

## ***Análisis de los cambios en el uso de la tierra en el país entre 2000 y 2017 a partir de una serie temporal de relevamientos remotos.***

Andrés Castagna<sup>1</sup>  
Felipe García<sup>2</sup>

---

*El presente artículo tiene como objetivo presentar parte de los resultados de un relevamiento de los cambios de usos de la tierra en el Uruguay para el periodo 2000 - 2017, realizado a partir de análisis de imágenes satelitales, una grilla de muestreo y la interpretación visual o a partir de índices normalizados, con el apoyo del software Collect Earth. Esta metodología produjo resultados que, en general, son consistentes con antecedentes existentes basados en relevamientos remotos. El estudio permitió construir una serie temporal de usos de la tierra, año a año, consistente y espacialmente explícita, que permite observar tendencias en las superficies de cada uso, pero por sobre todo generar análisis sobre los tipos de cambios de uso, determinando el uso de origen y el de destino. Este tipo de información es especialmente relevante si se quiere inferir sobre los procesos que suceden en el ecosistema durante los cambios (por ejemplo cambios en los stocks de carbono, biodiversidad y en funciones de los ecosistemas en general).*

### **1. Construcción de la serie temporal 2000 - 2017**

En el mes de febrero de 2017 se llevó adelante un relevamiento del uso actual de la tierra y sus cambios a nivel nacional en base a interpretación de imágenes satelitales mediante el uso de la herramienta *Collect Earth*. Este trabajo se enmarca en las iniciativas de apoyo a las instituciones públicas del país por parte de FAO para implementar o mejorar el Inventario Forestal, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, la Contabilidad del Capital Natural y el proceso de preparación para participar del mecanismo REDD+. Este tipo de relevamientos aporta los datos de actividad necesarios para estimar los flujos y stocks de carbono en el ecosistema durante la permanencia o el cambio de los usos del suelo, así como otros procesos.

Específicamente se utilizó la herramienta *Collect Earth* que permite la recolección de datos a través del análisis de imágenes satelitales de alta y muy alta resolución utilizando las aplicaciones online: *Google Earth*, *Bing Maps* y *Google Earth Engine*. Con ellas se logra la determinación de los usos de la tierra en una serie temporal, a partir de la interpretación visual de las imágenes y de índices de vegetación.

El relevamiento implicó un muestreo sistemático de la historia de uso de la tierra, que partió de una grilla de puntos de 3 x 3 km y cubrió todo el territorio nacional (17.606.700 ha). Este muestreo resultó en 19.570 parcelas de monitoreo a nivel nacional (de los cuales se obtuvo información de 19.563). La definición de las categorías de uso de la tierra se realizó según las directrices IPCC del año 2006 (IPCC, 2006). Las mismas se dividen en las siguientes 6 Categorías:

*Tierras forestales (F)*: incluye todas las tierras con vegetación leñosa que sean consistentes con la definición de tierra forestal utilizada para el inventario nacional de gases de efecto invernadero (ej. área, cobertura de copa, altura), que en el caso de Uruguay se optó por la definición de FAO (2012) ya que no se cuenta con una definición suficientemente detallada a los efectos de este muestreo en la Ley Forestal, Ley N° 15.939. Según dicha definición, se incluyen también aquellas tierras con cubierta vegetal que actualmente caen por debajo de los límites definidos de altura (que para este estudio fue modificado a 3 m de altura) y cobertura de copa, pero que potencialmente en el futuro pueden alcanzarlos mediante crecimiento.

*Tierras de cultivo (C)*: incluye todas las tierras de cultivo (cultivos para grano, cultivos forrajeros anuales, caña de azúcar, cultivos hortícolas y cultivos frutícolas). Abarca aquellos sistemas agro-forestales cuya estructura vegetal no alcanza los límites utilizados para definir esa tierra como forestal.

---

<sup>1</sup> Ing. Agr., Consultor por proyecto CBIT-MVOTMA, [castagna.andres@gmail.com](mailto:castagna.andres@gmail.com)

<sup>2</sup> Lic. Biol., M. Sc., Consultor proyecto FAO, técnico de OPYPA, [fgarcia@mgap.gub.uy](mailto:fgarcia@mgap.gub.uy)

*Pastizales (P)*: incluye todo la vegetación de pastizal que no caiga dentro de la definición de tierras de cultivo (campo natural, campo natural mejorado, praderas artificiales plurianuales y pasturas exóticas y/o con historia de siembra). También abarca sistemas con vegetación leñosa y otro tipo de vegetación como arbustos que no cumplen con los valores límite para clasificarla como tierra forestal.

*Humedales (H)*: incluye áreas de tierras cubiertas o saturadas por agua temporal o permanentemente y que no entran en las definiciones de Tierra Forestal, de Cultivo, Pastizal o Asentamientos.

*Asentamientos (A)*: incluye toda la tierra con desarrollo de infraestructura, abarcando infraestructura de transporte, industria, habitación, asentamientos humanos de cualquier tamaño, siempre que no haya sido incluido en alguna de las categorías anteriores.

*Otras tierras (O)*: incluye suelo desnudo, rocas, hielo y todas las tierras que no entran en ninguna de las categorías anteriores.

Los criterios para elección del uso de la tierra actual según las Categorías IPCC, de cada parcela de muestreo fueron los siguientes: si el uso Asentamientos tiene 30% o más de cobertura en la parcela se clasificó como tal; si no se cumple esta premisa, el uso que tenga mayor porcentaje fue el elegido. Por ejemplo, si la parcela presentaba un 60% de Tierras de Cultivo y 40% de Tierras Forestales, entonces el uso actual elegido fue Tierras de Cultivo. Por otro lado, si la parcela presentaba un 40 % de Pastizales, Tierras de Cultivo 28% y Humedal 32%, entonces el uso actual elegido era Pastizal. Dentro de cada Categoría se definieron Subdivisiones de uso actual de acuerdo con las condiciones nacionales (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Categorías y Subdivisiones de uso de la tierra definidos para el relevamiento.**

CATEGORÍAS IPCC	SUBDIVISIONES
Asentamientos (A)	Área Urbana; Infraestructura; Minería.
Tierras de Cultivo (C)	Perennes (Huertos, Frutales, Viñedos); Anuales <sup>3</sup> ; Arroz; Rotación Arroz-Pastizal <sup>4</sup> ; Rotación Cultivo de Secano-Pastizal <sup>5</sup> .
Tierras Forestales (F)	Bosque Nativo <sup>6</sup> ; Forestación <sup>7</sup> .
Pastizales (P)	Campo Natural; Praderas artificiales plurianuales y pasturas exóticas y/o con historia de siembra (pasturas no naturales).
Humedales (H)	Río; Arroyo; Lago; Laguna Costera; Humedal Costero; Bañado; Represa.
Otras Tierras (O)	Tierra Desnuda; Dunas; Rocas

Dentro de cada Categoría de uso actual se utilizaron las Subcategorías definidas por las guías IPCC para caracterizar el origen y el destino de los cambios de uso del suelo (Figura 1). Para la definición de la Subcategoría se definió el año 2000 como la base del monitoreo. El nombre de cada Subcategoría se compone del uso de la tierra anterior y posterior al cambio y caracteriza la transición entre los dos usos que sufre el ecosistema.

Para cada parcela se relevó la historia de usos de la tierra durante el periodo 2000-2017 registrando Categoría, Subcategoría y Subdivisión previa y posterior a cada cambio y el año del cambio, de un máximo de dos cambios en todo

<sup>3</sup> Incluye cultivos anuales de secano para grano o forraje y sus rotaciones.

<sup>4</sup> Corresponde a cultivos de arroz en rotación con pasturas plurianuales.

<sup>5</sup> Corresponde a cultivos de secano (para grano o forraje) en rotación con pasturas plurianuales.

<sup>6</sup> Incluye Bosque Nativo Fluvial, Bosque Nativo Palmer, Bosque Nativo Parque, Bosque Nativo Quebrada, Bosque Nativo Serrano y Bosque Psamófilo.

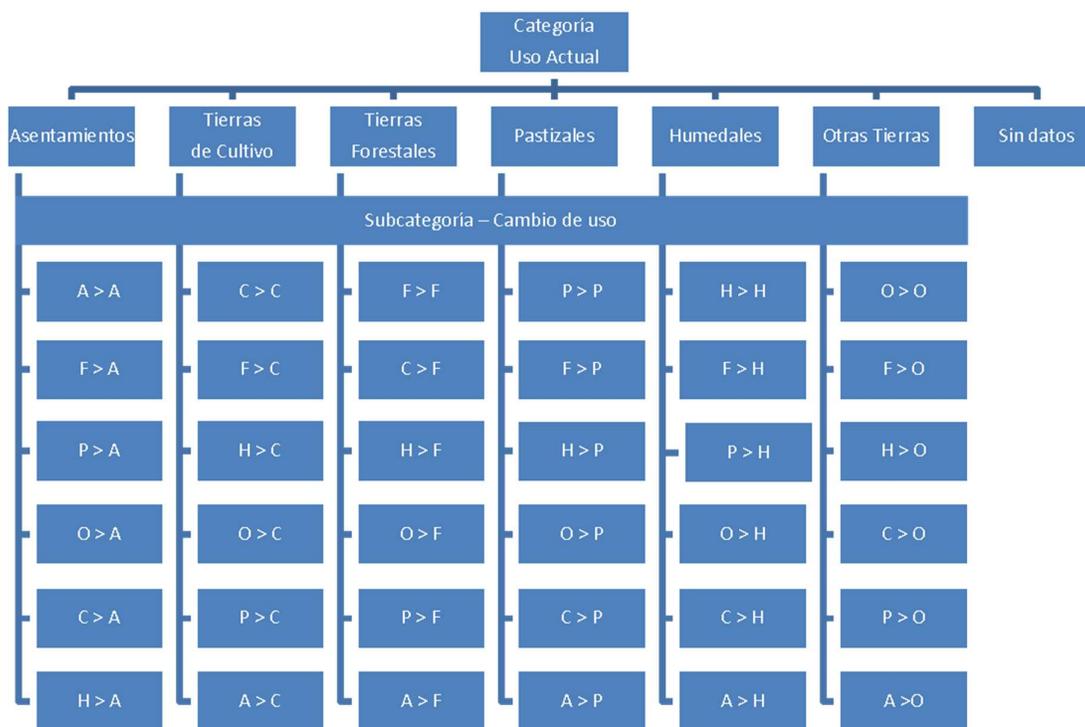
<sup>7</sup> Incluye Monte Costero; *Eucalyptus globulus*, *maidenii*, *bicostata*; *Eucalyptus grandis*, *saligna*, *dunni*; *Eucalyptus* sp; Mezcla de Especies (Nativo y Exóticas); Otros *Eucalyptus*; *Pinus elliotti*; *Pinus pinaster*; *Pinus* sp; *Pinus taeda*; *Salix/Populus*

el período. Esto resultó en una serie de variables que caracterizan distintos aspectos de los cambios de uso de suelo del país.

## 2. Evolución del uso de la tierra en el periodo 2000 - 2017

A partir de los cambios detectados con el relevamiento descrito, se calcularon los usos de la tierra para cada año de la serie temporal. En todos los casos, se hace referencia al uso de la tierra presente al inicio del año.

Figura 1. Subcategorías que representan todas las combinaciones de cambio de uso y cambio de uso de la tierra.



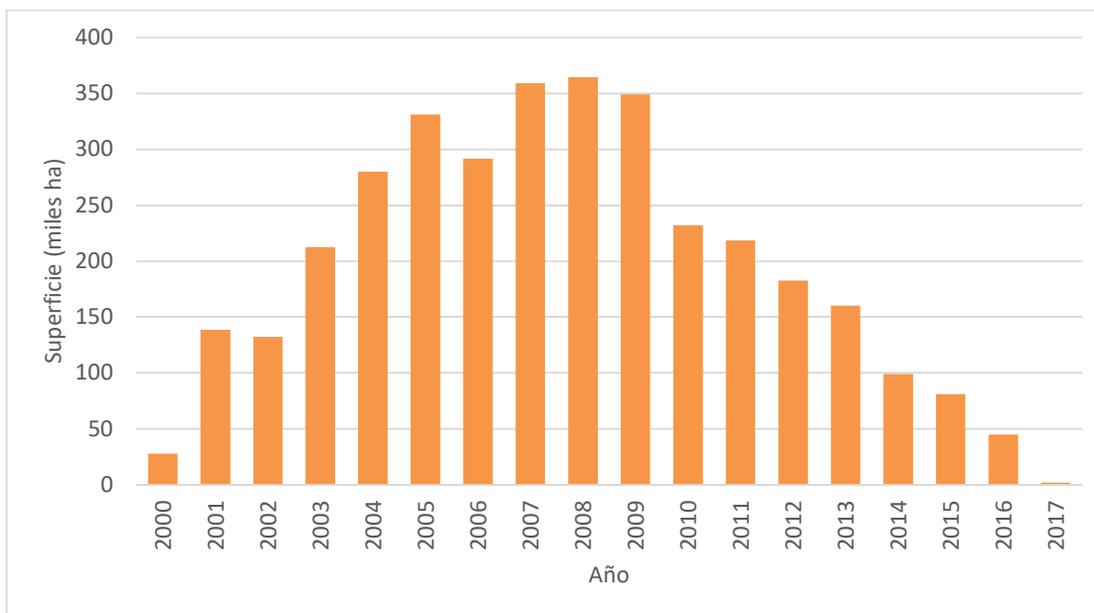
El análisis de los datos obtenidos mostró que el 20% ( $\approx 3.510.000$  ha) del área del país tuvo algún cambio de uso en el período de referencia, mientras que el restante 80% se mantuvo con el mismo uso del suelo durante todo el período evaluado. En el gráfico 1 se observa un aumento de la superficie de cambio anual hacia el año 2008, que luego disminuye hacia 2017. Entre los años 2007 y 2009, se registraron las mayores tasas de cambio de uso del suelo, que se estimaron en valores cercanos a las 350.000 ha anuales.

### 2.1. Categorías de uso del suelo.

Respecto al área ocupada por cada categoría de uso del suelo y teniendo en cuenta todo el período, la mayor variación ocurrió en las Tierras de Cultivo y Tierras Forestales con un aumento del 65% y 31%, respectivamente. Le siguen los Pastizales con un (-)15%, que representa la única categoría que tuvo una reducción neta al final del período. Por último, la categoría Asentamientos aumentó un 12%, seguido por Otras Tierras y Humedales, con un aumento del 4% y 3% respectivamente.

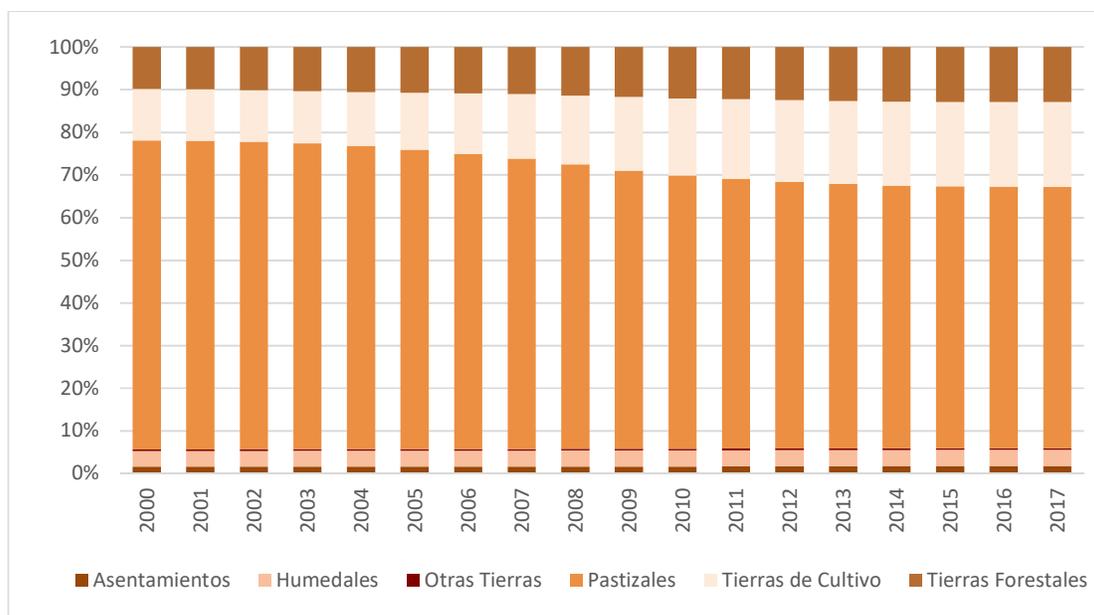
La variación de la superficie ocupada por cada Categoría de uso puede observarse en la gráfica 2. En términos absolutos, los Pastizales representan la categoría con mayor variación absoluta, la cual implicó una reducción neta estimada de 1.960.000 ha en la superficie ocupada; le siguen las Tierras de Cultivo y Tierras forestales con un aumento neto estimado de 1.379.000 ha y 530.000 ha respectivamente.

**Gráfica 1. Superficie con cambio de uso del suelo según año del cambio.**



La variación en estas categorías está explicada por los cambios de las distintas Subdivisiones que las componen, que se explican en la sección 2.3.

**Gráfica 2. Porcentaje de la superficie total del país ocupada por cada categoría de uso del suelo según año.**



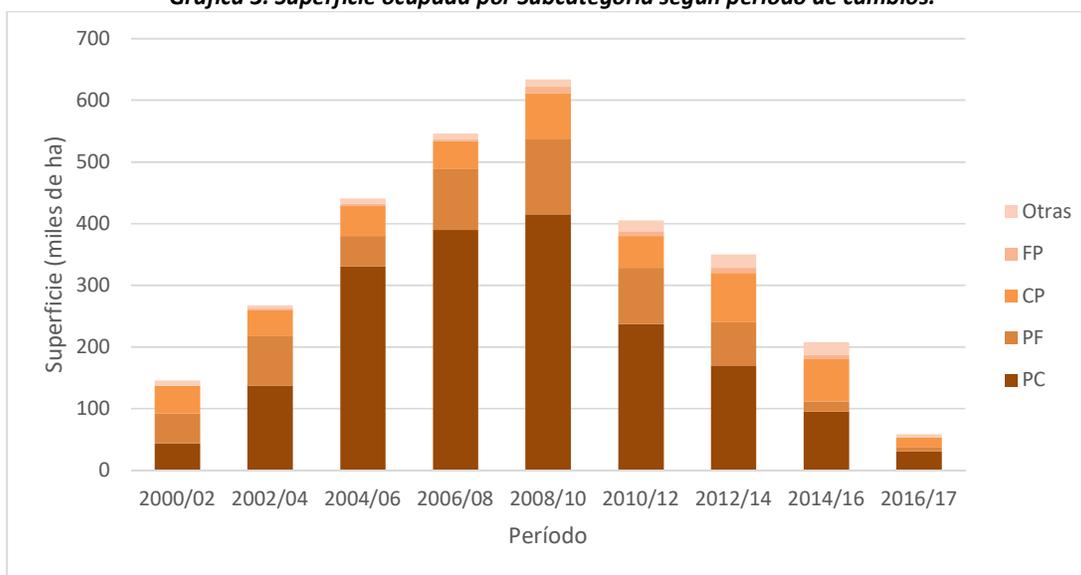
**2.2. Subcategorías**

Dentro de las Subcategorías que indican cambios de Categoría, hubo cuatro clases (que agrupan más del 95% de los cambios que ocurrieron en el período: el 60,5% correspondió a cambios de Pastizal a Tierras de Cultivo (PC), el 19,2% a cambios de Pastizal a Tierras Forestales (PF), el 15,3% correspondió a cambios de Tierras de Cultivo a Pastizal (CP) y con

el 1,5% al pasaje de Tierras Forestales a Pastizal. (FP). El 3,5% restante agrupa las Subcategorías con participaciones menores al 1% en el total de los cambios.

En la gráfica 3 se observa la participación de cada clase de conversión de usos de la tierra, según el período de cambios considerado. Los cambios que ocurrieron en el período 2000/02 estuvieron asociados, en similar proporción, a las Subcategorías PF, PC y CP. En los siguientes períodos los cambios estuvieron mayormente explicados por la conversión de Pastizales en Tierras de Cultivos. La Subcategoría PF fue la segunda en importancia hasta el período 2010/12, a partir del cual la conversión de Tierras de Cultivos a Pastizal superó a los cambios de Pastizal a Tierras Forestales.

**Gráfica 3. Superficie ocupada por Subcategoría según período de cambios.**



En la gráfica 4 se muestra un diagrama con las transiciones entre categorías; el primer nodo representa el año inicial del relevamiento (2000), en segundo nodo corresponde al año 2005, el tercero al año 2010 y por último 2017. El ancho, tanto de las barras negras como de las bandas que las unen, hace referencia a la proporción de la superficie que se convierte. Se puede observar la clara reducción de los Pastizales como consecuencia de su conversión a Tierras de Cultivo y Tierras Forestales.

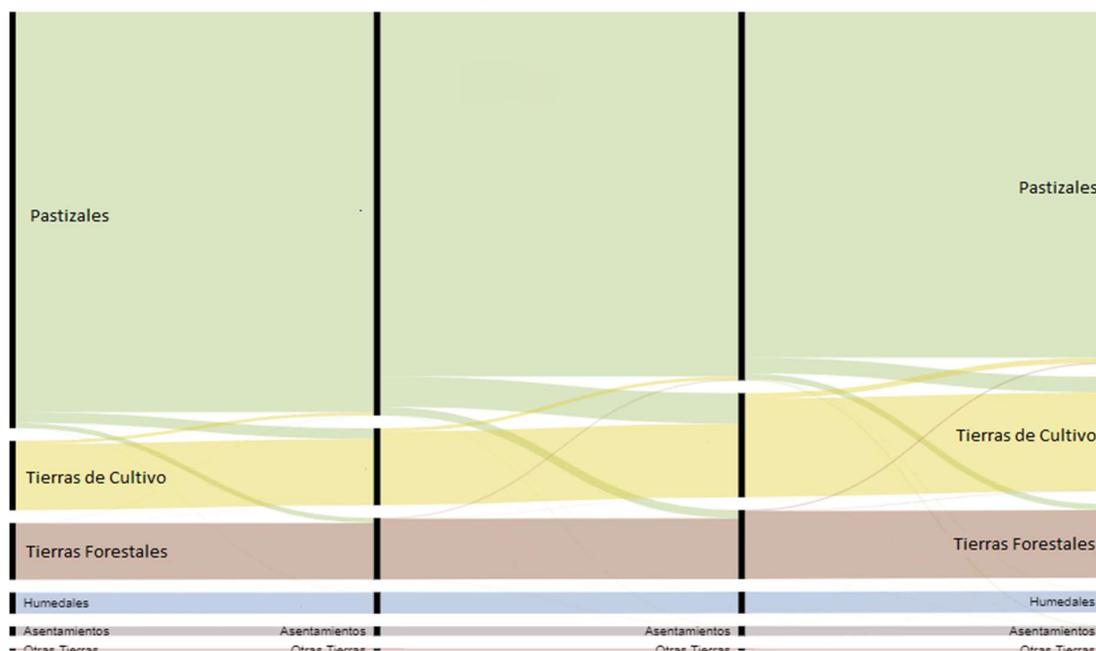
### 2.3. Subdivisiones

El Campo Natural es la subdivisión que ocupó la mayor extensión al año 2017, aunque también fue la que sufrió la mayor disminución absoluta durante el período considerado. En el año 2000 representaba el 61% de la superficie total del país, mientras que en 2017 ese valor se redujo a 49%, lo que representa una disminución estimada en más de 2 millones de hectáreas. Este uso fue el que explicó la gran reducción que tuvo la categoría Pastizales, la cual también se compone de las Praderas artificiales plurianuales y pasturas exóticas y/o con historia de siembra.

Por otra parte, la subdivisión Anuales (cultivos anuales de secano para grano o forraje) fue la que tuvo una mayor variación relativa de la superficie ocupada, que, al 2017, se estimó que casi triplicó el área ocupada en el año 2000; y que explicó el aumento mostrado en la categoría Tierras de Cultivo. La Forestación fue la segunda Subdivisión con mayor expansión respecto al área inicial, que casi se duplicó. Esto representó un aumento estimado cercano a las 550.000 ha.

Por otra parte, la subdivisión Anuales (cultivos anuales de secano para grano o forraje) fue la que tuvo una mayor variación relativa de la superficie ocupada, que, al 2017, se estimó que casi triplicó el área ocupada en el año 2000; y que explicó el aumento mostrado en la categoría Tierras de Cultivo. La Forestación fue la segunda Subdivisión con mayor expansión respecto al área inicial, que casi se duplicó. Esto representó un aumento estimado cercano a las 550.000 ha.

**Gráfica 4. Diagrama de cambios de categoría entre los años 2000 (primer nodo), 2005 (segundo nodo), 2010 (tercer nodo) y 2017 (cuarto nodo).**



Las ganancias y pérdidas anuales para las principales Subdivisiones se muestran en la gráfica 5. El campo natural tuvo una tasa de disminución promedio estimada de 120.000 ha/año durante el período, con un máximo de 205.000 ha alcanzado en el año 2008. La Subdivisión Anuales siempre tuvo variaciones estimadas positivas con un máximo en el año 2007 que alcanzó las 125.000 ha para ese año, y un promedio para todo el período de 44 mil ha/año. Por otro lado, la forestación tuvo dos pulsos de crecimiento, el primero con un máximo en el año 2003 y el segundo, de mayor valor, con máximo en 2009. Este crecimiento contribuyó a la expansión de las Tierras Forestales, que estuvo levemente contrarrestado por una disminución neta estimada del 3% del área de Bosque Nativo.

**Cuadro 2. Superficie ocupada por cada subdivisión en año 2000 y 2017.**

SUBDIVISIÓN	2000		2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Campo Natural	10.705.500	61%	8.640.000	49%
Pasturas No Naturales*	2.000.700	11%	2.126.700	12%
Rotación Cultivo de Secano-Pastizal	1.083.600	6%	1.663.200	9%
Bosque Nativo	1.027.800	6%	993.600	6%
Forestación	689.400	4%	1.238.400	7%
Rotación Arroz-Pastizal	481.500	3%	560.700	3%
Anuales	438.300	2%	1.143.000	6%
Bañado	311.400	2%	307.800	2%
Otros	868.500	5%	933.300	5%
<b>TOTAL</b>	<b>17.606.700</b>	<b>100%</b>	<b>17.606.700</b>	<b>100%</b>

\*Praderas artificiales plurianuales y pasturas exóticas y/o con historia de siembra.

### 3. Discusión

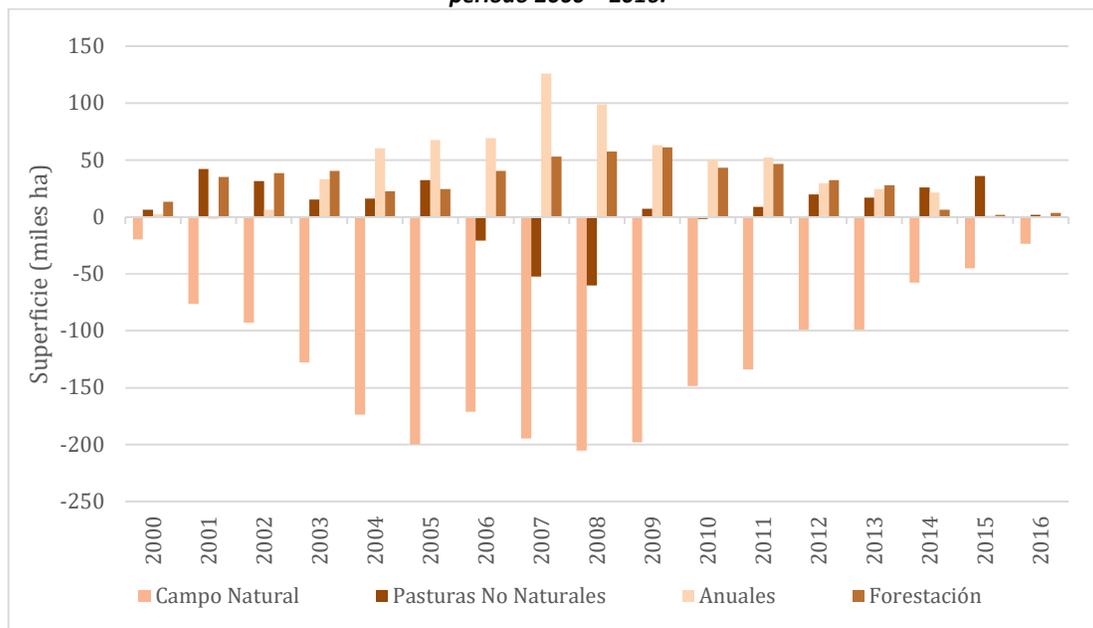
El principal aporte del presente relevamiento es que permitió obtener una serie temporal del uso de la tierra en base anual, consistente, espacialmente explícita y realizada con la misma metodología para todo el período. Esto permite

generar análisis sobre los tipos de cambio que se produjeron, el origen y destino de los cambios y las tendencias observadas en las superficies de cada uso, que de otra manera no serían posibles.

Este relevamiento, al realizarse mediante un muestreo espacial, posee una incertidumbre asociada a la extrapolación de las observaciones al resto del territorio nacional y al utilizar la interpretación de imágenes y series temporales posee también incertidumbre asociada a la interpretación. Estas incertidumbres afectan a todas las categorías de uso de suelo y se debe considerar al discutir los resultados.

En las generalidades, esta metodología produjo resultados que son consistentes con los antecedentes de relevamientos remotos, si se consideran las diferencias metodológicas y las diferencias en la definición de las Categorías de uso o cobertura. Las mayores diferencias se encontraron siempre en las Categorías minoritarias como Humedales, Asentamientos y Otras Tierras ya que al ser este relevamiento un muestreo, sufre más efectos de muestreo y aumenta su incertidumbre porcentual en los usos con menor representación (ver por. ej., Figura 2). Las mayores diferencias observadas en los usos mayoritarios (Tierras de Cultivo, Tierras Forestales y Pastizales) oscilan entre 0 y 36%, a excepción de un valor de 68% de diferencia que se puede considerar como un dato extremo (ver Anexo 1; Petraglia y Dell'Acqua, 2006; Cal *et al.*, 2011; MGAP-DGF, 2012; Baeza *et al.*, 2014; Álvarez *et al.*, 2015; MVOTMA, 2015; MGAP-DGF, 2018). Estas diferencias observadas son compatibles en varias ocasiones con las diferencias en la definición de los usos o coberturas de cada relevamiento.

**Gráfica 5. Variación anual de la superficie de Campo Natural, Pasturas No Naturales, Anuales y Forestación, para el período 2000 – 2016.**



Los resultados presentan diferencias de mayor dimensión cuando se los compara con aquellos antecedentes con metodologías basadas en declaraciones (e.g. DIEA, 2013). Esto podría deberse a que en esta metodología las definiciones de los diferentes usos de la tierra quedan a criterio de cada declarante.

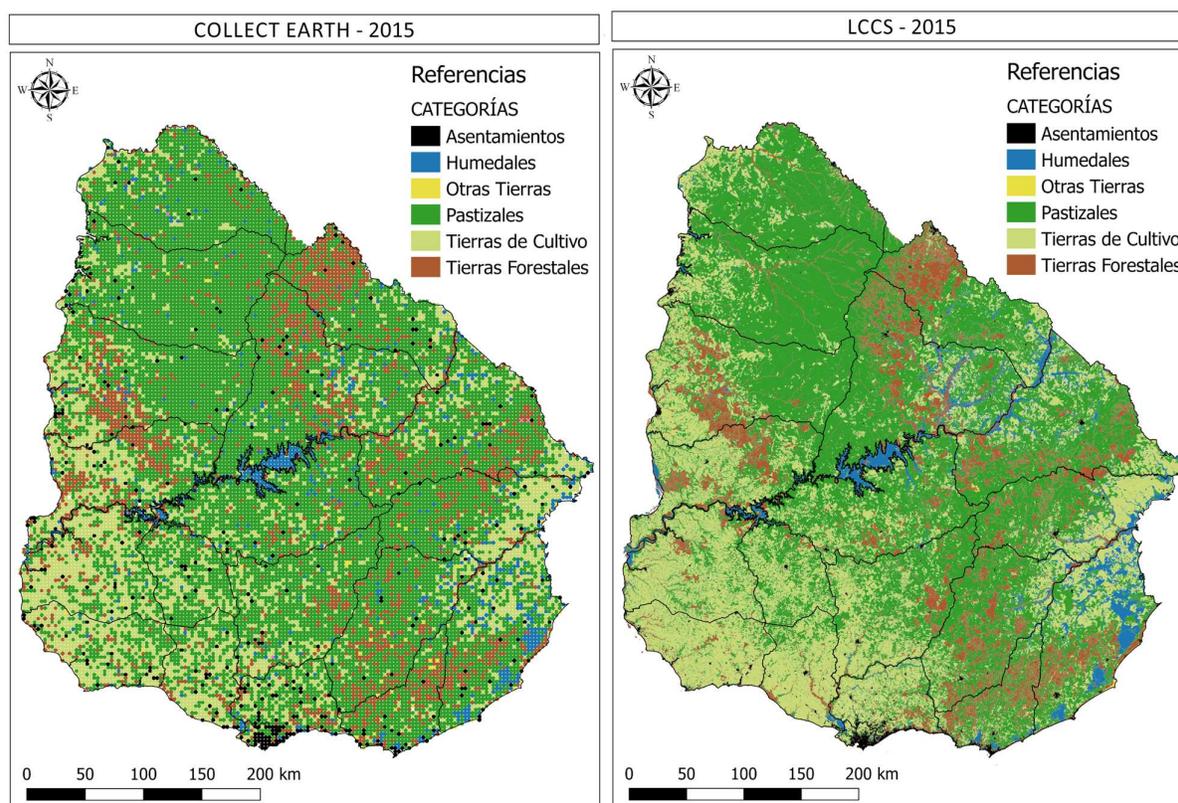
El relevamiento mediante *Collect Earth* mostró que Las Tierras de Cultivos y las Tierras Forestales son las Categorías que más crecimiento tuvieron asociado al incremento de los cultivos anuales de secano para grano o forraje y la forestación, respectivamente; con un aumento de superficie que se estimó en 1,25 millones de hectáreas, aproximadamente.

Las causas de la expansión de estos rubros han sido evidenciadas en distintos artículos publicados. Por un lado, el crecimiento de la superficie agrícola a nivel mundial tuvo una gran expansión entre los años 2000 y 2009 (Errea *et al.*, 2011); tendencia que también se observó en Uruguay, a partir del crecimiento de cultivos anuales. Este incremento estuvo explicado por el avance de cultivos (principalmente soja) y la siembra directa (Modernel *et al.* 2016); favorecido

por un contexto del mercado mundial con buenos precios y que se vio reflejado en un aumento de las exportaciones del sector agrícola durante ese período (Errea *et al.* 2011).

Por otro lado, la forestación en Uruguay tuvo un crecimiento favorecido tanto por los incentivos de las políticas públicas (ley 15939; ley 16906), que promovieron la inversión en el sector, así como en las altas tasas de crecimiento de los árboles (Mendell *et al.* 2007). El informe del sector forestal (Uruguay XXI, 2019) muestra que la forestación en el país tuvo una tasa creciente de plantaciones hacia el año 1998, que disminuyó hacia el 2003, para luego aumentar hacia el 2007. El primer pulso creciente que detectó el relevamiento con *Collect Earth* podría estar representando parte del primer crecimiento del sector que muestra el informe de Uruguay XXI. El segundo pulso de crecimiento, presentado en la gráfica 5, que ocurrió en 2009 (para *Collect Earth*), estaría representando el segundo pico que muestra el mencionado informe del sector forestal para el año 2007-2008. El desfase de año puede ser causa tanto del desvío entre la presentación de los proyectos forestales y su ejecución a campo o el tiempo necesario para que una plantación sea detectada a nivel de imágenes satelitales. Por otra parte, la tasa de crecimiento anual promedio entre 1990 y 2010, que reporta Uruguay XXI (2019) fue de 39.833 ha/año, mientras que con *Collect Earth* entre 2000 y 2010 la tasa promedio fue de 39.109 ha/año.

**Figura 2. Mapas de distribución de categorías IPCC para el año 2015, elaborados en base a la información del relevamiento de usos del suelo con a) este estudio a partir *Collect Earth* y b) MVOTMA, 2015 a partir de la clasificación LCCS (Di Gregorio, 1996).**



Fuente: a) Elaboración propia y b) Elaborado en base a MVOTMA (2015)

Respecto a las conversiones de usos de la tierra que provocó la expansión de la forestación y de Tierras de Cultivo, Paruelo *et al.* (2006) mencionaba que “En Uruguay no existen aún estudios independientes que permitan estimar el tipo de cobertura que fue reemplazado.”, aunque los resultados presentados por estos autores sugerían que la expansión del área agrícola y forestal entre los años 1989 y 2004 ocurrió a expensas de pastizales naturales y seminaturales. El trabajo presentado por Baldi y Paruelo (2008) suma evidencias sobre la transformación de los pastizales del Río de la Plata asociada con el incremento del área de cultivos anuales de secano.

En cuanto a la tierras forestales Bernardi *et al.* (2019) identificaron que la cobertura de la agricultura de grano es una de las principales causas que condiciona los cambios en la cobertura de bosque nativo a nivel país.

Esta expansión de agricultura de secano y forestación provocó el desplazamiento de otras actividades agropecuarias (Vasallo *et al.*, 2011). Estos autores mencionan que, por un lado, la forestación avanzó sobre suelos utilizados para ganadería de cría, la cual se basa fundamentalmente en campo natural; y por otro lado, la agricultura se expandió sobre suelos agrícola ganaderos del litoral oeste, asentando un sistema continuo de agricultura.

Los resultados del relevamiento con *Collect Earth* conciden con la tendencia histórica de transformación del campo natural hacia los diferentes usos productivos presentes en el Uruguay. El campo natural, principal ecosistema del país, y mayor recurso forrajero de la ganadería, disminuye un 12% durante el periodo 2000-2017, superficie que pasa a ser principalmente Tierras de Cultivo y Tierras Forestales.

Un monitoreo como este, con una serie de información comparable a lo largo del tiempo, permite reflexionar sobre la realidad de los usos y cambios de uso de la tierra en el territorio. Estos cambios tienen importantes consecuencias para el país y para gestionarlos con certeza se hace necesario monitorearlos y consolidar las distintas fuentes de información. Los resultados observados en el caso del área de campo natural llevan a preguntarse si no sería importante definir estrategias y tomar acciones para asegurar la conservación del área de campo natural, visto que se observa una tasa constante de reemplazo hacia otros usos y dada su alta importancia económica, ambiental y social. El campo natural ya es menos del 50% de la superficie del país y es muy difícil de recuperar. Por su parte, el país se ha planteado estrategias de competitividad en su sector cárnico (valor agregado ambiental), metas para la mitigación del cambio climático (que apuntan a gestionar principalmente los stocks y flujos de carbono entre la biomasa, el suelo y la atmósfera), y metas en construcción de resiliencia al cambio climático relacionadas con la estructura y función del ecosistema de campo natural. Para el cumplimiento y mejora de estas metas se necesitará incrementar la integración entre las decisiones tomadas en las diferentes actividades humanas en el territorio y el conocimiento de los impactos que se generan en los servicios ecosistémicos, la biodiversidad, la resiliencia y el ciclo del carbono.

#### **4. Bibliografía**

Álvarez, A.; Blum, A. y Gallego, F. (2015). Atlas de cobertura de suelos del Uruguay. Montevideo: DINOT; FAO.

Baeza, S., Baldassini, P.; Bagnatto, C.; Pinto, P. y Paruelo, J. M. (2014). Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS. *Agrociencia Uruguay* 18: 95–105.

Baldi, G., & Paruelo, J. M. (2008). Land-use and land cover dynamics in South American temperate grasslands. *Ecology and Society*, 13(2).

Bernardi, R., Buddeberg, M., Arim, M., & Holmgren, M. (2019). Forests expand as livestock pressure declines in subtropical South America. *Ecology and Society*, 24(2).

Cal, A.; Álvarez, A.; Petraglia, C.; Dell' Aqua, M.; López, N. y Fernández, V. M. (2011). Mapa de Cobertura del Suelo de Uruguay, Land Cover Classification System. Montevideo. Mosca. 52p.

Di Gregorio A, LJM Jansen (1996) FAO Land Cover Classification System: A Dichotomous, Modular-Hierarchical Approach. The Federal Geographic Data Committee Meeting - Vegetation Subcommittee and Earth Cover Working Group 15-17 October 1996, Washington D.C.

Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias (2013). Censo General Agropecuario 2011.

Errea, E., Peyrou, J., Secco, J., & Souto, G. (2011). Transformaciones en el agro uruguayo: nuevas instituciones y modelos de organización empresarial. Montevideo: Universidad Católica del Uruguay. 207p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2012. Documento de Trabajo de la Evaluación de los Recursos Forestales N° 180. FRA 2015. Términos y definiciones. Roma, Italia.

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.

Mendell, B., Morales, V., Bennadji, Z., Moreno, A., & Siry, J. (2007). Financing Uruguay's forestry sector: survey and case study. *Journal of Forestry*, 105(3), 125-130.

MGAP-DGR. (2018). Cartografía Nacional Forestal 2018.

MGAP-DGF. (2012). Carta forestal 2011 realizada mediante procesamiento digital de imágenes Landsat 7. Proyecto PROBIO.

Modernel, P., W. A. H. Rossing, M. Corbeels, S. Dogliotti, V. Picasso, and P. Tiftonell. (2016). Land use change and ecosystem service provision in Pampas and Campos grasslands of southern South America. *Environmental Research Letters* 11:113002.

MVOTMA (2015). Actualización de usos del suelo para el análisis de sus dinámicas recientes. Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial. Uruguay. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10010723-esta-disponible-un-nuevo-mapa-satelital-de-cobertura-de-nuestro-territorio>.

Paruelo, J.M.; Guershman, J.P.; Piñeiro, G.; Jobbágy, E.G.; Verón, S.R.; Baldi, G.; Baeza, S. (2006). Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*. Vol. X N.º 2 pág. 47-61.

Petraglia C. y Dell'Acqua M. (2006) Actualización de la carta forestal del Uruguay con imágenes del año 2004. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo.

Uruguay XXI. (2019). Oportunidades de Inversión - Sector Forestal. Uruguay XXI Promoción de Inversión y Exportaciones: Uruguay. 45 p. Disponible en: <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/4e52d8c6a598944eb1ddc97bbf85233df5c290ba.pdf>

Vassallo, M. (2011). Dinámica y competencia intrasectorial en el agro: Uruguay 2000-2010. Montevideo: Universidad de la República. 169 p.

**ANEXO 1. COMPARACIÓN CON CARTOGRAFÍAS EXISTENTES**

Se realizó una comparación de los resultados del presente estudio con relevamientos de usos o coberturas de suelo ya existentes para Uruguay. Para esto se utilizaron las siguientes fuentes de información que incluyen datos relacionadas a todas las Categorías del IPCC:

- Mapas de cobertura de suelo obtenidas mediante el sistema de clasificación LCCS (*Land Cover Classification System*) para los años 2000 (Álvarez et al., 2015), 2008 (Cal et al., 2011), 2011 (Álvarez et al., 2015) y 2015 (MVOTMA, 2015).
- Cobertura del suelo para el período mayo 2011–marzo 2012, partir de imágenes MODIS y Landsat (Baeza et al., 2014)
- Censo General Agropecuario 2011 (DIEA, 2013)

A nivel de la categoría Tierras Forestales se incorporaron las siguientes fuentes de datos para realizar la validación:

- Cartografía Forestal Nacional (CFN) los años 2004 (Petraglia y Dell'Acqua, 2006), 2012 (MGAP-DGF, 2012) y 2018 (MGAP-DGF, 2018).

**Anexo 1.1. Comparación Coberturas de Suelo LCCS**

Se utilizaron los datos de la cartografía LCCS realizada para Uruguay en los años 2000, 2008, 2011 y 2015, a partir de la clasificación de imágenes Landsat para los respectivos años. Para hacer comparable las distintas fuentes de información fue necesario emparejar la nomenclatura utilizada, que consistió en asignar las Categorías IPCC empleada en *Collect Earth* a cada una de clases de la cartografía LCCS.

En el cuadro 1 se muestra las diferencias que existen entre la superficie estimada por *Collect Earth* y la estimada para cada año de la cartografía LCCS, según categoría. La mayor diferencia entre las dos metodologías se encuentra en la Categoría Asentamientos, con una estimación por *Collect Earth* de más del doble del área reportada con el sistema LCCS. Esto puede estar asociado al criterio utilizado para definir esa Categoría en *Collect Earth*, ya que con un 30% de superficie de la parcela ocupada por Asentamiento, la misma toma ese valor.

**Cuadro 1. Diferencia absoluta y relativa (entre paréntesis) de la superficie estimada por *Collect Earth* respecto a LCCS según año y categoría de uso.**

CATEGORÍA	2000	2008	2011	2015
Asentamientos	151.821 (114%)	180.793 (157%)	170.974 (127%)	176.884 (126%)
Humedales	-200.418 (-24%)	-179.012 (-21%)	-167.290 (-20%)	-200.552 (-23%)
Otras Tierras	12.049 (25%)	28.981 (85%)	16.176 (35%)	15.680 (32%)
Pastizales	1.033.151 (9%)	-347.989 (-3%)	153.870 (1%)	1.311.870 (14%)
Tierras de Cultivo	-1.195.814 (-36%)	290.188 (11%)	-123.577 (-4%)	-1.344.229 (-28%)
Tierras Forestales	160.300 (10%)	-12.910 (-1%)	-90.046 (-4%)	1.437 (0%)
Sin Datos	8.100 (NC)	8.100 (NC)	8.100 (NC)	8.100 (NC)
<b>TOTAL</b>	<b>-30.811 (0%)</b>	<b>-31.850 (0%)</b>	<b>-31.793 (0%)</b>	<b>-30.811 (0%)</b>

Por otro lado, la clasificación con *Collect Earth* siempre estimó menor área (22% menos) de la categoría Humedales, mientras que las menores diferencias porcentuales estuvieron en las categorías Pastizales y Tierras Forestales. Para el caso de las Tierras de Cultivos, las superficies fueron similares para los años 2008 y 2011, pero las diferencias fueron mayores en los años 2000 y 2015. Estas diferencias se pueden deber al criterio distinto de clasificación de las Praderas Sembradas; en *Collect Earth* son consideradas dentro de Pastizales, mientras que en el sistema LCCS se incluyen en la clase Cultivos. Este supuesto estaría apoyado por las diferencias similares entre estas categorías, para los años 2000, 2011 y 2015. Pero para 2008 el área de Pastizales estimada por *Collect Earth* fue menor, aunque similar a la diferencia entre Tierras de Cultivos para ese mismo año. Esto también supone las posibles confusiones que pueden ocurrir entre las clases Praderas Cultivadas y Herbáceo Natural dependiendo del estado de la pastura.

**Cuadro 2. Comparación de superficies de las coberturas de suelo para el año 2012 estimadas por Baeza et al., (2014) y *Collect Earth*.**

COBERTURA	Modis 2011-12 Superficie (ha)	Collect 2012 Superficie (ha)	Diferencia (ha) (%)	
Cultivos	3.301.194	3.281.400	-19.794	-1%
Recursos Forrajeros Perennes	11.590.672	11.325.600	-265.072	-2%
Forestación y Monte Nativo	2.063.677	2.196.000	132.323	9%
Agua	535.285	339.300	-195.985	-37%
Uso Urbano	97.479	293.400	195.921	201%
Sin Correspondencia	0	71.100	71.100	NC
Sin Datos	0	14.400	14.400	NC
<b>TOTAL</b>	<b>17.588.307</b>	<b>17.606.700</b>	<b>18.393</b>	<b>0%</b>

En la figura 2 del artículo se muestra una comparación visual de la distribución de las seis categorías según la fuente de información para el año 2015, donde es fácil apreciar la mayor ocupación de Tierras de Cultivo en la clasificación LCCS, aunque la distribución de las distintas categorías tiene un grado de similitud muy bueno.

**Cuadro 3. Superficie (ha) estimada por *Collect Earth* y Censo 2011 según grupo de comparación.**

GRUPO	Área Collect Earth (ha)	Área Censo (ha)	Diferencia (ha)	Diferencia (%)
<i>Plantaciones Forestales</i>	1.116.400	1.071.374	45.026	4%
<i>Bosque Nativo</i>	1.006.200	563.236	442.964	79%
<i>Perennes (Huertos, Frutales, Viñedos)</i>	85.500	58.354	27.146	47%
<i>Cultivos</i>	3.262.500	2.334.447	928.053	40%
<i>Pasturas Implantadas</i>	2.037.200	933.888	1.103.312	118%
<i>Campo Natural</i>	8.970.300	11.201.212	-2.230.912	-20%
<i>Tierras improductivas y espejos de agua</i>	180.000	194.787	-14.787	-8%

**Anexo 1.2. Comparación con cobertura del suelo a partir de imágenes MODIS de 2011 y 2012**

Baeza y colaboradores (2014) presentan una clasificación de la cobertura de suelo sobre imágenes Landsat 5 pertenecientes a los años 2011 y 2012, con 6 clases: Agua, Cultivos de Verano, Doble Cultivo, Forestación y Monte, Recursos Forrajeros Perennes (RFP) y Uso Urbano. Para hacer comparable esta clasificación con la obtenida con *Collect Earth*, se agruparon las clases Cultivos de verano y Doble Cultivo en una única clase (Cultivos) y luego se establecieron las equivalencias con las subdivisiones de *Collect Earth*. Dada la definición de la categoría Humedales del IPCC, toda parcela

**Cuadro 4.** Agrupación de subdivisiones de *Collect Earth* y clases del Censo 2011 en grupos de comparación.

Grupo de Comparación	Subdivisiones Collect Earth	Clases CENSO 2011
Plantaciones Forestales	Costero <i>Eucalyptus globulus, maidenii, bicostata</i> <i>Eucalyptus grandis, saligna, dunni</i> <i>Eucalyptus sp.</i> Mezcla de Especies (Nativo y Exóticas) Otros <i>Eucalyptus</i> <i>Pinus elliotti</i> <i>Pinus pinaster</i> <i>Pinus sp.</i> <i>Pinus taeda</i> <i>Salix/Populus</i>	Bosques artificiales
Bosque Nativo	Bosque Nativo Fluvial Bosque Nativo Palmar Bosque Nativo Parque Bosque Nativo Quebrada Bosque Nativo Serrano Psamófilo	Bosques naturales
Perennes (Huertos, Frutales, Viñedos)	Perennes (Huertos, Frutales, Viñedos)	Frutas cítricas Otros frutales Viñedos Cultivos de huerta
Cultivos	Anuales Arroz Rotación Arroz-Pastizal Rotación Cultivo de Secano-Pastizal	Cultivos cerealeros e industriales Cultivos forrajeros anuales Tierra preparada al 30/06/2011 Tierras de rastrojo
Pasturas Implantadas	Pasturas Implantadas	Praderas artificiales
Campo Natural	Campo Natural	Campo natural sembrado en cobertura Campo natural fertilizado Campo natural
Tierras improductivas y espejos de agua*	Dunas Represa Rocas Minería	Tierras improductivas y espejos de agua

\*No se consideraron otras subdivisiones de *Collect Earth* que correspondieran a espejos de agua, como lagos y lagunas costeras para no sobreestimar áreas de espejos de aguas que no corresponden al área censada.

en una zona de pastizal, que en algún momento del año tenía agua, era asignada a las subdivisiones Bañado o Humedal Costero de esa categoría. Por lo tanto, gran parte de los pastizales húmedos fueron asignados a estas subdivisiones, por lo que para esta comparación se corresponden a la clase RFP.

En el cuadro 2 se presenta la comparación de las áreas obtenidas para cada cobertura según la metodología empleada por Baeza *et al.* (2014) y la obtenida mediante *Collect Earth*, para el año 2012. Se observa una buena coincidencia en las tres clases con mayor área (Cultivos, Forestación y Monte Nativo y RFP); mientras que para Agua y Uso Urbano las

diferencias relativas son mayores. La clase Sin Correspondencia incluye mayoritariamente las subdivisiones Rocas y Dunas de *Collect Earth*, que no tenían un equivalente en la clasificación de Baeza et al. (2014).

### Anexo 1.3. Comparación con el Censo General Agropecuario 2011

Se comparó la superficie de los usos de suelo reportados por el censo realizado por la Oficina de Estadísticas Agropecuaria (DIEA) en el año 2011 y los estimados por *Collect Earth* para ese mismo año. El censo 2011 reporta el uso de suelo para 16.357.0298 ha, repartidas en 15 clases. Se realizaron agrupamientos entre estas clases y las subdivisiones de *Collect Earth* (ver cuadro 4), necesarios para hacer comparables las áreas. En el cuadro 3 se muestra la suma de superficies obtenidas por grupo de comparación. Se destaca la buena coincidencia para Plantaciones Forestales, mientras que para el resto de las clases son grandes las diferencias.

Como el censo es una encuesta a productores, para algunos usos de la tabla tiene incidencia la definición que cada uno de ellos tenga sobre cada uso, la cual puede diferir bastante de la tomada en el relevamiento con *Collect Earth*. En particular cultivos, pasturas implantadas y campo natural son categorías susceptibles a esto.

### Anexo 1.4. Comparación con cartografías forestales

Se utilizó la Cartografía Forestal Nacional existente para los años 2004, 2012 y 2018, realizada a partir de la clasificación de imágenes satelitales. Para comparar con los datos de *Collect Earth* se agruparon los datos en dos clases: Bosque Nativo y Forestación. Esta última incluye todas las coberturas forestales con especies exóticas o la mezclas de exóticas y nativas. En el cuadro 5 se muestra la superficie ocupada por cada clase, según el año y la fuente de información, junto con las diferencias absolutas y relativas.

**Cuadro 5 Superficie forestal (ha) estimada por los antecedentes existentes y comparación con información obtenida por *Collect Earth*, según año.**

Año	Uso	Antecedente	Collect Earth	Diferencia (ha)	Diferencia (%)
2000 <sup>8</sup>	Monte Nativo	872.298	1.027.800	155.502	18%
	Forestación	715.202	689.400	-25.802	-4%
2004 <sup>9</sup>	Monte Nativo	752.157	1.024.200	272.043	36%
	Forestación	649.988	817.200	167.212	26%
2008 <sup>8</sup>	Monte Nativo	1.025.693	1.020.600	-5.093	0%
	Forestación	1.042.817	957.600	-85.217	-8%
2011 <sup>8</sup>	Monte Nativo	1.056.130	1.008.900	-47.230	-4%
	Forestación	1.229.916	1.119.600	-110.316	-9%
2012 <sup>9</sup>	Monte Nativo	849.960	1.006.200	156.240	18%
	Forestación	695.095	1.166.400	471.305	68%
2015 <sup>8</sup>	Monte Nativo	873.360	999.900	126.540	14%
	Forestación	1.386.903	1.233.000	-153.903	-11%
2018 <sup>9</sup>	Monte Nativo <sup>10</sup>	851.573	993.600	142.027	17%
	Forestación	1.034.712	1.238.400 <sup>11</sup>	203.688	20%

<sup>8</sup> Antecedente: cartografía en base a clasificación LCCS para los años 2000, 2008, 2011 y 2015

<sup>9</sup> Antecedente: cartografía nacional forestal para los años 2004, 2012 y 2018.

<sup>10</sup> Corresponde a la superficie de bosque nativo en base a imágenes satelitales del año 2016.

<sup>11</sup> Refiere al último año relevado en *Collect Earth*: 2017.

En todos los casos la cobertura forestal estimada por *Collect Earth* fue mayor a la estimada por DGF. Las menores diferencias, tanto para Forestación como para Monte Nativo se encontraron en el año 2018. Esto puede estar explicado por la mayor resolución de las imágenes. Una de las explicaciones puede ser la mayor resolución de las imágenes *Sentinel* (10 m) utilizadas en la cartografía 2018, en comparación a la resolución de las imágenes Landsat (30 m) en las que se basaron las cartografías de los años 2004 y 2012.