



# **CAPÍTULO 2**

## **DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA TERRITORIAL**

## CAPÍTULO 2\*

### Diagnóstico del sistema territorial

BALDI, G. Y E. G JOBBÁGY<sup>1</sup>

**RESUMEN:** Uno de los pilares del proceso de ordenamiento territorial rural (OTR) es determinar la potencialidad de un espacio geográfico para proveer determinados bienes y servicios (ecosistémicos, productivos, sociales). Hasta hace pocos años, dicho proceso requería necesariamente la generación propia de planos de información espacialmente explícita mediante herramientas y técnicas específicas y costosas. A partir del desarrollo, popularización e integración de herramientas y técnicas geoinformáticas y de información, el intercambio y libre acceso a dicha información se ha facilitado y su manejo simplificado. Por lo tanto, para una eficiente planificación y ejecución de un OTR, primará, por sobre la generación de información original, una búsqueda ordenada y una selección e integración creativa de los planos básicos a considerar y de las herramientas a ser empleadas. Este capítulo tiene como objetivo difundir a los responsables de la planificación y ejecución de OTR en la Argentina, las fuentes de información relevantes para la caracterización del medio biofísico, social y productivo del territorio, así como algunas herramientas para su manejo eficiente.

## 1. INTRODUCCIÓN

El proceso de ordenamiento territorial rural (OTR) requiere el análisis y la integración de información física, biótica, demográfica, social, productiva y de tenencia del espacio geográfico. La combinación de dichos aspectos indicaría la potencialidad de cada fracción del territorio para proveer determinados bienes y servicios ecosistémicos en el corto y largo plazo. Hasta hace pocos años, el proceso de OTR requería necesariamente la generación propia de estos planos de información mediante herramientas y técnicas específicas y costosas. A partir del desarrollo, popularización e integración de los sistemas de información geográfica (SIG), los sistemas de posicionamiento global (SPG), la percepción remota, las conexiones inalámbricas e Internet; el intercambio y libre acceso a información espacialmente explícita se ha facilitado y su manejo simplificado (Drummond y French 2008). Por lo tanto, para una eficiente planificación y ejecución del ordenamiento territorial en organismos gubernamentales (OG), no gubernamentales (ONG), empresas y ciudadanos en general, primará por sobre la generación de información y el uso de herramientas complejas, una búsqueda ordenada y una selección e integración creativa de los planos básicos a considerar y de las herramientas a ser empleadas.

La búsqueda, selección e integración de dichos planos de información o datos se encuentra condicionada por (i) su visibilidad, (ii) su disponibilidad en formato digital, y (iii) la descripción de sus características (y por lo tanto de su calidad). Los servidores de datos y metadatos<sup>2</sup> juegan en este proceso un rol fundamental, al facilitar las exploraciones por criterios geográficos y temáticos, y al detallar aspectos metodológicos y conceptuales de los mismos. Para un usuario no especializado en los aspectos

\* En: Paruelo JM, EG Jobbágy, P Laterra, H Dieguez, MA García Collazo y A Panizza (Eds.), Ordenamiento Territorial: Conceptos, Métodos y Experiencias. FAO, MAGyP y FAUBA 2014 (pp. 32-59).

<sup>1</sup> Grupo de Estudios Ambientales - Instituto de Matemática Aplicada San Luis (IMASL), Universidad Nacional de San Luis & CONICET. Ejército de los Andes 950, D5700HHW. San Luis, Argentina. Contacto primer autor: germanbaldi@gmail.com

<sup>2</sup> Metadatos hace referencia a las características de los datos e información disponibles en medios digitales.

técnicos de un OTR, solo el primer punto reviste importancia, ya que el aumento en el número de servidores de mapas en Internet ha facilitado al menos la exploración de algunos planos de información<sup>3</sup>.

Las bases conceptuales de la generación de un plan de OTR, así como de las de su implementación, han sido ampliamente desarrolladas en numerosos libros o tratados (*e.g.* FAO 1993) y en otros capítulos de este volumen. Este capítulo tiene como objetivo difundir a los potenciales responsables de la planificación y ejecución de un OTR en la Argentina (i) las fuentes de información –especialmente explícita– relevantes para la caracterización del medio biofísico (clima, hidrología, suelo, topografía, cobertura del suelo, y de diversidad biológica, entre otros), (ii) las fuentes de información del aspecto social y productivo del territorio, y (iii) algunas herramientas y estrategias para capturar, integrar y presentar dicha información. Toda la información se ordena por un nivel de detalle creciente y una extensión espacial decreciente. Vale destacar que no se busca generar una lista exhaustiva de fuentes y/o herramientas, sino señalar caminos o estrategias alternativas y complementarias que faciliten el trabajo de los técnicos y habiliten e involucren a los actores políticos y sociales en este proceso.

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO

### 2.1. Clima

La información climática se suele presentar en archivos de texto y planillas de cálculo, y se caracteriza frecuentemente por una implantación<sup>4</sup> puntual (estaciones meteorológicas o grillas regulares de puntos). A nivel global, existen unas pocas fuentes de datos climatológicos, destacándose la del “Climatic Research Unit”<sup>5</sup>, de la Universidad de West Anglia, la “World Water and Climate Atlas”<sup>6</sup>, del International Water Management Institute (IWMI), y la del consorcio de instituciones e investigadores “WorldClim”<sup>7</sup>. En sus sitios de Internet se ofrecen distintos conjuntos de datos de resolución espacial y temporal variable. Asimismo, en el sitio de la “Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)”<sup>8</sup> se presentan registros de precipitación y derivados en áreas tropicales y subtropicales (35° N y 35° S). Dicha información proviene de la combinación de varios sensores capaces de cuantificar el vapor de agua, el agua de nubes y la intensidad de lluvia en la atmósfera. La información provista por todos estos sitios es libre y gratuita.

A nivel nacional, varios centros y agencias ponen a disposición del público información climática de interés para el desarrollo de un plan de OTR. Estos datos informan a la comunidad en general y a la agropecuaria en particular, siendo representados frecuentemente en forma gráfica sin posibilidad de descarga en formato digital<sup>9</sup>. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) presenta en el sitio de Internet

<sup>3</sup> *e.g.* <<http://central.tucuman.gov.ar:8180/pmapper-dev/map.phtml/>>

<sup>4</sup> Por implantación se entiende a la representación gráfica o espacial de la información, que puede ser puntual, lineal o poligonal.

<sup>5</sup> <<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg/>>

<sup>6</sup> <<http://www.iwmi.cgiar.org/WAtlas/Default.aspx>>

<sup>7</sup> <<http://www.worldclim.org/>>

<sup>8</sup> Misión de Medición de Lluvias Tropicales, <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>

<sup>9</sup> Por formato digital nos referimos a aquella información que puede ser procesada en un Sistema de Información Geográfica (SIG, ver más adelante). Esta información puede estar en formato vectorial (con distinta implantación) o ráster (matricial). Los archivos de tipo gráfico (jpg, gif, tif) y los de documento portátil (pdf) no son considerados en este capítulo como “digitales”.



de “Servicios Climáticos”<sup>10</sup> información de balance hídrico y de reserva de agua útil. En tanto, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) presenta, en varios sitios, información espacialmente explícita en formato gráfico kml<sup>11</sup> o jpg<sup>12</sup> (evapotranspiración, temperatura superficial, heladas, etc.), o información de estaciones meteorológicas histórica y de resolución diaria en formato tabular<sup>13</sup>. La información provista por ambas OG se complementa con la generada por numerosas redes provinciales<sup>14</sup>, privadas y por centros educativos a partir de estaciones meteorológicas propias. El acceso a las mismas es, sin embargo, restringido. Se destaca dentro del último grupo el del Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales<sup>15</sup> (CREAN, UNC), presentando información acerca de las condiciones de sequía a nivel nacional desde el año 2000, mediante los índices “Estandarizado de Precipitación”, “de Sequía de Palmer” y “de Humedad de Cultivos”.

## 2.2 Agua

A nivel global se destacan algunas pocas bases de datos sobre temas hidrológicos. El sistema “Global Flood Atlas/Surface Water”<sup>16</sup>, generado por el Dartmouth College, mapea desde el año 2000 la distribución de cuerpos de agua superficiales. Dicha información no es, sin embargo, accesible en formato digital. El sitio “HydroSHEDS”<sup>17</sup> del Servicio Geológico de los EE. UU., ofrece datos acerca de redes de drenaje, cuencas, entre otros, en formato digital.

A nivel nacional, se destaca la “Base de Datos Hidrológica Integrada”<sup>18</sup> (BDHI) del “Sistema Nacional de Información Hídrica” (SNIH). Esta brinda información espacialmente explícita de registros de estaciones hidrológicas propias de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, así como de otros organismos que han adherido a esta Base. El acceso a dicha información es libre y gratuito. Asimismo, este organismo es el autor del “Atlas de Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la República Argentina v. 2010”<sup>19</sup>. En su sitio de Internet, es posible visualizar y consultar información de cuencas hídricas, ríos, cuerpos de agua, etc., pero no así descargar la información digital. En tanto, el Instituto Geográfico Nacional (IGN, antes Instituto Geográfico Militar) en su sistema SIG-250<sup>20</sup> presenta planos básicos de recursos hídricos, tales como los principales cuerpos y cursos de agua. Es importante señalar la naturaleza dinámica de la superficie ocupada por cuerpos de agua, especialmente en las llanuras, lo que obliga a considerar mapeos multitemporales de los mismos en el proceso de OTR, en este sentido las bases de información presentadas al comienzo de esta sección son de gran valor.

A nivel provincial, existen cuantiosas fuentes de información que, sin embargo, son de acceso restringido y pueden resultar desconocidas para el público tanto especializado como no. Un ejemplo de ello lo constituye el estudio denominado “Los Recursos Hidrológicos Subterráneos de La Provincia de

<sup>10</sup> <<http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos>>

<sup>11</sup> <<http://sepa.inta.gov.ar/sepa/productos/#>>

<sup>12</sup> <<http://inta.gob.ar/documentos/atlas-climatico-digital-de-la-republica-argentina-1>>

<sup>13</sup> <<http://siga2.inta.gov.ar/>>

<sup>14</sup> e.g. San Luis, <<http://www.clima.edu.ar>; Mendoza, <<http://contingencias.mendoza.gov.ar/>>

<sup>15</sup> <<http://www.crean.unc.edu.ar>>

<sup>16</sup> <<http://www.dartmouth.edu/~floods/hydrography/W70S20.html>>

<sup>17</sup> <<http://hydrosheds.cr.usgs.gov/index.php>>

<sup>18</sup> <[http://www.hidricosargentina.gov.ar/sistema\\_sistema.php](http://www.hidricosargentina.gov.ar/sistema_sistema.php)>

<sup>19</sup> <[http://www.hidricosargentina.gov.ar/sistema\\_cartografia.php?seccion=cartografia](http://www.hidricosargentina.gov.ar/sistema_cartografia.php?seccion=cartografia)>

<sup>20</sup> <<http://www.ign.gob.ar/sig250>>

San Luis. Un Proyecto de Cooperación Técnica Argentino-Australiano” (Ivkovic *et al.* 1999), para el cual se generaron mapas de niveles piezométricos, caudales, salinidad, etc. Existen asimismo numerosas iniciativas de centros de investigación y desarrollo que colectan y ponen a disposición en formato digital información hidrológica. Dos ejemplos de ello son el “Sistema colaborativo de Seguimiento de Napas”<sup>21</sup> y las colecciones del Instituto de Hidrología de Llanuras<sup>22</sup> (IHLLA). El primero es un trabajo colaborativo para estudiar la dinámica de la napa y su impacto en el rendimiento de los cultivos, mientras que en las colecciones del segundo se presentan, para el partido de Azul –Buenos Aires–, datos de estaciones subterráneas, superficiales, meteorológicas y cuerpos de agua. Otros productos espacialmente explícitos de la distribución de cuerpos de agua superficiales se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Lista no exhaustiva de productos cartográficos de cobertura de aguas superficiales para las planicies del centro-norte de la Argentina. Recopilación propia. Abreviaturas: LA Libre acceso vía Internet; CP con permiso del autor; DC disponible con costo; ND no disponible o desconocida.

Extensión	Periodo	Sensor	Resoluc. esp. (m)	Disponibilidad	Fuente
Buenos Aires	Presente	Varios	Variable	CP	Geraldi <i>et al.</i> (2011)
NO Buenos Aires	1996-2005	Landsat	30	CP	Aragón <i>et al.</i> (2011)
NO Buenos Aires	1980-2010	Landsat	30	CP	Ballesteros (2014)
SO Buenos Aires	1998 y 2002	Landsat	30	CP	Bohn <i>et al.</i> (2011)

### 2.3. Suelos

A escala global, varios organismos en forma individual o conjunta han desarrollado bases de datos de acceso libre y gratuito en formato digital. Se destacan los productos “Harmonized World Soil Database v. 1.2”<sup>23</sup>, liderado por el “International Institute for Applied Systems Analysis” (IIASA) (FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC 2012) y el “Global data set of derived soil properties on a 0.5 by 0.5 degree grid v. 3.0”<sup>24</sup>, del International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) (Batjes 2006). Estas bases de datos tienen una resolución espacial de 0.5° y siguen el esquema del “Soil Map of the World”<sup>25</sup> (FAO/UNESCO 1995). Información adicional puede encontrarse en el compendio de la Universidad de Twente<sup>26</sup>, y el “World map of the status of human induced soil degradation” (Oldeman *et al.* 1991). En Sudamérica, el Sistema de Información de Suelos de Latinoamérica (SISLAC) –iniciativa regional impulsada y financiada por la FAO– provee datos en forma gratuita a restringida de perfiles históricos de suelo<sup>27</sup>.

Para la República Argentina, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la, por entonces, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) publicaron el “Atlas de suelos de la República Argentina” (1990). Este documento proporciona una clasificación de los suelos y evaluación de las tierras para todo el país, encontrándose productos a escala cartográfica 1:1.000.000 (Neuquén, Mendoza, San Juan, La Rioja, Chubut y Santa Cruz) y 1:500.000 (demás provincias). Para la Provincia de Santiago

<sup>21</sup> <<http://napas.iyda.net>>

<sup>22</sup> <<http://www.azul.bdh.org.ar>>

<sup>23</sup> <<http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/index.html>>

<sup>24</sup> <<http://www.isric.org/content/data>>

<sup>25</sup> <<http://gcmd.nasa.gov/KeywordSearch/Freetext.do?KeywordPath=&Portal=GCMD&MetadataType=0&Freetext=isric>>

<sup>26</sup> <[http://www.itc.nl/~rossiter/research/rsrch\\_ss\\_digital.html#world](http://www.itc.nl/~rossiter/research/rsrch_ss_digital.html#world)>

<sup>27</sup> <<http://sislac.org>>

del Estero, la cartografía fue actualizada en 2007. Existe una versión papel, y una versión digital corregida, revisada y aumentada (Versión 1.0)<sup>28</sup>, con posibilidad de descarga de formato vectorial.

Los mismos organismos también han publicado para la provincia de Buenos Aires el Atlas de “Suelos de Buenos Aires 1:50.000” (1989). Existe también una versión papel y una versión digital<sup>29</sup>, sin posibilidad de descarga en formato digital (aunque sí en formato gráfico –jpg–). En el mismo sitio se puede acceder a la “Colección digital de las Cartas de Suelos de la República Argentina”, realizada sobre mosaicos aerofotográficos disponibles únicamente para la provincia, con posibilidad de descargas en formato gráfico. Varias otras provincias cuentan con descripciones espacialmente explícitas de las características físicas y químicas de sus suelos (*e.g.* San Luis, INTA 1998). El acceso a dicha información es reducido (se debe pedir autorización para poder acceder a los sistemas de bases de datos), hecho que limita severamente su uso en el desarrollo y aplicación de un OTR. En el caso de los mapas de suelos es importante reconocer que la mayoría de las clasificaciones existentes se han desarrollado con énfasis en el potencial agrícola de los mismos y pueden no ser óptimas cuando se consideran otros usos o valores del territorio, tales como su aptitud para la producción forestal o para la conservación de determinadas especies. En este sentido es útil distinguir variables edáficas individuales de mayor interés y realizar mapeos de suelo con ellas para complementar las clasificaciones preexistentes.

## 2.4. Geología y topografía

A escala global, solo existen propuestas incipientes de armonización de bases de datos geológicas<sup>30</sup>. A nivel nacional, el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) ha realizado relevamientos geológicos sistemáticos en gran parte del país y los distribuye en numerosos productos cuyo acceso es libre pero no gratuito. Se destacan los llamados “Hojas Geológicas”<sup>31</sup> a escalas cartográficas 1:250.000 y 1:100.000, aunque existe información a escalas de mayor detalle. En relación con la topografía, históricamente su análisis se realizó a partir de una serie de documentos cartográficos con información planialtimétrica llamados “cartas topográficas”, producidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Generadas a partir de la interpretación visual de fotografías aéreas a mediados del siglo pasado, se presentan a distintas escalas cartográficas (1:500.000; 1:250.000; 1:100.000 y 1:50.000) y se distribuyen en formato gráfico jpg gratuitamente en el sitio “Argentina 500K”<sup>32</sup> (escala cartográfica 1:500.000, en colaboración con CONAE), y –con costo monetario para el usuario– en formato papel para todas las escalas y en formato digital a escala cartográfica 1:250.000. Asimismo, la Asociación Geológica Argentina publica desde mediados de siglo pasado “RAGA”<sup>33</sup>, en donde pueden encontrarse numerosos trabajos descriptivos únicamente disponibles en formato impreso o pdf.

Debido a la popularización de los sistemas de información geográfica, a la dificultad del procesamiento de la información contenida en el formato papel, y al costo de los productos del IGN, las cartas topográficas han sido reemplazadas por los llamados “modelos digitales de elevación” (DEM, por sus siglas en inglés). Estos constituyen la información básica para la caracterización de la superficie terrestre en la actualidad al proveer datos de altitud a una escala espacial de gran detalle (30 a 90 m). A partir de

<sup>28</sup> <<http://geointa.inta.gov.ar/suelos>>

<sup>29</sup> <[http://geointa.inta.gov.ar/?p=model\\_suelos\\_bsas](http://geointa.inta.gov.ar/?p=model_suelos_bsas) y <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm>>

<sup>30</sup> <<http://www.onegeology.org>>

<sup>31</sup> <<http://www.segemar.gov.ar/ctg/inicio.htm>>

<sup>32</sup> <<http://www.argentina500k.gob.ar/>>

<sup>33</sup> <<http://www.geologica.org.ar>>

ellos, se pueden derivar a través de simples operaciones espaciales o modelos, distintas características topográficas, tales como la pendiente, la orientación, la curvatura y numerosas características hidrográficas y de rugosidad del territorio (determinación de cuencas, el flujo acumulado, costo de movimiento, etc.) (Felicísimo 1994) (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2.** Lista de productos DEM disponibles para caracterizar la topografía de un territorio. Abreviaturas: LA Libre acceso vía Internet; CP con permiso del autor; DC disponible con costo; ND no disponible o desconocida. \* El IGN tiene acceso a la resolución espacial original del SRTM (30 m), pero el acceso a dichos datos requiere un permiso especial.

Producto	Extensión	Sensor	Error altimétrico (m)	Resoluc. esp. (m)	Disponibilidad	Fuente
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)	Global (N60° a S56°)	Radar	<10 relativo y <16 absoluto	90	LA*	Rodríguez <i>et al.</i> (2005) <sup>84</sup>
ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM, v.2)	Global (N83° a S83°)	Aster	-5.58 a +15.45; +7.4 en promedio	30	LA	ASTER GDEM Validation Team (2009) <sup>85</sup>
Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010)	Global (84°N a 90°S)	Varios	Variado	30 a 500	LA	Danielson y Gesch (2011) <sup>86</sup>
TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement (TanDEM-X)	Global (en preparación)	TerraSAR	<2 relativo y <10 absoluto	<12	ND	Hajnsek <i>et al.</i> (2010) <sup>87</sup>

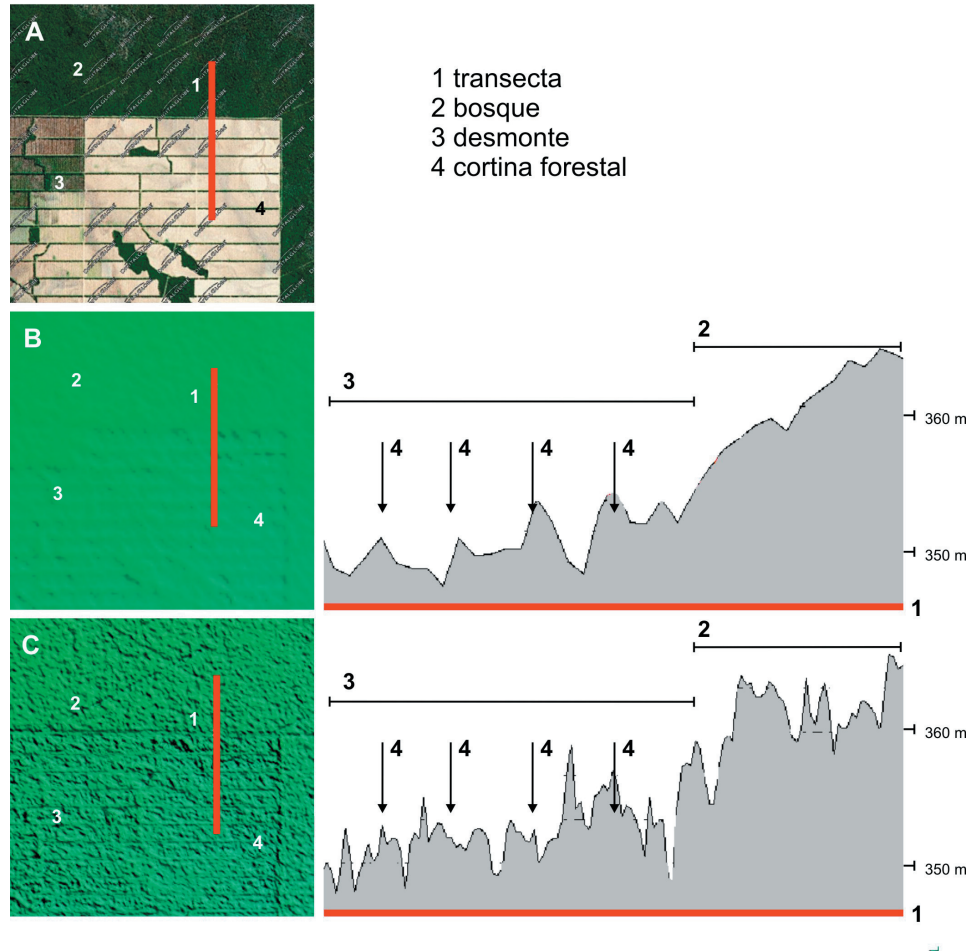
Con respecto a los DEM, es necesario notar que los distintos productos caracterizan una altitud diferente de acuerdo a las características del sensor (radar en SRTM, óptico en ASTER; Fig. 2.1.). El GDEM de ASTER estima alturas de (o cerca de) la cubierta forestal, mientras que SRTM estima alturas algo más abajo de la superficie del dosel. Más allá de las diferencias entre productos, en las áreas cubiertas con vegetación de gran porte (*e.g.* bosques, selvas) o con presencia de infraestructura (*e.g.* edificios) los valores provistos referirán a la suma de la altitud real (terreno) y la de la cubierta vegetal o infraestructura. Asimismo, GDEM presenta artefactos en su aspecto visual tales como el “ruido” de alta frecuencia (Fig. 2.1. C). Estos artefactos no serían atribuibles a diferencias topográficas y afectarían tanto a las propiedades visuales del DEM como a cualquier cálculo hecho con ellos (Guth 2010). Únicamente en zonas extremadamente planas y con una vegetación baja, GDEM superaría en calidad a SRTM debido a su mayor resolución espacial, menor frecuencia de datos faltantes y mejor capacidad de representación topográfica. Asimismo, para la Argentina, GDEM estaría subestimando los valores de altitud del terreno en 5.2 m (ASTER GDEM Validation Team 2009).

<sup>84</sup> <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>>

<sup>85</sup> <<http://reverb.echo.nasa.gov/>, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>>

<sup>86</sup> <[http://topotools.cr.usgs.gov/GMTED\\_viewer](http://topotools.cr.usgs.gov/GMTED_viewer)>

<sup>87</sup> <[http://www.dlr.de/hr/desktopdefault.aspx/tabid-2317/3669\\_read-5488](http://www.dlr.de/hr/desktopdefault.aspx/tabid-2317/3669_read-5488)>



**Figura 2.1.** Ejemplo en el E de Salta de dos modelos de elevación digital y un corte topográfico siguiendo una transecta (en rojo) que cruza distintas unidades de cobertura (lotes agrícolas, cortinas forestales y un bosque). A) Imagen falso color compuesto del sensor Spot 4 (10 m resolución espacial) extraída de Google Earth en donde se aprecia la cobertura del suelo, B) DEM SRTM (90 m), C) DEM GDEM (30 m). En los tres paneles de la derecha se detallan las distintas coberturas sobre la transectas. En B y C se puede apreciar tanto en los dos DEM como en el corte topográfico que de ellos se origina, cómo la altura se compone por la suma de topografía y vegetación. En C, además, se puede observar el notable “ruido” del GDEM.

## 2.5. Cobertura del suelo

### 2.5.1. Condición estructural de un territorio

En el proceso de OTR, las condiciones estructurales de un territorio se pueden evaluar mediante la identificación de elementos o tipos de cobertura clave, la generación de mapas de cobertura (y/o uso) del suelo, las comparaciones con estados de referencia (a través de modelos bioclimáticos y edáficos, áreas protegidas, etc.), la distribución de especies clave, etc. Vale destacar que en esta exploración se deben considerar dos aspectos de la estructura. Estos son: la composición, *i.e.* la fracción del territorio bajo cada uno de elementos presentes, y la configuración, *i.e.* el arreglo espacial de los elementos presentes (su número, forma, conectividad). En esta sección se hará énfasis en la caracterización de la composición de un territorio, sin embargo, se recomienda al lector explorar bibliografía al respecto del segundo aspecto (McGarigal y Marks 1995, Calabrese y Fagan 2004, Moser *et al.* 2007).



La aproximación más sencilla para identificar elementos clave de un territorio, consiste en la exploración e interpretación visual de información fotográfica o satelital disponible en servidores de datos en Internet o en Google Earth (Ode *et al.* 2008). Los archivos fotográficos en línea tales como “Panoramio”<sup>38</sup> o “Confluence Project”<sup>39</sup>, o las mismas imágenes de alta resolución presentadas por Google Earth (Landsat, Spot, QuickBird, WorldView), permiten caracterizar infinidad de aspectos en cuanto a la geografía física (aspectos geomorfológicos, cobertura del suelo, presencia de especies vegetales, signos de disturbios) y humana (presencia de población e infraestructura en el territorio, uso del suelo). En un sistema leñoso, por ejemplo, se podrían analizar con cierto grado de precisión medidas asociadas a la composición de la vegetación (especies dominantes, estructura de edades), remoción de biomasa (presencia de áreas desmontadas) y la degradación del suelo (presencia de cárcavas, acumulación de sal en superficie) (Baldi *et al.* 2013, Pyke *et al.* 2002). De un territorio agrícola, por ejemplo, se podrían analizar medidas acerca de la geometría de los lotes (tamaño, regularidad de las formas) y de presencia de infraestructura productiva (canales de riego, estanques/embalses, silos). Asimismo, sería posible detectar signos de interrupción de dicha actividad productiva (Lesschen *et al.* 2008).

Un paso de mayor complejidad en la caracterización de la estructura de un territorio radica en la generación de mapas de uso y cobertura del suelo (interfase entre aspectos biofísicos y humanos). Este proceso requiere necesariamente conocimientos previos para la adquisición y el procesamiento de información proveniente de sensores remotos (fotografías aéreas, imágenes satelitales). La disponibilidad de dicha información es amplia, ya que existen en la actualidad numerosos sensores capturando información en forma constante a resoluciones adecuadas para el proceso de OTR. Vale destacar que los sensores pueden clasificarse en pasivos o activos de acuerdo a si capturan la energía reflejada o emitida por la superficie de observación (sistemas ópticos e infrarrojos) o aquella que los mismos sensores emiten (sistemas de radar y láser). Para una detallada descripción de los productos existentes, ver Jones y Vaughan (2010), Paruelo *et al.* (2013), y la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Lista no exhaustiva de productos satelitales provenientes de sensores ópticos. Cada plataforma (Landsat, Spot, etc.) puede capturar datos mediante uno o más sensores, y por lo tanto, ofrecer distintos productos con distintas resoluciones espaciales o temporales. En esta lista solo se identifican los productos de mayor interés en el campo del OTR (*e.g.* sensores multiespectrales).

Sensor	Plataformas en uso	Resol. espacial (m)	Resol. temporal (m)	Lanzami	Costo	Consultas
ASTER	Terra y Aqua	15 a 90	A pedido	1999	Gratis	<a href="http://reverb.echo.nasa.gov/reverb">http://reverb.echo.nasa.gov/reverb</a>
FORMOSAT-2		8	Diarios	2004	\$\$	<a href="http://www.astrium-geo.com">http://www.astrium-geo.com</a>
OSA	IKONOS 2	4	3 días	1999	\$\$\$	<a href="http://www.geoeye.com/CorpSite/products/earth-imagery">http://www.geoeye.com/CorpSite/products/earth-imagery</a>

<sup>38</sup> <<http://www.panoramio.com>>

<sup>39</sup> <<http://www.confluence.org>>

Sensor	Plataformas en uso	Resol. espacial (m)	Resol. temporal (m)	Lanzami	Costo	Consultas
MSS, TM, ETM+, OLI	Landsat 5, 7, 8	30-79	16 días	1972	gratuito	<a href="http://reverb.echo.nasa.gov/reverb">http://reverb.echo.nasa.gov/reverb</a> <a href="http://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogos.html">http://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogos.html</a>
BGIS 2000	Quickbird 2	2.4	1 a 3.5 días	2001	\$\$\$	<a href="http://www.digitalglobe.com">http://www.digitalglobe.com</a>
RapidEye	5 (Tachys, Mati, Choma, Choros, y Trochia)	6.5	Diario	2009	\$\$\$	<a href="http://www.rapideye.com/products/index.htm">http://www.rapideye.com/products/index.htm</a>
Varios	SPOT	10	1 a 4 días	1986	\$\$	<a href="http://www.astrium-geo.com">http://www.astrium-geo.com</a>
CCD	C-Bers 2	20	26 días	2003	Gratuito	<a href="http://www.dgi.inpe.br/CDSR">http://www.dgi.inpe.br/CDSR</a>
MMRS	SAC-C	175	16 días	2000	Gratuito	<a href="http://catalogos.conae.gov.ar/SAC_C/default3.asp">http://catalogos.conae.gov.ar/SAC_C/default3.asp</a>
GeoEye-1		1.65	<3 días	2008	\$\$\$	<a href="http://www.geoeye.com/CorpSite/products/earth-imagery">http://www.geoeye.com/CorpSite/products/earth-imagery</a>
WorldView 1 y 2		1.8	1 a 4 días	2009	\$\$\$	<a href="http://www.digitalglobe.com">http://www.digitalglobe.com</a>
MODIS	Terra y Aqua	250	Diario	1999	Gratuito	<a href="http://reverb.echo.nasa.gov/reverb">http://reverb.echo.nasa.gov/reverb</a>
AVHRR	NOAA 15 a 19	1100	Diario	1981	Gratuito	<a href="http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/">http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/</a>

Luego de adquirida y preprocesada la información remota (*i.e.* correcciones geométricas, radiométricas, atmosféricas), se debe desarrollar un esquema conceptual de clasificación. Éste se define como el conjunto de clases o categorías de interés para ser identificadas y discriminadas. La preparación del mismo es de suma importancia ya que provee una herramienta para organizar y categorizar la información que puede ser extraída de los datos satelitales. Dichas categorías son llamadas por Jensen (1996) “clases de información”. Un esquema de clasificación debe ser mutuamente excluyente y totalmente exhaustivo, en otras palabras, cualquier área que sea clasificada debe pertenecer a una y solo una clase o categoría, y todas las categorías deben estar representadas (Congalton 1991). El proceso de clasificación se basa en la hipótesis de que las características estructurales y funcionales de la vegetación, determinan diferencias en la cantidad y calidad de la radiación reflejada por la superficie (Curran 1985). El siguiente paso en dicho proceso es la definición del método de clasificación. Existen numerosos métodos (Jones y Vaughan 2010) y su descripción excede a este capítulo (ver detalles del proceso en Paruelo *et al.* 2013), pero se señalan como más frecuentes la:

- clasificación supervisada<sup>40</sup>
- clasificación no supervisada<sup>41</sup>
- análisis de mezclas espectrales<sup>42</sup>
- clasificación basada en objetos<sup>43</sup>

Una vez definido el esquema conceptual y el método, es necesario determinar la fuente de información con la cual se llevará adelante el proceso de clasificación. Es muy frecuente que se utilice exclusivamente la provista por las bandas espectrales de un sensor para una determinada fecha. Sin embargo, considerar la variabilidad temporal del comportamiento espectral de las distintas coberturas, *i.e.* incorporar al proceso numerosas fechas, aumenta considerablemente la precisión de los productos generados (Guerschman *et al.* 2003). Asimismo, el proceso puede ser alimentado por bandas que sean productos de otros pasos de integración de la información espectral, tales como los llamados índices de vegetación (ver más adelante), o aspectos fenológicos de la vegetación (tasas de crecimiento, días de máxima productividad, etc.) (Paruelo 2008). La determinación de la información de base para una clasificación depende, por tanto, de la creatividad del usuario y no de las restricciones de la información satelital.

La generación y evaluación de estos productos requiere el manejo de sistemas de información geográfica y procesadores de imágenes satelitales, así como –aunque no necesariamente– información de campo. Sin embargo, para el usuario encargado de desarrollar un plan de OTR, existen numerosos productos de cobertura y uso del suelo para el territorio de la República Argentina, generados a escalas continentales hasta locales (Tabla 2.4). Los distintos productos poseen grandes diferencias en cuanto a las resoluciones espaciales, temporales y conceptuales (clases identificadas). Aunque difícil de cuantificar, aquellos que abarquen una menor extensión espacial serán los que presenten un esquema de clasificación conceptual (clases) más detallado o acorde a la región. De los productos mencionados a escala continental, cuatro de ellos son de libre acceso aunque de calidad reducida. Uno de ellos presenta información anual para el período 2001-2010, pero su calidad es notoriamente inferior al resto (*i.e.* Friedl *et al.* 2010). Tres productos nacionales cubren la totalidad del territorio, uno de ellos de libre acceso desde Internet, pero de calidad desconocida (IGN fecha de publicación desconocida). Para el usuario común, ninguno de los productos nacionales analiza la dinámica temporal de las coberturas. Incontables tesis de grado y posgrado, reportes de OG y ONG, revistas de divulgación, etc., presentan clasificaciones para áreas generalmente reducidas en extensión. Esta valiosa información resulta, sin embargo, subutilizada u olvidada debido a la dificultad para descubrirla o acceder a ella. Algunos ejemplos destacados se presentan en la Tabla 2.4.

<sup>40</sup> El usuario selecciona zonas de entrenamiento donde conoce la cobertura y, por lo tanto, las características espectrales.

<sup>41</sup> El usuario solicita al software que examine la información espectral y extraiga un número determinado de grupos, los cuales son luego asignados a clases de información.

<sup>42</sup> Para cada uno de los píxeles, se estima la proporción de cada clase de información a partir de técnicas específicas e información hiperespectral.

<sup>43</sup> A diferencia de las técnicas anteriores, basadas exclusivamente en las propiedades espectrales de los píxeles individuales (unidad muestral), este método considera las características espectrales de un píxel focal y su similitud con los píxeles vecinos, determinando así “objetos”. Estos son la nueva unidad muestral sobre la cual la clasificación estará basada.

**Tabla 2.4.** Lista no exhaustiva de productos cartográficos de cobertura y uso del suelo disponibles en la Argentina. Abreviaturas: LA Libre acceso vía Internet; CP con permiso del autor; DC disponible con costo; ND no disponible o desconocida.

Extensión	Periodo	Sensor	Resoluc. esp. (m, o esc. cartográfica)	Disponibilidad	Fuente
Sudamérica	2004-2006	ENVISAT MERIS	300	LA	Bicheron <i>et al.</i> (2008)
Sudamérica	2000	Spot	1000	LA	Eva <i>et al.</i> (2004)
Sudamérica	2001-2010	MODIS	500	LA	Friedl <i>et al.</i> (2010) <sup>8</sup>
Sudamérica	2001-2010	MODIS	250	CP	Clark <i>et al.</i> (2012)
Sudamérica	2008	MODIS	250	LA	Blanco <i>et al.</i> (2013)
Argentina	2006-2007	Landsat - MODIS	30-250	ND	INTA (2009)
Argentina	1998-2008	Landsat	30	CP	UMSEF (2008)
Argentina	¿?	¿?	1:250.000	LA	IGN (fecha de publicación desconocida)
Argentina	¿?	¿?	¿?	CP	SAGPyA (2001)
Selva Paranaense y ribereña	1973-2006	Landsat	30-60	CP	Izquierdo <i>et al.</i> (2008)
Selva Paranaense y ribereña	1993	Landsat	30	CP	Kandus <i>et al.</i> (1999)
Chaco	2010-presente	Diversos	<30	LA	Guyra Paraguay (Guyra Paraguay 2013)
Chaco	2002 y 2006	MODIS	500	CP	Clark <i>et al.</i> (2010)
Cuenca del río Bermejo	2000-2010	MODIS	250	CP	Barraza <i>et al.</i> (2013)
Chaco Seco	2000-2007	Landsat	30	CP	Volante <i>et al.</i> (2011)
Chaco Seco	2007	MODIS	250	CP	Gasparri y Baldi (2013)
Chaco Serrano	1997	Landsat	30	CP	Cingolani <i>et al.</i> (2004)
Chaco Semiárido (N Córdoba)	1997	Landsat	30	CP	Zak y Cabido (2002)
Chaco Semiárido (N Córdoba)	1956-2000	Varios	Variada	CP	Zak <i>et al.</i> (2008)
Chaco Semiárido (NO Córdoba)	1988-2002	Landsat	30	CP	Britos y Barchuk (2008)
NOA	2007	Landsat TM - MODIS	1:500.000	ND	Lizarraga <i>et al.</i> (2012)
Prov. Tucumán y Salta	1972-2007	Landsat	30	CP	Gasparri y Grau (2009)
Prov. Tucumán y Salta	1972-2001	Landsat	30	CP	Grau <i>et al.</i> (2005)
Prov. Santiago del Estero	2008	Varios	Variada	CP	Mariot (2008)
Moreno, Santiago del Estero	1975-1999	Landsat	30	CP	Boletta <i>et al.</i> (2006)
Pampas	2000-2004?	MODIS	250	CP	Guerschman (2005)
Pampas y Campos	1988-2004	Landsat	30	CP	Baldi y Paruelo (2008)
Pampas	1996	Landsat	30	CP	Baldi <i>et al.</i> (2006)



Extensión	Periodo	Sensor	Resoluc. esp. (m, o esc. cartográfica)	Disponibilidad	Fuente
Pampa Inundable	1998	Landsat	30	CP	Herrera <i>et al.</i> (2005)
Prov. Buenos Aires	2004	SAC-C	175	CP	LART-MAAyP (2004)
SO Prov. Buenos Aires	1996	Landsat	30	CP	Guerschman <i>et al.</i> (2003)
O Prov. Buenos Aires	2000-2005	Landsat	30	CP	Caride <i>et al.</i> (2012)
Sur Prov. San Luis	1985-1999	Landsat	30	CP	Demaría <i>et al.</i> (2003)

Asimismo, el usuario puede querer conocer la condición potencial de la vegetación en un determinado territorio, es decir, la estructura de la vegetación o del paisaje en ausencia de intervenciones humanas (cultivo, tala, quema, pastoreo, etc.). Este “estado de referencia” o “vegetación potencial” (Bestelmeyer *et al.* 2009) podría ser evaluado mediante la exploración de información bibliográfica de las características florísticas y geomorfológicas analizados por la Biogeografía. Existen para la República Argentina numerosos estudios de vegetación potencial que surgen de la combinación de análisis climáticos, edáficos y estudios de campo (Tabla 2.5). La mayor parte de ellos se encuentran en publicaciones de difícil acceso y en formato papel (*e.g.* Anderson *et al.* 1970), dado que la biogeografía tuvo su apogeo a mediados del siglo pasado. Así, la integración de esta valiosísima información con aquella de uso actual requiere un importante trabajo de búsqueda y digitalización de la cartografía existente. Otra posibilidad para evaluar estos estados de referencia de la vegetación o el paisaje, lo constituiría la comparación de un determinado territorio con uno lindero bajo un esquema de protección de tipo parque nacional (Garbulsky y Paruelo 2004).

**Tabla 2.5.** Lista breve de productos cartográficos de vegetación potencial de la Argentina (solo aquellos de escala provincial o regional). La mayor parte de ellos se encuentra solo disponible en formato papel. Fuente: recopilación propia. Abreviaturas: LA Libre acceso vía Internet; CP con permiso del autor; DC disponible con costo; ND no disponible o desconocida.

Extensión	Disponibilidad	Fuente
Global	LA	Bailey y Hogg (1986)
Global	LA	Olson <i>et al.</i> (2001)
Sudamérica	ND	Hüeck y Seibert (1981)
Sudamérica	LA	Josse <i>et al.</i> (2003)
Argentina	ND	Cabrera (1971)
Patagonia extraandina	ND	León <i>et al.</i> (1998)
Chaco (región)	ND	Morello y Adámoli (1974)
Yungas	CP	Brown y Pacheco (2006)
Monte	ND	Roig <i>et al.</i> (2009)
Monte	ND	Morello (1958)
Prov. San Luis	ND	INTA (1998)
Prov. La Pampa	ND	INTA-UNLP (1980)
Santa Fe	ND	Lewis y Pire (1971)
Corrientes	ND	Carnevali (1994)

Extensión	Disponibilidad	Fuente
Pampas y Campos	ND	Soriano (1991)
Prov. Mendoza	ND	Roig (1972)

### 2.5.2. Funcionamiento ecosistémico

Un análisis complementario al de las condiciones estructurales de la vegetación lo constituye la exploración de las condiciones funcionales. Combinadas, ambas evaluaciones brindarían información acerca del estatus o calidad de la cobertura en un territorio, y por lo tanto, su aptitud para diferentes usos (incluyendo la conservación). A escalas de paisaje hasta continentales, las características funcionales son analizadas casi exclusivamente mediante información proveniente de sensores remotos y su posterior integración con modelos biofísicos. En el caso particular de los sensores remotos pasivos (Tabla 2.3), frecuentemente la información asociada al funcionamiento proviene de la combinación de datos multi-, super- o hiperespectrales en distintos índices espectrales. Estos se asocian a variables tanto físicas como biológicas, como la productividad primaria de la vegetación, la evapotranspiración, el albedo de la cobertura, la ocurrencia de fuegos o inundaciones, etc. (Paruelo *et al.* 2013).

La productividad primaria de la vegetación constituye la medida básica de las entradas energéticas a los ecosistemas y su capacidad de generar biomasa, y por lo tanto, un atributo funcional clave no solo para los sistemas productivos, sino también para servicios tales como el secuestro de carbono o la provisión de alimento a la fauna silvestre. Si se considera en su cálculo el proceso de respiración de la vegetación, se denomina neta (PPN), si no bruta (PPB). Si bien el cálculo de la PPN puede resultar dificultoso, el uso de variables subrogantes de la PPB como los índices de vegetación, ha provisto una gran ayuda en estudios biogeográficos al permitir caracterizar la magnitud y la estacionalidad de la productividad, basándose en protocolos comunes sobre grandes extensiones ocupadas por distintos tipos de vegetación (Lloyd 1990, Xiao *et al.* 2004, Sims *et al.* 2006). Existen numerosos índices generados a partir de distintas combinaciones de bandas de acuerdo al sensor utilizado o al autor, aprovechando la mayoría de ellos el notable incremento en la reflectancia de la vegetación en la banda del infrarrojo cercano (longitud de onda de entre 700 y 2.500 nm). Los más reconocidos o utilizados son:

- Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas (NDVI, por sus siglas en inglés)
- Índice de Vegetación Mejorado (EVI)
- Índice Verde de Vegetación de Diferencias Normalizadas (GNDVI)
- Índice de Vegetación Ajustado al –tipo de– Suelo (SAVI, SATVI, MSAVI, MSAVI2)

Para explorar más índices de vegetación, buenos resúmenes se encuentran en Jones y Vaughan (2010), en Xiao *et al.* (2005) y en el sitio “Landscape Toolbox”<sup>44</sup> (caja de herramientas del paisaje), del USDA-ARS.

Otro aspecto clave del funcionamiento de los ecosistemas es la tasa de evapotranspiración, que implica la suma de agua perdida por evaporación directa y por transpiración de la vegetación (fuertemente asociada a la PPN). Este aspecto reviste fundamental importancia en la cuantificación de las demandas hídricas de la vegetación (cultivada y no cultivada) y el balance hídrico de un territorio. Todos los sensores presentados en la Tabla 2.3 permiten el cálculo de índices de vegetación, evapotranspiración, y otras medidas del funcionamiento (albedo, ocurrencia de fuegos e inundaciones, etc.), mediante pro-

<sup>44</sup> <<http://www.landscapetoolbox.org>>

cedimientos de distinta complejidad que implican álgebra de bandas. Es posible, sin embargo, adquirir para algunos de dichos sensores los índices sin necesidad de aplicar los modelos teóricos (e.g. NOAA-AVHRR o MODIS Terra o Aqua).

Para el caso de MODIS Terra o Aqua<sup>45</sup>, existen distintos productos que resultan sumamente útiles para la caracterización del funcionamiento (Xiao *et al.* 2004, Zhang *et al.* 2006) debido a (i) su moderada resolución espacial (250 a 500 m), posibilitando trabajar con grandes extensiones de territorio, (ii) su alta resolución temporal, posibilitando analizar comportamientos estacionales e interanuales (datos diarios, o uno cada 16 días), (iii) la existencia de una banda de calidad para cada dato, facilitando la evaluación de la precisión de los análisis, (iv) su disponibilidad desde el año 2000, y (v) su acceso libre e ilimitado. El formato original de dicha información es similar a la de otras fuentes satelitales, *i.e.* información ráster en áreas predeterminadas (escenas). Es asimismo posible adquirir productos MODIS por medio de la herramienta en línea “MODIS Global Subsets: Data Subsetting y Visualization”<sup>46</sup>. Dicha herramienta permite luego de determinar el área de interés:

- descargar información tabular o matricial para áreas pequeñas (desde 0.25x0.25 hasta 201x201 km),
- descargar información tabular para píxeles individuales o resumidos del área de interés,
- realizar análisis en línea sin necesidad de un conocimiento previo del manejo de información espacial,
- considerar la calidad de los datos utilizados,
- exportar datos a distintos formatos.

Los productos disponibles mediante dicha herramienta son:

- reflectancia superficial corregida atmosféricamente
- temperatura superficial y emisividad
- cobertura y uso del suelo
- índices de vegetación
- Índice de Área Foliar y FPAR
- resistencia superficial y evapotranspiración
- productividad primaria neta
- albedo

A nivel nacional, se destaca el sitio “Seguimiento de la Producción Agropecuaria”<sup>47</sup> del INTA, el cual permite analizar el funcionamiento de la vegetación mediante la información provista fundamentalmente por los productos MODIS de reflectancia superficial corregida atmosféricamente y de conversión de la cobertura vegetal. Este sitio permite al usuario luego de determinar el área de interés:

- descargar información tabular de índices de verdor resumidos para el área de interés,
- visualizar la información espacial de índices de verdor y anomalías de los mismos,

<sup>45</sup> <<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb>>

<sup>46</sup> <<http://daac.ornl.gov>>

<sup>47</sup> <<http://sepa.inta.gov.ar>>

- realizar análisis en-línea sin necesidad de un conocimiento previo del manejo de información espacial.

## 2.6. Diversidad biológica

La información acerca de la diversidad biológica es quizás la que se encuentra más atomizada en el país. No obstante, existen importantes iniciativas de OGs y ONG para integrar y sistematizar la provisión de la información preexistente. A nivel internacional se destacan sistemas como el “Global Biodiversity Information Facility”<sup>48</sup> y el “Tropicos”<sup>49</sup>. A nivel nacional, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva conjuntamente con el Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICyT) coordinan el “Sistema Nacional Datos Biológicos”<sup>50</sup>, que colecta información acerca de datos taxonómicos, ecológicos, cartográficos, bibliográficos, etnobiológicos, de uso y de catálogos sobre recursos naturales y otros temas afines. Este sistema permite al usuario fundamentalmente explorar la distribución de especies y bases de datos o metadatos. El “Sistema de Información de Biodiversidad”<sup>51</sup>, coordinado por la Administración de Parques Nacionales (APN), almacena y presenta datos sobre biodiversidad en el ámbito de las áreas protegidas de Argentina (en planillas de cálculo). Existen muchas colecciones disponibles en universidades y centros de investigación<sup>52</sup>, museos<sup>53</sup>, ONG<sup>54</sup> y particulares que han sido parte de numerosos estudios que analizan los patrones a nivel nacional o regional. El acceso a los resultados de dichos estudios en formato digital requiere frecuentemente el permiso del autor (*e.g.*, Fundación Vida Silvestre Argentina *et al.* 2005, Szumik *et al.* 2012).

Si bien no es un plano de información estrictamente biológico, la localización de las áreas protegidas resulta fundamental en el proceso de OTR. La Administración de Parques Nacionales presenta en el Sistema de Información de Biodiversidad antes mencionado, información en formato digital de cada una de las áreas protegidas bajo su jurisdicción. La información de este sitio se puede descargar en formato digital individualmente para cada área protegida. Alimentado por distintas OGs y ONG, el sistema “World Database on Protected Areas”<sup>55</sup> permite el análisis de numerosos planos de información dentro de cada área protegida (*e.g.* uso del suelo, fuego, diversidad) y la descarga de información digital para distintas categorías de protección y jurisdicción (privada, estatal, internacional, hasta municipal, etc.).

## 2.7 Sistemas de producción

En un OTR, se plantea sobre una base biofísica la división de un territorio en un conjunto de unidades menores para las cuales se favorecerán ciertas alternativas de uso. Esta división, no obstante, carecería de sentido si no se incorporaran aspectos económicos, culturales, sociales, institucionales, de tenencia y de infraestructura del territorio o paisaje en cuestión. Debido a la complejidad de la dimensión humana en un OTR, la cual excede ampliamente los límites de este capítulo, solo se detallan aquí

<sup>48</sup> <[www.gbif.org](http://www.gbif.org)>

<sup>49</sup> <<http://www.tropicos.org>>

<sup>50</sup> <<http://www.datosbiologicos.mincyt.gob.ar>>

<sup>51</sup> <<http://www.sib.gov.ar>>

<sup>52</sup> *e.g.* <<http://www2.darwin.edu.ar>>

<sup>53</sup> *e.g.* <[http://www.macn.secyt.gov.ar/investigacion/inv\\_colecciones-macn.php](http://www.macn.secyt.gov.ar/investigacion/inv_colecciones-macn.php)>

<sup>54</sup> *e.g.* <<http://www.worldbirds.org/v3/argentina.php?a=lo>>

<sup>55</sup> <<http://protectedplanet.net>>



aquellos aspectos asociados a la caracterización espacialmente explícita de la producción y sistemas de producción en el país.

En relación a la disponibilidad de datos productivos, la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO) presenta en su sitio FAOStats<sup>56</sup> una amplia gama de información estadística (recursos naturales, producción de bienes, precios, etc.) desde 1961 y a escala nacional. En tanto, en el país existen dos organismos nacionales (con tareas superpuestas) que brindan con cierta periodicidad información censal y muestral. El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) desarrolla aproximadamente cada 10 años el llamado “Censo Nacional Agropecuario” (CNA), en el cual se recopila información acerca de volúmenes producidos, áreas afectadas, infraestructura y tecnología, etc., para las distintas actividades del sector. La información es recogida a nivel de establecimiento, siendo la unidad estadística la Explotación Agropecuaria<sup>57</sup> (EAP). No obstante, la información es presentada exclusivamente a nivel de primero (provincia) y segundo nivel de subdivisión (municipio, departamento, partido) (Paruelo *et al.* 2004). La información para los ocho primeros CNAs (1881, 1914, 1937, 1947, 1960, 1969, 1973, y 1988) se encuentra exclusivamente en formato papel, mientras que es posible acceder en formato digital a la información del CNA 2002<sup>58</sup>. La realización del CNA 2008 se vio afectada por problemas políticos que originaron una importante ausencia de productores o informantes calificados en el momento del barrido en sus explotaciones y el rechazo de productores a responder al censo. Es así que los resultados del mismo se encuentran disponibles solo para algunas regiones del país, y se distribuyen en los sitios de las direcciones provinciales de estadísticas y censos<sup>59</sup>. Asimismo, el INDEC realiza desde 1993 la “Encuesta Nacional Agropecuaria” (ENA), un programa de relevamientos regulares de periodicidad anual basado en un diseño muestral objetivo para cada provincia. Análogamente, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) realiza desde 1969 las “Estadísticas Agrícolas”<sup>60</sup>, brindando información sobre la superficie cosechada e implantada de numerosos cultivos. Históricamente, estas estimaciones se basaron en métodos subjetivos a partir de informantes calificados, pero en la actualidad se realizan a partir de técnicas de teledetección y SIG.

Numerosos organismos internacionales han generado distintos planos de información acerca de usos o intervenciones puntuales sobre el territorio. Se pueden señalar las bases de datos de irrigación del “Global map of irrigated areas”<sup>61</sup> (Siebert *et al.* 2007) y de carga ganadera del “Gridded Livestock of the World”<sup>62</sup> (GLW) (FAO 2007). Estos productos suelen tener una resolución espacial de entre 3 y 30 min y su acceso es libre y gratuito.

Al integrar distintos planos estadísticos, es posible identificar y caracterizar los diversos sistemas o grupos productivos de un territorio y obtener así un plano fundamental en cualquier OTR. Los criterios de delimitación más frecuentemente utilizados son sociales (tenencia, tamaño del predio), operativos (capital, nivel de mecanización, mano de obra), productivos (diversidad de productos) y estructurales (fracción cultivada, orientación de la producción) (Kostrowicki 1992, Duvernoy 2000, Kruska *et al.* 2003,

<sup>56</sup> <<http://faostat.fao.org>>

<sup>57</sup> Definida como una unidad de organización de la producción cuya superficie no es menor de 500 m<sup>2</sup>. La EAP se define independientemente del número de terrenos no contiguos que la componen, cada uno de los cuales constituye una parcela.

<sup>58</sup> <[http://www.indec.gov.ar/agropecuario/cna\\_principal.asp](http://www.indec.gov.ar/agropecuario/cna_principal.asp)>

<sup>59</sup> e.g. <[http://www.larioja.gov.ar/estadistica/index.php?option=com\\_content&view=article&id=48:censo-nacional-agropecuario-2008&catid=37:censos&Itemid=84](http://www.larioja.gov.ar/estadistica/index.php?option=com_content&view=article&id=48:censo-nacional-agropecuario-2008&catid=37:censos&Itemid=84)>

<sup>60</sup> <<http://www.minagri.gob.ar/site/index.php>, <http://www.sii.gov.ar>>

<sup>61</sup> <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index10.stm>>

<sup>62</sup> <<http://www.fao.org/AG/againfo/resources/en/glw/home.html>>

Tittonell *et al.* 2010). En el país existen numerosos trabajos que se enfocan en un tipo de producto (*e.g.* cabras), en una región reducida (*e.g.* oeste de Santiago del Estero) y en un tiempo en particular (*e.g.* década del 90). Asimismo, la mayor parte de ellos se encuentran publicados en reportes o publicaciones nacionales que –como ya se ha mencionado– resultan de difícil descubrimiento o consulta. A nivel nacional, entonces, es necesario contar con una síntesis de los grupos productivos, su distribución espacial y su dinámica temporal. Vale destacar que el acceso a la información a escala de mayor detalle generados por OG provinciales o nacionales, se encuentra muchas veces restringido para el público general. Ejemplos de ello los constituye la información del INDEC a escala de radio censal o (como planos accesorios) la información catastral<sup>63</sup>.

### 3. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 3.1. Software

La información citada en las secciones anteriores se integra en la actualidad en lo que comúnmente se denomina un Sistema de Información Geográfica (SIG). Un SIG es un modelo de la realidad que –a través de conjunto de métodos y herramientas– permite visualizar, capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y representar información espacialmente explícita, con el fin último de resolver problemas complejos de planificación y gestión (Fig. 2.2). Un SIG se complementa con dos familias más de software (que pueden también presentar herramientas SIG), *i.e.* los procesadores de imágenes satelitales, que permiten analizar específicamente información de tipo matricial (ráster), y los de diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés). Así, los SIG y software relacionados se alinean perfectamente con las necesidades e intereses de los encargados de diseñar y aplicar un plan de OTR. La superposición de capas de información, la generación de información temática o la geocodificación, son tareas obligadas y frecuentes para este proceso; otras, como el modelado de la rugosidad del territorio, constituyen una oportunidad para incrementar la eficiencia de dicho proceso (Nelson 2008). Para una exploración en detalle de este tema, un excelente libro en castellano de acceso libre es el de V. Olaya (2012).

Existen numerosos software SIG<sup>64</sup> y relacionados de variable complejidad, siendo los más populares los de tipo propietario (con acceso pago; *e.g.* ArcGIS, Erdas Imagine, ENVI, Idrisi). Sin embargo, cada vez es más frecuente encontrar sistemas de libre acceso con capacidades similares a los propietarios (*e.g.* GRASS GIS, gvSIG, Quantum GIS) y que pueden ser integrados a entornos de programación estadística y gráfica como el R<sup>65</sup>, a bases de datos geográficos gubernamentales, o a los numerosos servidores de mapas en Internet.

Si bien no pueden ser considerados como un SIG, puesto que no cumplen con varios de sus aspectos, los servidores de mapas en Internet, el Google Earth<sup>66</sup> o sistemas similares (Bing Maps<sup>67</sup>, Google

<sup>63</sup> Con excepciones en relación a la información catastral, ya que para provincias como Tucumán o Entre Ríos la información se encuentra disponible en formato digital.

<sup>64</sup> En el sitio <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_geographic\\_information\\_systems\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_geographic_information_systems_software)>, se listan los principales SIG libres y propietarios.

<sup>65</sup> <<http://www.r-project.org>>

<sup>66</sup> <<http://www.google.com/earth/index.html>>

<sup>67</sup> <<http://www.bing.com/maps>>



**Figura 2.2.** Nube de palabras surgida de 24 definiciones globales, funcionales y tecnológicas recopiladas por Navarro Pedreño *et al.* (2000).

Maps<sup>68</sup>, Yahoo! Maps<sup>69</sup>) permiten almacenar y analizar visualmente información espacialmente explícita. Google Earth, en particular, constituye una herramienta con enorme potencial en el proceso de OTR al permitir a un amplio rango de usuarios acceder a una gran cantidad de información, como imágenes satelitales de alta resolución espacial (y cierta temporalidad), cartografía base (rutas, áreas urbanas, etc.), cartografía temática (disponible en la comunidad Google Earth o en las mismas capas del software), modelos de elevación digital, fotografías del terreno, etc. Debe destacarse que la exploración de los metadatos de este sistema es restringida o críptica al –por ejemplo– no poder conocer la procedencia de la información topográfica. Asimismo, la descarga de la información contenida en este sistema no es posible debido a obvias restricciones legales; no obstante, existen algunos programas para descargar la información que se visualiza en formato de jpg o similares (*e.g.* Google Ozi Explorer<sup>70</sup>). Finalmente, Google Earth permite a los actores involucrados en el proceso de OTR combinar en su interfase tridimensional, mapas propios generados con otras tecnologías (y distribuirlos fácilmente en formato kml), logrando así la convergencia de información en un sistema de uso gratuito y que no requiere conocimientos especializados.

Complementariamente a los SIG, existen numerosos sitios en Internet de organismos nacionales, provinciales y municipales que contienen servidores de mapas<sup>71</sup>, los cuales permiten la consulta de numerosos planos de información espacialmente explícita. A nivel nacional, se encuentra en desarrollo la iniciativa “Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina” (IDERA)<sup>72</sup>, en la cual distintas OG buscan generar las bases para compilar en forma armónica datos, metadatos y herramientas espaciales a nivel nacional. Asimismo, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS) lista distintos servidores de mapas de distintas provincias argentinas, así como de otros orga-

<sup>68</sup> <<https://maps.google.com>>

<sup>69</sup> <<http://espanol.maps.yahoo.com>>

<sup>70</sup> <<http://www.ozexplorer3.com/eng/ge.html>>

<sup>71</sup> *e.g.* de San Luis <<http://ambiente.ocurrenciasit.net/>>; de Tucumán <<http://central.tucuman.gov.ar:8180/pmapper-dev/map.phtml/>>; de San Juan <<http://www.atlas.unsj.edu.ar>>

<sup>72</sup> <<http://www.idera.gob.ar/portal/>>

nismos nacionales e internacionales<sup>73</sup>. El INTA cuenta con distintos servidores, tales como el “Sistema (centralizado) de Gestión de Datos Espaciales de INTA (GeoINTA)”<sup>74</sup>, el “Sistema de Información Patagonia Norte”<sup>75</sup> y el de las provincias del Noroeste<sup>76</sup>. La visibilidad y cantidad de la información es muy variable entre todos estos sitios, así como la posibilidad de descargar la misma en formato digital. Como en el caso de los mapas de uso y cobertura del suelo, y si bien existen excepciones, la calidad u origen de la información presentada es desconocida al no presentarse en estos sitios los metadatos relativos. El uso o aplicabilidad de dicha información queda consecuentemente a criterio del usuario y la posibilidad de este de contactarse con el autor de la misma.

Todos estos servidores de mapas presentan la cartografía base del territorio bajo su jurisdicción o interés (límites departamentales, de áreas protegidas, o localidades), mientras que algunos de ellos presentan información temática (clima, suelos, cobertura vegetal, vegetación potencial). Cabe destacar que el IGN distribuye cartografía base a escala cartográfica 1:250.000 y en formato vectorial en forma gratuita en su sitio de Internet<sup>77</sup>.

### 3.2. Estrategias

Como se planteó inicialmente, el objetivo de este capítulo es esbozar caminos alternativos para la recopilación e integración de datos en el marco de un proceso de OTR. Esta sección, por lo tanto, aborda –en lugar de aspectos teóricos del análisis espacial– una descripción de estrategias a seguir en el manejo e integración de la información geográfica. Para más detalles se sugieren los trabajos de Lam (1983), Rossi *et al.* (1992), McGarigal y Marks (1995), Perry *et al.* (2002), Pyke *et al.* (2002), y Ode *et al.* (2008). Un excelente sitio en Internet es nuevamente el llamado “Landscape Toolbox”.

En relación a la selección de variables, se sugiere:

- Identificar qué grandes atributos del territorio se busca caracterizar. Estos pueden ser poco cuantificables y relativamente abstractos, pero son los que impulsan la posterior búsqueda de variables específicas. Por ejemplo “pobreza” y “productividad” son atributos de este tipo y pueden, una vez identificados como clave, ser descriptos por variables como mortalidad infantil e índices de vegetación derivados de datos satelitales. Establecer entonces esta conexión entre atributos relevantes y variables que los representen es muy útil al comienzo del proceso OTR. Esta búsqueda puede implicar varias pruebas hasta que se encuentren las variables operativas más apropiadas.
- Reconocer y aprovechar la redundancia de variables disponibles. Los mismos procesos o atributos del territorio pueden ser capturados por planos de información muy distintos. Por ejemplo, la recurrencia de incendios puede describirse con imágenes de alto detalle de Google Earth (patrones en la vegetación) o por productos MODIS (radiación emitida). Explorar distintas alternativas para una misma variable o grupo de variables a describir, disminuiría asimismo posibles sesgos en las predicciones. No existe un producto perfecto, por lo que su uso combinado puede ser una alternativa aceptable.
- Aceptar varias iteraciones en el proceso de identificación de atributos relevantes, variables operativas (a veces varias alternativas) y mapas resultantes, que a su vez estimulan la definición de nuevos

<sup>73</sup> <<http://www.ambiente.gov.ar/default.asp?IdArticulo=2004>>

<sup>74</sup> <<http://geointa.inta.gov.ar>>

<sup>75</sup> <<http://sipan.inta.gov.ar/geoserver/web/?wms>>

<sup>76</sup> <<http://geosalta.inta.gov.ar/geoserver/?wms>>

<sup>77</sup> <<https://2mp.conae.gov.ar/index.php/materialeseducativos/coberturasvectoriales/522-sig-250-del-instituto-geografico-nacional>>



atributos relevantes no considerados inicialmente. Estas iteraciones son a menudo el aspecto más valioso y creativo del proceso de caracterización del sistema territorial, ya que reformulan las preguntas y las necesidades más importantes. En estas iteraciones es útil reconocer en qué medida se capturan y describen los intereses de los diversos actores que usan el territorio.

Entre las estrategias acerca de la selección de las fuentes de información, se sugiere:

- Ponderar positivamente aquellos productos para los cuales la calidad esté documentada (a través de los metadatos). En el caso de las clasificaciones de cobertura y uso del suelo, dicha calidad estará dada principalmente por un valor de precisión por cada clase de información y uno general considerando el conjunto de todas las clases.
- Evaluar la calidad de los productos en forma tanto visual<sup>78</sup> como estadística.
- En el proceso de integración se debería seguir aquel camino que utilice la menor cantidad de planos de información posible, y que los integre a través de una operación sencilla de tipo lógica, relacional, o algebraica.

En relación a las escalas de análisis y observación:

- La escala espacial de integración de los distintos planos de información (y la el producto cartográfico resultante) debe reconocer que la variable con menor resolución espacial (i.e. menor detalle) dicta el máximo detalle. En el proceso de caracterización del sistema territorial se deberá ponderar un plano de información tanto por su implicancia biofísica o social como por su resolución espacial.
- Si se busca generar un producto cartográfico, establecer inicialmente el tamaño de la entidad más pequeña a ser delimitada o mapeada dentro de un área discreta<sup>79</sup>. Su selección determina el nivel de detalle de la interpretación de un mapa y los planos de datos que puedan servir al proceso de análisis y los que no.

En relación al sistema de proyección:

- Cada sistema tiene un propósito diferente (conservar el área, la forma, la distancia) y es adecuado para un determinado territorio. Por tanto, su correcta elección determinará la calidad de las mediciones realizadas y de la representación cartográfica.
- No es conveniente cambiar, mediante software específicos, el sistema de un producto preexistente, ya que este proceso requiere el remuestreo<sup>80</sup> de los datos. Los distintos métodos cambian necesariamente los datos en términos geométricos como radiométricos. La solución sugerida es mantener el sistema de coordenadas originales cuando se procesa la información.
- El Instituto Geográfico Nacional determina como “Marco de Referencia Geodésico Nacional” al sistema POSGAR 07, reemplazando a POSGAR 94. En la medida de lo posible, la información generada o representada debería seguir dicha normativa.

<sup>78</sup> La comparación visual entre elementos visuales se puede denominar paralelismo, y permite establecer vínculos entre ellos y por tanto congruencias y discrepancias (Tufté 1997).

<sup>79</sup> Llamada mínima unidad mapeable (Saura 2002).

<sup>80</sup> Es el proceso de transformación de un producto de formato matricial (ráster) mediante un método de extrapolación (vecino más cercano, interpolación bilineal, convolución cúbica).

Acerca del despliegue de la información:

- Existen distintas alternativas para conocer la heterogeneidad de un territorio en relación a una variable de interés. Las más frecuentes consisten en resumir la información en unidades político-administrativas (provincias, municipios) o en unidades regulares y continuas de acuerdo a criterios arbitrarios (grillas de cuadrados, hexágonos, etc.) (McGarigal y Marks 1995). Se debe tener presente que la división del territorio en unidades discretas conlleva distintos resultados, lo mismo ocurre con cualquier otro criterio de división (temporal, clases, etc.). Si bien casi la totalidad de los datos sociales y productivos del país se encuentran disponibles bajo el primer esquema de división, se deben reconocer dos problemas: (i) la heterogeneidad de la variable de interés aumenta con el área de la unidad, y (ii) los cambios históricos en las formas de las unidades. La segunda opción evita ambos inconvenientes al permitir la exploración del territorio siguiendo criterios de escala espacial y temporal definidos por el usuario.
- En el caso de utilizar índices de paisaje (O'Neill *et al.* 1988), índices visuales (Ode *et al.* 2008), estadísticas espaciales (Rossi *et al.* 1992) a través de las distintas unidades en las que se dividió un territorio, es necesario considerar que: (i) los índices seleccionados deben ser relevantes para el estudio del fenómeno bajo consideración; (ii) ningún índice en particular puede capturar la totalidad de la complejidad del arreglo espacial, y por lo tanto un conjunto de índices es frecuentemente utilizado (Riitters *et al.* 1995); (iii) los índices seleccionados deberían tener un comportamiento lineal en relación a la variable que intentan describir (Hargis *et al.* 1998).

#### 4. CONCLUSIONES

Las múltiples realidades y necesidades que motivan los procesos de OTR determinan que no sea posible ajustarse a un único protocolo de trabajo. Este capítulo buscó ilustrar la enorme y creciente variedad de información espacialmente explícita que está actualmente disponible para el territorio nacional y en muchos casos global. Esta riqueza de información puede resultar abrumadora si se inicia el proceso de OTR y/o de caracterización del sistema territorial asumiendo que existe una solución única y óptima para el mismo. Por el contrario, la exploración de planos de información alternativos y su integración creativa permitirán perfeccionar el proceso gradualmente, ajustándolo no solo a las demandas técnicas, sino a las que surgen de la evolución política del proceso de OTR. En este sentido, el OTR debe ser visto como un laboratorio de trabajo espacialmente explícito que se beneficia tanto por el uso de herramientas sofisticadas, como por el aprovechamiento de otras más simples y de acceso masivo que posibiliten la colaboración de muchos actores. Debe finalmente considerarse que los productos que aquí se presentan solo constituyen una muestra de la riqueza y de la continua evolución de la información territorial existente (Drummond y French 2008).

#### BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. L., J. A. Del Águila y A. E. Bernardón. 1970. Formaciones Vegetales de la Provincia de San Luis. *Revista de Investigaciones Agropecuarias - INTA* 8:153-183.
- Aragón, R., E. G. Jobbágy and E. F. Viglizzo. 2011. Surface and groundwater dynamics in the sedimentary plains of the Western Pampas (Argentina). *Ecohydrology* 4:433-447.

- ASTER GDEM Validation Team. 2009. ASTER Global DEM Validation Summary Report. METI & NASA.
- Bailey, R. G. and H. C. Hogg. 1986. A world ecoregions map for resource reporting. *Environmental Conservation* 13:195-202.
- Baldi, G., J. P. Guerschman and J. M. Paruelo. 2006. Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 116:197-208.
- Baldi, G. and J. M. Paruelo. 2008. Land use and land cover dynamics in South American temperate grasslands. *Ecology and Society* 13:6. [Online].
- Baldi, G., S. R. Verón and E. G. Jobbágy. 2013. The imprint of humans on landscape patterns and vegetation functioning in the dry subtropics. *Global Change Biology* 19:441-458.
- Ballesteros, S. 2014. Estimación del área inundada en el NO de Buenos Aires en el período 1980-2010 mediante percepción remota. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Barraza, V., F. Grings, M. Salvia, P. Perna, A. E. Carbajo and H. Karszenbaum. 2013. Monitoring and modelling land surface dynamics in Bermejo River Basin, Argentina: time series analysis of MODIS NDVI data. *International Journal of Remote Sensing* 34:5429-5451.
- Batjes, N. 2006. ISRIC-WISE derived soil properties on a 5 by 5 global grid (Version 1.1). Wageningen.
- Bestelmeyer, B. T., A. J. Tugel, G. L. Peacock Jr, D. G. Robinett, P. L. Shaver, J. R. Brown, J. E. Herrick, H. Sánchez and K. M. Havstad. 2009. State-and-transition models for heterogeneous landscapes: A strategy for development and application. *Rangeland Ecology and Management* 62:1-15.
- Bicheron, P., M. Huc, C. Henry and GLOBCOVER partners. 2008. GLOBCOVER: Description Products Manual.
- Blanco, P. D., R. R. Colditz, G. López Saldaña, L. A. Hardtke, R. M. Llamas, N. A. Mari, A. Fischer, C. Caride, P. G. Aceñolaza, H. F. del Valle, M. Lillo-Saavedra, F. Coronato, S. A. Opazo, F. Morelli, J. A. Anaya, W. F. Sione, P. Zamboni and V. B. Arroyo. 2013. A land cover map of Latin America and the Caribbean in the framework of the SERENA project. *Remote Sensing of Environment* 132:13-31.
- Bohn, V. Y., G. M. E. Perillo and M. C. Piccolo. 2011. Distribution and morphometry of shallow lakes in a temperate zone (Buenos Aires Province, Argentina). *Limnetica* 30:89-102.
- Boletta, P. E., A. C. Ravelo, A. M. Planchuelo and M. Grilli. 2006. Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 228:108-114.
- Britos, A. H. y A. H. Barchuk. 2008. Cambios en la cobertura y en el uso de la tierra en dos sitios del Chaco Árido del noroeste de Córdoba, Argentina. *Agriscientia* 25:97-110.
- Brown, A. D. y S. Pacheco. 2006. Propuesta de actualización del mapa ecorregional de la Argentina. Pages 28-31, en A. D. Brown, U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera, editors. *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Sociedad Argentina de Botánica* 14:1-42.
- Calabrese, J. M. and W. F. Fagan. 2004. A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2:529-536.
- Caride, C., G. Piñeiro and J. M. Paruelo. 2012. How does agricultural management modify ecosystem services in the Argentine Pampas? The effects on soil C dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154:23-33.
- Carnevali, R. 1994. Fitogeografía de la Provincia de Corrientes. INTA, Corrientes.
- Cingolani, A., D. Renison, J. C. Zak and M. Cabido. 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. *Remote Sensing of Environment* 92:84-97.

- Clark, M. L., T. M. Aide, H. R. Grau and G. Riner. 2010. A scalable approach to mapping annual land cover at 250 m using MODIS time series data: A case study in the Dry Chaco ecoregion of South America. *Remote Sensing of Environment* 114:2816-2832.
- Clark, M. L., T. M. Aide and G. Riner. 2012. Land change for all municipalities in Latin America and the Caribbean assessed from 250-m MODIS imagery (2001–2010). *Remote Sensing of Environment* 126:84-103.
- Congalton, R. 1991. A Review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37:35-46.
- Curran, P. J. 1985. *Principles of remote sensing*. Longman Scientific & Technical, London.
- Danielson, J. J. and D. B. Gesch. 2011. *Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010)*. USGS, Reston.
- Demaría, M. R., W. J. McShea, K. Koy and N. Maceira. 2003. Pampas deer conservation with respect to habitat loss and protected area considerations in San Luis, Argentina. *Biological Conservation* 115:121-130.
- Drummond, W. J. and S. P. French. 2008. The Future of GIS in Planning: Converging Technologies and Diverging Interests. *Journal of the American Planning Association* 74:161-174.
- Duvernoy, I. 2000. Use of a land cover model to identify farm types in the Misiones agrarian frontier (Argentina). *Agricultural Systems* 64:137-149.
- Eva, H. D., A. S. Belward, E. F. de Miranda, C. M. di Bella, V. Gond, O. Huber, S. Jones, M. Sgrenzaroli and S. Fritz. 2004. A land cover map of South America. *Global Change Biology* 10:731-744.
- FAO. 1993. *Guidelines for land-use planning*. FAO, Roma.
- FAO. 2007. *Gridded livestock of the world 2007*, Roma.
- FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC. 2012. *Harmonized World Soil Database (version 1.2)*. FAO and IIASA, Roma and Laxenburg.
- FAO/UNESCO. 1995. *Digital Soil Map of the World and Derived Soil Properties (version 3.5)*. Roma.
- Felicísimo, A. M. 1994. *Modelos Digitales del Terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*, Oviedo.
- Friedl, M. A., D. Sulla-Menashe, B. Tan, A. Schneider, N. Ramankutty, A. Sibley and X. Huang. 2010. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets. *Remote Sensing of Environment* 114:168-182.
- Fundación Vida Silvestre Argentina, The Nature Conservancy, Fundación Desde el Chaco, y Wildlife Conservation Society-Bolivia. 2005. *Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano / Gran Chaco Americano Ecorregional Assessment*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Garbulsky, M. F. and J. M. Paruelo. 2004. Remote sensing of protected areas to derive baseline vegetation functioning characteristics. *Journal of Vegetation Science* 15:711-720.
- Gasparri, N. I. and G. Baldi. 2013. Regional patterns and controls of biomass in semiarid woodlands: lessons from the Northern Argentina Dry Chaco. *Regional Environmental Change*: pp.1-14.
- Gasparri, N. I. and H. R. Grau. 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972-2007). *Forest Ecology and Management* 6:913-921.
- Geraldi, A. M., M. C. Piccolo y G. M. Perillo. 2011. Lagunas bonaerenses en el paisaje pampeano. *Ciencia Hoy* 21: 9-14.

- Grau, H. R., N. I. Gasparri and T. M. Aide. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation* 32:140-148.
- Guerschman, J. P. 2005. Análisis regional de impacto de los cambios del uso de la tierra sobre el funcionamiento de los ecosistemas en la región pampeana (Argentina). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Guerschman, J. P., J. M. Paruelo, C. Di Bella, M. C. Giallorenzi and F. Pacín. 2003. Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal LANDSAT TM data. *International Journal of Remote Sensing* 24:3381-3402.
- Guth, P. 2010. Geomorphometric comparison of ASTER GDEM and SRTM. *en ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto, ASPRS/CaGIS 2010, Orlando.*
- Guyra Paraguay. 2013. Monitoreo de los cambios de uso de la tierra, incendios e inundaciones Gran Chaco Americano. Guyra Paraguay, Asunción.
- Hajsek, I., G. Krieger, K. Papathanassiou, S. Baumgartner, M. Rodríguez-Cassola, P. Prats, M. Sanjuan Ferrer, F. Kugler and T.-X. Team. 2010. TanDEM-X: Mission Status & Scientific Contribution. *En IGASS 2010, Honolulu.*
- Hargis, C. D., J. A. Bissonette and J. L. David. 1998. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology* 13:167-186.
- Herrera, L. P., V. G. Hermida, G. A. Martínez, P. Laterra and N. Maceira. 2005. Remote Sensing Assessment of *Paspalum quadrifarium* Grasslands in the Flooding Pampa, Argentina. *Rangeland Ecology and Management* 58:406-412.
- Hüeck, K., P. Seibert. 1981. Vegetationskarte von Südamerika. Fischer Verlag, Stuttgart.
- IGN. Fecha de publicación desconocida. Cobertura del Suelo. Cartografía oficial el SIG-250. Buenos Aires.
- INTA-SAGyP. 1989. Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires.
- INTA-SAGyP. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires.
- INTA-UNLP. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de La Pampa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Universidad Nacional de La Pampa, Buenos Aires.
- INTA. 1998. Carta de suelos y vegetación de la Provincia de San Luis. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, San Luis.
- INTA. 2009. Informe Técnico Unificado PNECO 1643. Cobertura del suelo de la República Argentina. Año 2006-2007 (LCCS-FAO). INTA, Buenos Aires.
- Ivkovic, K. M., R. A. Kingham, C. R. Lawrence y C. Wetten. 1999. Inventario de datos de recursos naturales y bibliografía. Los Recursos Hidrológicos Subterráneos de La Provincia de San Luis. Un Proyecto de Cooperación Técnica Argentino-Australiano. San Luis.
- Izquierdo, A. E., C. D. De Angelo and T. M. Aide. 2008. Thirty Years of Human Demography and Land-Use Change in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina: an Evaluation of the Forest Transition Model. *Ecology and Society* 18:3.
- Jensen, J. R. 1996. Introductory digital image processing. A remote sensing perspective. Prentice Hall series in geographic information science. Prentice Hall, Englewood Cliffs.



- Jones, H. G. and R. A. Vaughan. 2010. *Remote Sensing of Vegetation: Principles, Techniques, and Applications*. Oxford University Press, Oxford.
- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schulz, K. Snow and J. Teague. 2003. *Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems*. NatureServe, Arlington.
- Kandus, P., H. Karszenbaum and L. Frulla. 1999. Land Cover Classification System for the Lower Delta of the Parana River (Argentina): Its Relationship with Landsat Thematic Mapper Spectral Classes. *Journal of Coastal Research* 15:909-926.
- Kostrowicki, J. 1992. A hierarchy of world types of agriculture. Pages 163-203, en N. Mohammad, editor. *New Dimensions in Agricultural Geography: Historical dimensions of agriculture*. Concept Publishing Company, Delhi.
- Kruska, R. L., R. S. Reid, P. K. Thornton, N. Henninger and P. M. Kristjanson. 2003. Mapping livestock-oriented agricultural production systems for the developing world. *Agricultural Systems* 77:39-63.
- Lam, N. S. 1983. Spatial interpolation methods: A review. *The American Cartographer* 10:129-149.
- LART-MAAyP. 2004. Estimación de áreas y distribución de las diferentes clases de cobertura de suelo durante el período invierno-primaveral para la Provincia de Buenos Aires. Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección - Ministerio de Asuntos Agrarios y Producción, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires.
- León, R. J. C., D. Bran, M. M. Collantes, J. M. Paruelo y A. Soriano. 1998. Grandes unidades de la vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8:125-144.
- Lesschen, J. P., L. H. Cammeraat, A. M. Kooijman and B. van Wesemael. 2008. Development of spatial heterogeneity in vegetation and soil properties after land abandonment in a semi-arid ecosystem. *Journal of Arid Environments* 72:2082-2092.
- Lewis, J. y E. Pire. 1971. *Reseña sobre la vegetación del Chaco Santafesino*. INTA, Buenos Aires.
- Lizarraga, L., H. Elena, Y. Noé, J. Mosciaro, L. Vale, H. Paoli y J. N. Volante. 2012. Cobertura de suelo en el Noroeste Argentino (NOA) mediante Land Cover Classification System (LCCS- FAO). Año 2007. En Congreso Argentino de Teledetección Córdoba.
- Lloyd, D. 1990. A phenological classification of terrestrial vegetation cover using shortwave vegetation index imagery. *International Journal of Remote Sensing* 11:2269-2279.
- Mariot, V. 2008. Determinación multitemporal del uso de las tierras en la Prov. de Santiago del Estero hasta el año 2008. INTA, Santiago del Estero.
- McGarigal, K. and B. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial analysis program for quantifying landscape structure. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland.
- Morello, J. 1958. La Provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2:5-115.
- Morello, J. y J. Adámoli. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino. Segunda Parte: vegetación y ambiente de la Provincia del Chaco. INTA, Buenos Aires.
- Moser, B., J. Jaeger, U. Tappeiner, E. Tasser and B. Eiselt. 2007. Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology* 22:447-459.
- Navarro-Pedreño, J., J. Mataix Solera, C. Guerrero Maestre y I. Gómez Lucas. 2000. SIG y Medio Ambiente principios básicos. Universidad de Cádiz, Cádiz.

- Nelson, A. 2008. Estimated travel time to the nearest city of 50,000 or more people in year 2000. Global Environment Monitoring Unit - Joint Research Centre of the European Commission, Ispra.
- O'Neill, R. V., J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, B. L. Jackson, D. L. De Angelis, B. T. Milne, M. G. Turner, B. Zygmunt, S. W. Chirstensen, V. H. Dale and R. L. Graham. 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1:153-162.
- Ode, Å., M. Tveit and G. Fry. 2008. Capturing landscape visual character using indicators: Touching base with landscape aesthetic theory. *Landscape Research* 33:89-117.
- Olaya, V. 2012. Sistema de Información Geográfica. Creative Common.
- Oldeman, L. R., R. T. A. Hakkeling and W. G. Sombroek. 1991. World map of the status of human induced soil degradation. ISRIC/UNEP, Wageningen.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao and K. R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience* 51:369-381.
- Paruelo, J. M. 2008. La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas* 17:4-22.
- Paruelo, J. M., C. M. Di Bella y M. Milkovic, editors. 2013. Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. Sus aplicaciones en Agronomía y Ciencias Ambientales, Buenos Aires.
- Paruelo, J. M., J. P. Guerschman, G. Baldi y C. M. Di Bella. 2004. La estimación de la superficie agrícola. Antecedentes y una propuesta metodológica. *Interciencia* 29:421-427.
- Perry, J. N., A. M. Liebhold, M. S. Rosenberg, J. Dungan, M. Miriti, A. Jakomulska and S. Citron-Pousty. 2002. Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography* 25:578-600.
- Pyke, D. A., J. E. Herrick, P. Shaver and M. Pellant. 2002. Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. *Journal of Range Management* 55:584-597.
- Riitters, K. H., R. V. O'Neill, C. T. Hunsaker, J. D. Wickham, D. H. Yankee, S. P. Timmins, K. B. Jones and B. L. Jackson. 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology* 10:23-39.
- Rodríguez, E., C. S. Morris, J. E. Belz, E. C. Chapin, J. M. Martin, W. Daffer and S. Hensley. 2005. An assessment of the SRTM topographic products. Jet Propulsion Laboratory, Pasadena.
- Roig, F. 1972. Bosquejo fisionómico de la vegetación de la Provincia de Mendoza. Suplemento Boletín Sociedad Argentina de Botánica XIII.
- Roig, F. A., S. Roig-Juñent and V. Corbalán. 2009. Biogeography of the Monte Desert. *Journal of Arid Environments* 73:164-172.
- Rossi, R. E., D. J. Mulla, A. G. Journel and E. H. Franz. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs* 62:277-314.
- SAGPyA. 2001. Inventario Nacional de Plantaciones Forestales, Buenos Aires.
- Saura, S. 2002. Effects of minimum mapping unit on land cover data spatial configuration and composition. *International Journal of Remote Sensing* 23:4853-4880.
- Siebert, S., P. Döll, S. Feick, J. Hoogeveen and K. Frenken. 2007. Global Map of Irrigation Areas version 4.0.1. Johann Wolfgang Goethe University / FAO, Frankfurt am Main / Roma.

- Sims, D. A., A. F. Rahman, V. D. Córdova, B. Z. El-Masri, D. D. Baldocchi, L. B. Flanagan, A. H. Goldstein, D. Y. Hollinger, L. Misson, R. K. Monson, W. C. Oechel, H. P. Schmid, S. C. Wofsy and L. Xu. 2006. On the use of MODIS EVI to assess gross primary productivity of North American ecosystems. *Journal of Geophysical Research G: Biogeosciences* 111: doi:10.1029/2006JG000162.
- Soriano, A. 1991. Río de la Plata Grasslands. Pp. 367-407 en R. Coupland, editor. *Natural Grasslands: Introduction and Western Hemisphere*. Elsevier, Amsterdam.
- Szumik, C., L. Aagesen, D. Casagrande, V. Arzamendia, D. Baldo, L. E. Claps, F. Cuezco, J. M. Díaz Gómez, A. Di Giacomo, A. Giraud, P. Goloboff, C. Gramajo, C. Kopuchian, S. Kretzschmar, M. Lizarralde, A. Molina, M. Mollerach, F. Navarro, S. Nomdedeu, A. Panizza, V. V. Pereyra, M. Sandoval, G. Scrocchi and F. O. Zuloaga. 2012. Detecting areas of endemism with a taxonomically diverse data set: Plants, mammals, reptiles, amphibians, birds, and insects from Argentina. *Cladistics* 28:317-329.
- Tittonell, P., A. Muriuki, K. D. Shepherd, D. Mugendi, K. C. Kaizzi, J. Okeyo, L. Verchot, R. Coe and B. Vanlauwe. 2010. The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa - A typology of smallholder farms. *Agricultural Systems* 103:83-97.
- Tufte, E. R. 1997. *Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Graphics Press, Cheshire.
- UMSEF. 2008. Monitoreo de la superficie de bosque nativo de Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.
- Volante, J. N., D. Alcaraz-Segura, M. J. Mosciaro, E. F. Viglizzo and J. M. Paruelo. 2011. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154:12-22.
- Xiao, X., Q. Zhang, B. Braswell, S. Urbanski, S. Boles, S. Wofsy, B. Moore III and D. Ojima. 2004. Modeling gross primary production of temperate deciduous broadleaf forest using satellite images and climate data. *Remote Sensing of Environment* 91:256-270.
- Xiao, X., Q. Zhang, D. Hollinger, J. Aber and B. Moore. 2005. Modelling gross primary production of an evergreen needleleaf forest using MODIS and climate data. *Ecological Applications* 15:954-969.
- Zak, M. R. and M. Cabido. 2002. Spatial patterns of the Chaco vegetation of central Argentina: Integration of remote sensing and phytosociology. *Applied Vegetation Science* 5:213-226.
- Zak, M. R., M. Cabido, D. Cáceres and S. Díaz. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. *Environmental Management* 42:181-189.
- Zhang, Q., X. Xiao, B. Braswell, E. Linder, S. Ollinger, M. L. Smith, J. P. Jenkins, F. Baret, A. D. Richardson, B. Moore III and R. Minocha. 2006. Characterization of seasonal variation of forest canopy in a temperate deciduous broadleaf forest, using daily MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 105:189-203.