Azul y su integración con los contenidos propuestos para el 1º año de la Escuela Secundaria. Trabajo final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Amadeo C. s.f.** Fertilización de campo natural y praderas cultivadas. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com>. [Acceso: 15 de Julio de 2014].
- Ansín O. 1995.** Pastoreo de comunidades halomórficas de la Pampa Deprimida. Tesis de Magister, Facultad de Agronomía, UBA.
- Ansín O., Deregibus A. y Lanfranco J. 2002.** Papel del alga *Nostoc commune* y efecto del pastoreo por vacunos sobre la colonización de suelos alcalinos en la Pampa Deprimida. *Ecología Austral*, 12:135-142.
- Balvanera P. y Cotler H. 2007.** Acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta Ecológica* 84-85: 8-15.
- Balvanera P., Uriarte M., Almeida-Leñero L., Altesor A., DeClerck F., Gardner T., Hall J., Lara A., Laterra P., Peñaa-Claros M., Silva Matos D., Romero-Duque L., Vogl A., Arreola L., Caro-Borrero A., Gallego F., Jain M., Little C., de Oliveira Xavierm R., Paruelo J., Peinado J., Poorter L., Azcarrunz N., Correa F., Cunha-Santinom M., Hernández-Sánchez A. y Vallejos M. 2012.** Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services*, 2:56-70.

- Barral M. y Maceira N. 2012.** Landuse planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154:34-43.
- Batista W. y León R. 1992.** Asociación entre comunidades vegetales y algunas propiedades del suelo en el centro de la Depresión del Salado. *Ecología Austral*, 2:47-55.
- Batista W., Taboada M., Lavado S., Perelman S. y León R. 2005.** Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida. Oesterheld, M., Aguiar, M. R., Ghersa, C. M. y Paruelo, J. M. (eds.). *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León*. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. Págs. 113-129.
- Borba M. y Trindade J. 2009.** Desafios para conservação e a valorização da pecuária sustentável. Pillar, V. de P.; Müller, S. C.; Castilhos, Z. M. de S.; Jacques, A. V. A. (eds.). *Campos sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, Págs. 391-403.
- Burkart S., León R. y Movia C. 1990.** Inventario fitosociológico del pastizal de la Depresión del Salado (prov. de Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes. *Darwiniana*, 30(1-4):27-69.
- Burkart R., Bárbaro N., Sánchez R. y Gómez D. 1999.** Eco-regiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales. Programa Desarrollo Institucional Ambiental. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación.
- Cahuépe M. A. e Hidalgo L. G. 2005.** La Pampa Inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. En: Oesterheld, M., M.R. Aguiar, C.M. Ghersa y J.M. Paruelo (comps.) "La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando J. C. León. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Pág 401-412.
- Camacho-Valdez V. y Ruiz-Luna A. 2012.** Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4).
- Carretero F. 2014.** Caracterización de la eficiencia productiva de los rodeos de cría de la zona norte del partido de Azul. Tesis de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Chiramberro S. 2015.** Análisis de la variabilidad espacio-temporal del valor forrajero de un pajonal de *Paspalum quadrifarium* en la cuenca del arroyo del Azul. Tesis de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Codesido M. y Bilenca D. 2011.** Los pastizales y el servicio de soporte de la biodiversidad: Respuesta de la riqueza de aves terrestres a los usos de la tierra en la provincia de Buenos Aires. Laterra, P., Jobbágy, E. y Paruelo, J. (eds.). *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA. Págs. 511-525.

- Conant R., Paustian K., Del Grosso S., Parton S. 2005.** Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 71:239-248.
- Costanza R., D'Arge R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & Van den Belt, M. 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Daily G. 1997.** Introduction: what are ecosystem services? Daily, G. (ed.) *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC. Págs. 1-10.
- Daily G., Polasky S., Goldstein J., Kareiva P., Mooney H., Pejchar L., Ricketts T., Salzman J. y Shallenberger R. 2009.** Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 21-28.
- Dangavs N. y Reynaldi J. 2008.** Paleolimnología de la laguna Cerrillo del Medio, Monte, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64: 29-42.
- De Dominicis H. 2010.** Parámetros productivos y resultados económicos en establecimientos de cría del norte del Partido de Azul. Estudio de caso. Tesis de Especialista en Gestión de la Cadena de Valor de la Carne Bovina. Universidad de Buenos Aires - Universidad de Lomas de Zamora. Buenos Aires.
- De Groot R. 1992.** Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning. Management and Decision Making. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- De Groot R., Wilson M. y Boumans, R. 2002.** A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3):393-408.
- Entraigas I. 2003.** Paisajes serranos y periserranos. Entraigas, I. y Vercelli, N. (eds.). Los paisajes de la cuenca del arroyo del Azul. 1ra edición. Editorial Martín. Mar del Plata. Págs. 57-72
- Entraigas I., Vercelli N., Carretero N., Chiramberro S. y de Dominicis H. 2013.** Influencia de los anegamientos prolongados en la composición florística del pastizal natural en la cuenca baja del arroyo del Azul. IV Jornadas – I Congreso Argentino de Ecología de Paisajes. San Pedro.
- Entraigas I., Vercelli N., Ares G., Varni M. y Zeme, S. (en evaluación).** Flooding as an ecological disturbance in natural grasslands in depressed catchments. Case of the Azul creek basin (Argentina). *Hydrological Processes*.
- Etchevehere P. 1961.** Bosquejo de regiones geomorfológicas y de drenaje de la República Argentina. *IDIA*, 162: 7-25.
- FAO, Food Agricultural Organization. 2002.** Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Informes Sobre recursos Mundiales de Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Vol. 96. 70 p.

- Garibaldi L., Steffan-Dewenter I., Winfree R., Aizen M., Bommarco R., Cunningham S., Kremen C., Carvalheiro L., Harder L., Afik O., Bartomeus I., Benjamin F., Boreux V., Cariveau D., Chacoff N., Dudenhöffer J., Freitas B., Ghazoul J., Greenleaf S., Hipólito J., Holzschuh A., Howlett B., Isaacs R., Javorek S., Kennedy C., Krewenka K., Krishnan S., Mandelik Y., Mayfield M., Motzke I., Munyuli T., Nault B., Otieno M., Petersen J., Pisanty G., Potts S., Rader R., Ricketts T., Rundlöf M., Seymour C., Schüepp C., Szentgyörgyi H., Taki H., Tscharrntke T., Vergara C., Viana B., Wanger T., Westphal C., Williams N., Klein A. 2013.** Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339: 1608–1611.
- Haslett J., Berry P., Bela, G., Jongman R., Pataki G., Samways M. y Zobel M. 2010.** Changing conservation strategies in Europe: a framework integrating ecosystem services and dynamics. *Biodiversity and Conservation*, 19(10): 2963-2978.
- Hernández M. E. 2010.** Suelos de Humedales como sumideros de carbono y fuentes de Metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139-147.
- Kandus P., Quintana R., Minotti J., Oddi C., González Trilla G. y Ceballos D. 2011.** Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. Laterra, P., Jobbágy, E. y Paruelo, J. (eds.). *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA. Págs. 265-290.
- Krapovickas S. y Di Giacomo A. 1998.** Conservation of pampas and campos grasslands in Argentina. En: *Parks* 8(3): 47-53.
- Lal R. 2004.** Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Laterra P., Orúe M. y Booman G. 2012.** Spatial complexity and ecosystem services in rural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154: 56-67.
- Laterra P. y Rivas M. 2005.** Bases y herramientas para la conservación *in situ* y el manejo integrado de los recursos naturales en los campos y pampas del Cono Sur. *Agrociencia*, 9(1- 2): 169-178.
- Laterra P., Orúe M., Zelaya D., Booman G. y Cabria F., 2009.** Jerarquización y mapeo de pastizales según su provisión de servicios ecosistémicos. Pillar, V. de P.; Müller, S. C.; Castilhos, Z. M. de S.; Jacques, A. V. A. (eds.). *Campos sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. Págs. 128–136.
- Lemaire G., Hodgson J. y Chabbi A. 2011.** Introduction: food security and environmental impacts - challenge for grassland sciences. Lemaire, G, J. Hodgson and A. Chabbi (eds), *Grassland Productivity and Ecosystem Services*. CABI International.
- León R., Rusch G. y Oesterheld M.; 1984.** Pastizales pampeanos- impacto agropecuario. *Phytocoenologia* 12(2-3): 201-218.

- Lucero L., Mestelán S., Entraigas I. y Migueltoarena V. 2012.** Variabilidad de suelos de peladares en la cuenca baja del arroyo del Azul. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.
- Martinoia G., de Haro A. y Parmiggiani E. 2005.** Especies animales asociadas a los cultivos de soja y girasol en un sector agrícola del Partido de Azul, provincia de Buenos Aires. VI Congreso Argentino de Entomología, San Miguel de Tucumán. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 64 (4): 407. ISSN: 0373-5680.
- MEA. 2005.** Ecosystems and Human Well-being: a Framework for Assessment. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- Migueltoarena V. 2009.** Estudio comparativo entre dos elementos del paisaje en la cuenca del Arroyo del Azul. Análisis del tratamiento de los conceptos de la Ecología de Paisajes en el Nivel Secundario (ex-Polimodal). Trabajo final del Profesorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Agronomía – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Migueltoarena V., Entraigas I. y Varni M. 2014.** La conectividad paisajística en el sector llano de la cuenca del arroyo del Azul. Venturini, V. (Ed.). *Memorias del II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral. Formato digital, 10 págs.
- Mooney H. y Ehrlich P.. 1997.** Ecosystem Services: A Fragmentary History: 11-19. En: G. C. Daily (ed.). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.
- Paoli C. y Giacosa R. 1984.** Necesidades de investigaciones hidrológicas en áreas de llanuras. Fuschini Mejía, M.C. (ed.) *Hidrología de las Grandes Llanuras. Coloquio de Olavarría*: UNESCO – Comité Nacional Argentino para el Programa Hidrológico Internacional. París - Buenos Aires. Págs. 395-430.
- Paruelo J., Guerschman, J., Piñeiro, G., Jobbágy, E., Verón, S., Baldi, G. y Baeza, S. 2006.** Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay, marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, 2: 47 – 61.
- Pimentel D. y Wilson C. 1997.** Economic and environmental benefits of biodiversity. *Bioscience*, 47(11): 747-758.
- Rodríguez A. y Jacobo E. 2012.** Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la pampa deprimida: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las pampas y campos. Cátedra de Forrajes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Sala E. y Paruelo, J. 1997.** Ecosystem services in grasslands. Daily, G. (ed.). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC. Págs. 237-252.
- Sala O., Chapin F., Armesto J., Berlow R., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L., Jackson R.; Kinzig A., Leemans R., Lodge D., Mooney H.,**

- Oosterheld M., Poff N., Sykes M., Walker B., Walker M. y Wall, D. 2000.** Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287: 1770-1774.
- Scaramuzzino R., Gandini M., Valicenti R., D'Alfonso C. y Farina E. 2010.** Especies vegetales asociadas a humedales en distintos sectores de la cuenca baja del arroyo del Azul: Monocotiledóneas. Varni, M., Entraigas, I. y Vives, L. (eds.). *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. 1ra edición. Editorial Martín. Mar del Plata. Págs. 65-78.
- Silvestro L. 2009.** La lechucita de las vizcacheras cambia su dieta con el correr de las estaciones: una propuesta de trabajo con alumnos de escuelas rurales, hacia la alfabetización científica. Trabajo final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Szpeiner A., Martínez-Ghersa M. y Ghersa C. 2007.** Agricultura pampeana, corredores biológicos y biodiversidad. *Ciencia Hoy*, 17: 38-43.
- Thornwaite C. y Mather R. 1955.** The water balance. *Publications in climatology*, Laboratory of Climatology. Centerton, N.J.
- Trumper K., Bertzky M., Dickson B., Jenkins M., Manning P. y van der Heijden G. 2009.** ¿La Solución Natural? El Papel de los Ecosistemas en la Mitigación del Cambio Climático. Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 76 p.
- UNESCO Etxea, 2010.** Servicios de los ecosistemas y el bienestar humano. Viota Fernández, N. y Maraña Saavedra, M. (coord.).
- Varni M., Rivas R. y Entraigas I. 2003.** Interacción de un cuerpo de agua superficial con el agua subterránea en la llanura pampeana, Argentina. *Información Tecnológica (Chile)*, 14(6), 97-104.
- Varni M., Entraigas I., Migueltoarena V. y Comas R. 2013.** Evaluation of flooded areas with satellite imagery using an objective hydrologic criterion. *Water and Environment Journal*, 27: 396-401.
- Vercelli N. 2011.** Caracterización de agroecosistemas a escala de paisaje en la cuenca baja del arroyo del Azul y propuesta para su enseñanza en la Escuela Secundaria. Trabajo final del Profesorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Agronomía – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Vercelli N., Entraigas I., Migueltoarena V. y Varni M. 2012.** Las cubetas de deflación y su función en los pastizales pampeanos. II Jornadas Interdisciplinarias “Ciclo del agua en los agroecosistemas”. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Vercelli N.; Entraigas I.; Scaramuzzino R.; Migueltoarena V. y D'Alfonso C. 2013a.** Plantas medicinales de los bajos alcalinos de la cuenca del arroyo del Azul (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista de la Fac. Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo* [online], 45(2): 285-298.

- Vercelli N., Entraigas I., Migueltoarena V., y Argañaraz J. 2013b.** Paisajes de llanura. Entraigas, I. y Vercelli, N. (eds.). *Los paisajes de la cuenca del arroyo del Azul*. 1ra edición. Editorial Martín. Mar del Plata. Págs. 57-72
- Verón S., Jobbágy E., Gasparri I., Kandus P. et al. 2011.** Complejidad de los servicios ecosistémicos y estrategias para abordarla. Littera, P., Jobbágy, E. y Paruelo, J. (eds.). *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA. Págs. 659-670.
- Vervoort F. 1967.** La vegetación de la República Argentina. VII. Buenos Aires. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (Prov. de Buenos Aires). *Serie Fitogeográfica 7*, INTA.
- Viglizzo E., Carreño L., Volante J. y Mosciaro M. 2011.** Valuación de bienes y servicios eco-sistémicos ¿verdad objetiva o cuento de la buena pipa? En: Littera, P., Jobbágy, E. y Paruelo, J. (eds.). *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA. Págs. 17 – 37.
- Villalba N. 2015.** Caracterización del género *Azospirillum* en los peladares de la cuenca del Arroyo del Azul. Elaboración de un material didáctico multimedia para la escuela secundaria. Trabajo final del Profesorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Agronomía – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Wallace K. 2007.** Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological conservation*, 139(3), 235-246.
- Whelan C., Wenny D. y Marquis R. 2008.** Ecosystem services provided by birds. Ostfeld, R.S. y Schlesinger, W.H. (eds.). *The Year in Ecology and Conservation Biology 2008, Annals of the New York Academy of Sciences. Behavior*. Academic Press, Oxford. Págs. 25-60.
- Wynne J., de Haro A., Martinoia G. y Rivas V. 2008.** Agentes animales asociados al cultivo de soja bajo sistema de siembra directa y convencional. VII Congreso Argentino de Entomología. Huerta Grande, Córdoba.
- Zárate M. y Mehl A. 2010.** Geología y geomorfología de la cuenca del arroyo del Azul, provincia de Buenos Aires, Argentina. Varni, M., Entraigas, I. y Vives, L. (eds.). *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. 1ra edición: Editorial Martín, Mar del Plata. Págs. 65-78.
- Zárate M., Mehl A. y Castro M. 2010.** Geomorfología de la cuenca del arroyo del Azul. Informe inédito.
- Zeme S.; Varni M.; Entraigas I. y Vercelli N. 2014.** Comportamiento del nivel freático a lo largo de una transecta en un área llana de pastizales naturales en la cuenca del arroyo del Azul. En Venturini, V. (Ed.). *Memorias del II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral. Formato digital, 8 págs.