



Impactos de los cambios en el uso del suelo sobre la provisión de Servicios Ecosistémicos en el Chaco Seco argentino

*Tesis de grado presentada para optar al título de
Licenciada en Ciencias Ambientales*

Carrera de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Plan 2017

Sofía María Chevallier-Boutell

Director: Dr. Pablo Baldassini

Consultor: Lic. Hernán Darío Dieguez

**Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires**

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1. Planteo del problema y revisión de antecedentes | 3 |
| 1.2. Justificación | 6 |
| 1.3. Objetivos del trabajo | 7 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 8 |
| 2.1. Área de estudio | 8 |
| 2.2. Obtención y procesamiento de datos | 10 |
| 2.3. Materiales y métodos de los objetivos específicos | 11 |
| 2.3.1. Coberturas del suelo y transiciones entre usos..... | 11 |
| 2.3.2. Análisis del IPSE y su tendencia en el periodo 2001-2019..... | 12 |
| 2.3.3. Caracterización del paisaje en base a distintas métricas..... | 13 |
| 2.3.4. Análisis del IPSE en base a variables de composición y configuración del paisaje..... | 16 |
| 3. RESULTADOS | 17 |
| 3.1. Coberturas del suelo y transiciones entre usos..... | 17 |
| 3.2. Análisis del IPSE y su tendencia en el periodo 2001-2019..... | 20 |
| 3.3. Caracterización del paisaje en base a distintas métricas..... | 21 |
| 3.4. Análisis del IPSE en base a variables de composición y configuración del paisaje..... | 25 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 27 |
| 4.1. Coberturas del suelo y transiciones entre usos..... | 27 |
| 4.2. Análisis del IPSE y su tendencia en el periodo 2001-2019..... | 28 |
| 4.3. Caracterización del paisaje en base a distintas métricas..... | 29 |
| 4.4. Análisis del IPSE en base a variables de composición y configuración del paisaje..... | 30 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA | 32 |
| 6. ANEXO..... | 38 |

RESUMEN

Las actividades agrícolas reemplazan la vegetación natural por cultivos y pasturas implantadas modificando la estructura y el funcionamiento del ecosistema y, como consecuencia, alteran su capacidad de proveer bienes y servicios. La región Chaqueña de nuestro país cuenta con una de las tasas de deforestación más altas del mundo, promovida principalmente por el avance de la frontera agropecuaria. En el presente trabajo se hizo foco en un sector del Gran Chaco, donde se buscó conocer en mayor profundidad cómo la deforestación y otros cambios en el uso del suelo impactan en el funcionamiento de los ecosistemas y, por ende, en la provisión de Servicios Ecosistémicos. Para el periodo 2010-2017 se estudiaron las transiciones en el uso del suelo, así como también se realizó una caracterización de paisajes en base a distintos índices. Por otro lado, se realizó un análisis de la tendencia temporal del Índice de Provisión de Servicios Ecosistémicos (IPSE) para el periodo 2001-2019 y por último un análisis del mismo en base a variables de composición y configuración del paisaje. Se empleó una base de datos obtenida a partir de la plataforma vinculada al proyecto MapBiomass Chaco, la cual fue realizada en base a imágenes de los satélites Landsat y la misma fue utilizada para identificar los cambios estructurales del periodo de análisis. También se hizo uso del sensor MODIS para el cálculo del IPSE, a partir de la plataforma Google Earth Engine. En primer lugar, se observó una disminución de la superficie de bosque para el 2017, a costas de un aumento de la agricultura y las pasturas. Los paisajes analizados en el área de estudio mostraron para el 2017 un leve aumento de paisajes más fragmentados. En cuanto al análisis de las tendencias del IPSE resultó que el 66,8% de las tendencias significativas fueron negativas y el 33,2% positivas. El mismo mostró ser afectado significativamente por la precipitación, así como también por las pasturas y la agricultura.

PALABRAS CLAVE: Cambios en el uso del suelo, Chaco Seco Argentino, Servicios Ecosistémicos, paisaje.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteo del problema y revisión de antecedentes

El Gran Chaco, bioma forestal más grande de América del Sur luego del Amazonas, ha sido históricamente amenazado por la deforestación causada principalmente por la expansión agrícola, dado su significativo potencial productivo (Lambin *et al.*, 2013; Curtis *et al.*, 2018). Presenta una de las tasas de deforestación más altas del mundo (Hansen *et al.*, 2013; Vallejos *et al.*, 2015), lo que conlleva a una preocupación mundial por la conservación de dichos bosques (Kuemmerle *et al.*, 2017). La deforestación es realizada en extensas superficies, principalmente por grandes y medianos propietarios, así como también por empresas agropecuarias (Gasparri & Grau, 2005). Estos cambios de cobertura se caracterizan principalmente por el reemplazo del bosque nativo por cultivos anuales, tales como la soja y el maíz, y por pasturas megatérmicas perennes (Grau *et al.*, 2005), entre las cuales se destaca el Gatton Panic (*Megathyrsus maximus* var. Gatton), uno de los principales recursos forrajeros para la ganadería (Chiossone *et al.*, 2014). Esta última, se lleva a cabo a través de diferentes tipos de manejo. Por un lado, el sistema denominado “silvopastoril”, en el cual se utilizan rolos para remover parcialmente la vegetación leñosa, dejando en pie sólo los árboles de mayor porte y, al mismo tiempo, sembrar semillas de pastos megatérmicos (Kunst *et al.*, 2014). Otra alternativa es a través de la remoción completa de la cobertura boscosa y la posterior implantación de pasturas forrajeras para el ganado (Paolasso *et al.*, 2012). Todo este proceso, es denominado por varios autores como “pampeanización” del Chaco (Morello *et al.*, 2005).

Los cambios en el uso del suelo constituyen la dimensión más importante del cambio global, no sólo por el efecto directo que generan en la cobertura del suelo, sino por los impactos que producen sobre el resto de sus dimensiones (Foley *et al.*, 2005). La deforestación es uno de los componentes más importantes de los cambios en el uso del suelo, generando la pérdida y

fragmentación del hábitat, una de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad. El hábitat es un espacio físico que reúne un conjunto de condiciones ambientales que resultan adecuadas para una determinada especie. La fragmentación se define como la división de dicho hábitat con su consecuente aislamiento de parches, en donde existe un fuerte contraste entre los parches de hábitat y la matriz circundante de un paisaje (Fahrig, 2003). La expansión agropecuaria en el Chaco semiárido argentino fragmentó a los bosques en paisajes agropecuarios (Gasparri & Grau 2009; Piquer-Rodríguez *et al.* 2015). Estos paisajes pueden ser muy heterogéneos, mostrando diferente composición y configuración espacial, donde la composición se refiere a los tipos y proporciones de diferentes formas de cobertura terrestre, y la configuración se refiere a la disposición espacial de un determinado uso de la tierra o tipo de cobertura terrestre (Carrara *et al.*, 2015). En estos términos, es interesante destacar la importancia no solo de la composición, sino también la configuración espacial en el paisaje, ya que los efectos pueden resultar diferentes en paisajes que composicionalmente son iguales pero diferentes en su distribución en el espacio.

Este proceso de deforestación acelerado tuvo comienzo desde principios de los años '70 (Grau *et al.*, 2005; 2008). Su inicio se asoció principalmente al aumento de las precipitaciones durante la década de 1970 (Minetti & Lamelas, 1995). Continuó con ciertas fluctuaciones espaciales y temporales durante la década del '80 y luego, con la introducción de nuevas tecnologías en los '90, como los cultivares de soja transgénica resistentes al glifosato y la siembra directa, se redujeron los costos de plantación y estimularon así un aumento adicional de la deforestación (Grau *et al.*, 2005; Gasparri & Grau, 2009). Finalmente, luego de la crisis argentina del 2001, con la devaluación del peso nacional y el aumento de los precios internacionales de los commodities, se impulsó aún más la deforestación en nuestro país (Gasparri & Grau, 2009). De esta manera, las tasas de deforestación tuvieron una tendencia creciente entre 1976 y 2012 (Volante *et al.*, 2016) y, en los últimos 15 años, se han registrado desmontes de casi 4,5 millones de hectáreas en las principales provincias de la región chaqueña de nuestro país

(<http://monitoreodesmonte.com.ar>). Esta situación fue motivo para la sanción, en 2007, de la Ley N° 26.331 de Protección de los Bosques Nativos, la cual establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos, y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. A partir de ello, se observó una leve disminución de las tasas de deforestación, aunque se siguieron registrando desmontes en categorías bajo diferentes niveles de protección (Piquer-Rodríguez *et al.*, 2015; Sanz *et al.*, 2018; Volante & Seghezzo, 2018; Nolte *et al.*, 2017).

Las actividades humanas y particularmente las actividades agrícolas, modifican la estructura y el funcionamiento del ecosistema y, como consecuencia, se altera su capacidad de proveer bienes y servicios (Foley *et al.*, 2005; Paruelo *et al.*, 2006). Una forma de evaluar las consecuencias que estos cambios en el uso del suelo generan, es a través del concepto de Servicios Ecosistémicos (SE). Según Daily (1997), son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que lo conforman, sostienen y satisfacen la vida humana, ya sea de manera directa o indirecta. Algunos de ellos son de apropiación colectiva y sin valor de mercado, como la purificación de agua, la biodiversidad, la oxigenación del agua o el ciclado de nutrientes, mientras que otros son de apropiación privada y poseen valor de mercado, como la producción de madera, granos o carne (Paruelo *et al.*, 2006; Paruelo, 2011). La pérdida o disminución de un SE está asociada a la destrucción de un bien ecológico o ambiental. La deforestación debilita de manera significativa servicios esenciales que brindan los bosques, tales como la producción de materias primas, el secuestro de carbono, el ciclado de nutrientes, la provisión de hábitat para diversas especies, el control de la erosión, la infiltración y purificación de aguas, entre otros (Carreño & Viglizzo, 2007).

Cuantificar el impacto que los cambios en el uso del suelo provocan sobre diversos Servicios Ecosistémicos no es una tarea fácil debido a que requiere de la observación de grandes extensiones de áreas y de largos periodos de experimentación, sobre todo si se consideran

diferentes sistemas de rotación de cultivos (Tittonell *et al.*, 2006). La escasa información disponible se debe fundamentalmente a la dificultad de realizar estimaciones a campo y de extrapolarlas a otras situaciones. Paruelo *et al.* (2016) propusieron el Índice de Provisión de Servicios Ecosistémicos (IPSE) (también llamado IOSE en función de Staiano *et al.*, 2020) como un estimador integral de la provisión de varios servicios ecosistémicos asociados a la dinámica del agua y del C en grandes extensiones de territorio. El mismo se deriva de atributos funcionales de los ecosistemas y es estimado mediante información espectral derivada de sensores remotos a bordo de satélites. Este índice se calcula a partir de la media anual y la variación estacional (coeficiente de variación) de un índice espectral, el IVN (Índice de Vegetación Normalizado, o NDVI por sus siglas en inglés). Los valores que toma este índice se encuentran en un rango entre 0 y 1, así los valores más bajos reflejan sitios menos productivos y/o más variables a lo largo del año (Paruelo *et al.*, 2016).

El IVN deriva del comportamiento espectral particular que tienen los tejidos verdes, se encuentra relacionado con la interceptación de radiación fotosintética activa y es particularmente sensible a los cambios asociados a las transformaciones del uso de la tierra y de la cobertura del suelo (Pettorelli *et al.*, 2005). Se construye a partir de la reflectancia registrada en dos porciones del espectro electromagnético: en la porción visible (Rojo (R)) y en la porción del infrarrojo (IR).

$$\text{IVN} = (\text{IR}-\text{R})/(\text{IR}+\text{R})$$

De esta manera, el impacto antrópico sobre los ecosistemas puede ser cuantificado a partir del registro de las diferencias en el funcionamiento ecosistémico entre áreas alteradas y áreas con mínima o sin alteración.

1.2. Justificación

La deforestación es una de las alteraciones más dramáticas de la cobertura del suelo. La región Chaqueña en particular cuenta con una de las tasas de deforestación más altas del mundo

promovida principalmente por el avance de la frontera agropecuaria (Gasparri & Grau, 2009; Piquer-Rodríguez *et al.*, 2015). Este proceso ha generado importantes conflictos territoriales que incrementaron la preocupación y el interés por conservar los bienes naturales y culturales asociados a estos bosques. La deforestación y el cercamiento de predios ha alterado los medios de subsistencia de muchas comunidades originarias y/o campesinas, las cuales practican actividades que combinan la caza, la recolección y la pesca, con actividades agropecuarias de pequeña escala como la cría de ganado caprino (Cáceres, 2015).

Una manera de evaluar las consecuencias ambientales que genera la intervención humana sobre los ecosistemas boscosos es a través de la cuantificación del nivel de oferta de Servicios Ecosistémicos, y para ello, el índice de provisión de SE presenta un enorme potencial para monitorear la situación ambiental sobre áreas extensas con muy bajo costo (Paruelo *et al.*, 2016). Es por ello que en el presente trabajo, a través de análisis basados en técnicas de teledetección, el uso del Índice de Provisión de Servicios Ecosistémicos y revisión de la literatura científica, se espera conocer en mayor profundidad cómo la deforestación y otros cambios en el uso del suelo de esta región, impactan en el funcionamiento de los ecosistemas. Estudiando las transiciones de los cambios en el uso del suelo, se buscó analizar unidades de paisajes caracterizadas en base a distintos índices y analizar la tendencia temporal del IPSE y su relación con los cambios estructurales ocurridos durante un periodo de 20 años (2001 - 2019).

1.3. Objetivos del trabajo

El objetivo general de este trabajo fue analizar los cambios temporales en el uso del suelo y su impacto sobre la provisión de Servicios Ecosistémicos en el Chaco Seco Argentino a distintas escalas espaciales. De manera específica se buscó:

- 1) Evaluar los cambios en el uso del suelo y cuantificar las distintas transiciones.
- 2) Calcular el IPSE anual y su tendencia temporal en el periodo 2001-2019.

- 3) Caracterizar unidades de paisaje en base a distintas métricas de paisaje.
- 4) Evaluar y analizar los cambios en el IPSE en base a diferentes variables de composición y configuración del paisaje.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El Gran Chaco Americano es una extensa ecorregión boscosa que se encuentra distribuido el 60% en Argentina (1.080.000 km²), 11% en Bolivia, 28% en Paraguay y 1% en Brasil. La vegetación natural consiste principalmente en bosques cerrados, bosques abiertos, matorrales y sabanas de palmeras (Morello *et al.*, 2012). Esta ecorregión presenta diferentes subregiones, determinadas particularmente por su nivel de precipitación media anual. En el presente trabajo se hace foco en una porción del Gran Chaco, comprendida por las unidades de vegetación caracterizadas por Oyarzabal *et al.* (2018) como Bosque de xerófitas con *Schinopsis lorentzii* (Chaco Semiárido) y Bosque de xerófitas con *Schinopsis balansae* y *Schinopsis lorentzii*, y Pastizal (Chaco Subhúmedo) (Figura 1). Dichas unidades de vegetación fueron descritas y mapeadas a partir de relevamientos de vegetación publicados en las últimas décadas, pero con la particularidad de que se trata de una descripción exclusivamente de rasgos fisonómico-florísticos de la vegetación espontánea con una resolución intermedia entre comunidad y provincia fitogeográfica (Oyarzabal *et al.*, 2018). Para la región chaqueña, dicho trabajo está basado principalmente en lo realizado por Morello *et al.* (2012), quien realizó un mapa de Argentina donde se integra información biofísica y social que modela y regula la estructura y el funcionamiento del paisaje, sus elementos y el tipo de actividades humanas (Morello *et al.*, 2012).

La subregión del Chaco Semiárido se caracteriza por estar conformada por una matriz de bosque xerófito con corredores y parches de pastizal, sabana y tierras agrícolas con una

configuración variable en el espacio (Morello *et al.*, 2005). Esta región cuenta con un rango de temperaturas medias anuales entre 20 y 23°C y precipitaciones anuales de 500 a 800 mm, con un régimen marcadamente monzónico (Minetti, 1999). Estas últimas, presentan una distribución espacial con un marcado gradiente, siendo más leves en el centro de la región y crecientes hacia el este y oeste, zonas de transición con las ecorregiones del Chaco Húmedo y las Yungas respectivamente. Por su parte, en el Chaco Subhúmedo, el clima es templado cálido. La temperatura media anual varía entre los 20 y 24 °C, la máxima puede superar los 40 °C y la mínima puede alcanzar valores bajo cero (Brown *et al.*, 2005). El régimen de lluvias supera al de la subregión del Chaco Semiárido y presenta precipitaciones de hasta 1300 mm anuales en el sector oriental con disminución hacia el oeste, hasta los 750 mm (Morello *et al.*, 2012). Cuenta con suelos bien drenados y desarrollados, lo que le otorga una gran aptitud agrícola-ganadera (Bravo *et al.*, 1999).

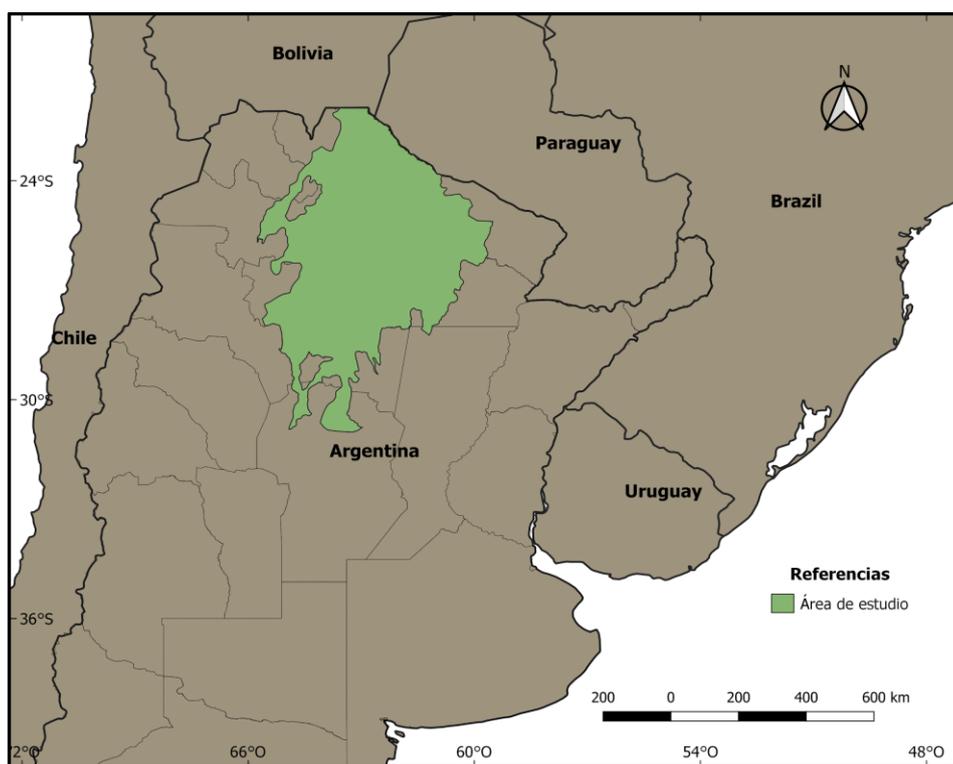


Figura 1. Localización del área de estudio comprendida por las unidades de vegetación caracterizadas por Oyarzabal (2018) como Bosque de xerófitas con *Schinopsis lorentzii* (Chaco Semiárido) y Bosque de xerófitas con *Schinopsis balansae* y *Schinopsis lorentzii*, y Pastizal (Chaco Subhúmedo).

2.2. Obtención y procesamiento de datos

Se utilizó una base de datos pública, abierta y gratuita obtenida a partir de la plataforma vinculada al proyecto MapBiomias Chaco – Colección 1 de la Serie Anual de Mapas de Cobertura y Uso del Suelo del Chaco (<http://chaco.mapbiomas.org/downloads-1>, adquirido el 22 de Noviembre de 2019). Esta base de datos presenta una cartografía anual de cobertura y uso del suelo del Gran Chaco Americano para un periodo de 8 años (2010 a 2017). Dichos mapas se encuentran en formato raster con una resolución espacial de 30 m, debido a que fue realizada en base a imágenes de los satélites Landsat. La colección obtenida del proyecto presenta la siguiente clasificación de coberturas (Tabla 1).

Tabla 1: Clases de uso y cobertura del suelo correspondientes a las clasificaciones de la Colección 1 de MapBiomias Chaco.

| |
|--------------------------------|
| 1. Formación Leñosa |
| 1.1 Leñosas Forestal Natural |
| 1.2 Cultivo de Leñosas |
| 2. Formación natural no leñosa |
| 2.1 Herbáceas |
| 3. Vegetación dispersa |
| 4. Uso agropecuario |
| 4.1 Pastura |
| 4.2 Agricultura |
| 5. Área no vegetada |
| 6. Cuerpos de agua |
| 7. No observado |

A partir de la misma, se realizó una reclasificación de las coberturas que fueron consideradas para este análisis, conservando algunas sin modificaciones, y otras resultantes de la unión de algunas de ellas (Tabla 2).

Tabla 2: Reclasificación de los usos y coberturas del suelo de la Colección 1 de MapBiomias Chaco consideradas en el análisis.

| |
|----------------------------------|
| 1. Bosque |
| 2. Vegetación natural no boscosa |
| 3. Pasturas |
| 4. Agricultura |
| 5. Sin vegetación |
| 6. Agua |

Por otro lado, para calcular el IPSE se utilizaron datos del índice de vegetación normalizado (IVN) que se obtuvieron mediante el producto MOD13Q1 de la colección 6 del sensor MODIS. Este producto es de cobertura global y provee datos desde el año 2000 hasta la actualidad, posee una resolución temporal de 16 días y un tamaño de píxel de 250m x 250m (resolución espacial).

2.3. Materiales y métodos de los objetivos específicos

2.3.1. Objetivo específico 1: Evaluar los cambios en el uso del suelo y cuantificar las distintas transiciones.

Para identificar las distintas coberturas y usos del suelo comprendidas en el área de estudio, se utilizaron datos obtenidos a partir de la información generada en el marco del proyecto MapBiomias Chaco durante el periodo 2010-2017. A partir de estos datos, se identificaron las coberturas y la superficie que las mismas ocupan en los años 2010 y 2017 a partir de un script desarrollado ad-hoc en el lenguaje de programación de la plataforma Google Earth Engine (GEE) (<https://earthengine.google.com>). Esta última, es una plataforma de procesamiento geoespacial basada en la nube que permite el análisis de datos espectrales a escala planetaria, mediante la visualización y análisis de imágenes satelitales (Gorelick *et al.*, 2017). A partir de la elaboración de dicho código de procesamiento, se obtuvo información de

la cantidad de píxeles pertenecientes a cada tipo de cobertura, para ambos años. De esta manera, para obtener la superficie en hectáreas ocupada por cada una de las coberturas, se multiplicó dicha cantidad de píxeles por la superficie de los mismos ($90 \text{ m}^2 = 0,090 \text{ ha}$).

Se cuantificaron las superficies de cada una de las coberturas en base a las precipitaciones, categorías del Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) de la Ley de Bosques Nativos, unidades de vegetación determinadas por Oyarzabal et al. (2018), departamentos y provincias involucradas en el área de estudio. Para ello, se utilizaron capas con información geoespacial en formato vectorial, que se obtuvieron de diversas bases de datos públicas. Cada una de ellas fue recortada en función a la superficie del área de estudio. De esta manera, se utilizaron estas capas dentro del script mencionado anteriormente, obteniendo así la superficie ocupada por cada uno de los tipos de cobertura para cada una de las capas de información espacial de análisis. Los datos obtenidos a partir de Google Earth Engine fueron volcados en planillas de Excel donde se procesaron en tablas para facilitar su interpretación.

Por otro lado, se cuantificaron las distintas transiciones entre los años 2010 y 2017, es decir, mediante la elaboración de un nuevo script en Google Earth Engine, se identificaron cuáles fueron las superficies o porcentajes de los distintos tipos de cobertura que fueron transformados a otros tipos. Dichas transiciones fueron representadas mediante un Diagrama de Sankey, el cual es un tipo específico de diagrama de flujo, en el que el ancho de las flechas se muestra proporcional a la magnitud de flujo.

2.3.2. Objetivo específico 2: Calcular el IPSE anual y su tendencia temporal en el periodo 2001-2019.

A partir del uso de Google Earth Engine y de datos del IVN que fueron obtenidos a través del producto MOD13Q1 de la colección 6 del sensor MODIS a bordo del satélite Terra,

se calculó el IPSE anual de los años 2000 a 2019 utilizando la fórmula desarrollada por Paruelo et al. (2016):

$$\text{IPSE} = \text{IVN}_{\text{promedio}} * (1 - \text{IVN}_{\text{cv}})$$

donde $\text{IVN}_{\text{promedio}}$ corresponde al valor de IVN promedio anual calculado a partir de información de 23 fechas, y el IVN_{cv} corresponde al coeficiente de variación a lo largo de las 23 fechas consideradas.

A partir de ello, mediante un nuevo código de procesamiento que desarrollamos en GEE se calculó la tendencia temporal del IPSE durante el periodo 2001-2019. Esto se realizó a partir de un análisis de regresión lineal entre el IPSE y el tiempo (años) y luego, a partir de la función `FormaTrend` de GEE, se realizó una prueba de hipótesis para establecer si la pendiente de dicha regresión era significativamente diferente de cero. Dado que nuestro interés no fue analizar la magnitud de la pendiente, sino sólo observar la existencia de algún tipo de tendencia, las mismas fueron representadas por tres valores: +1, 0 y -1, independientemente de la magnitud. Aquellos lugares donde se muestra una tendencia positiva del IPSE (+1) significa que muestran una mayor intercepción de radiación fotosintética y menor estacionalidad, es decir, que aumentó el nivel de provisión de servicios ecosistémicos. Si por el contrario, es negativa (-1), significa que hubo una disminución, y si el valor es 0, significa que no hubo cambios significativos en el IPSE durante dicho periodo.

2.3.3. Objetivo específico 3: Caracterizar unidades de paisaje en base a distintas métricas e identificar cambios temporales.

Con el fin de realizar un análisis a escala de paisaje, se dividió el área de estudio en celdas de 8x8 km (6400 ha), dando un total de 4409 celdas, las cuales representaron diferentes unidades de paisaje (Figura 2).

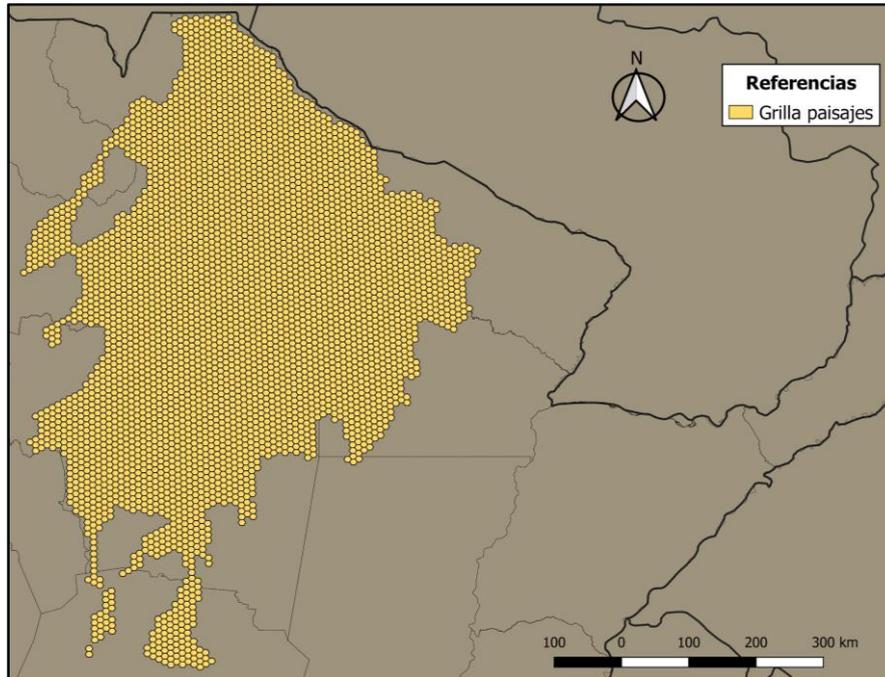


Figura 2: Área de estudio representada en forma de grilla, compuesta por 4409 celdas hexagonales de 8x8 km (6400 ha) las cuales representan diferentes unidades de paisaje.

Luego, se cruzó dicha grilla de paisajes con la clasificación de coberturas de Mapbiomas, de las cuales solo se contempló la clase de bosque. A partir de esta unificación entre ambas capas de información se calcularon, mediante RStudio, los siguientes índices de paisaje para cada una de las celdas de la grilla (Tabla 3):

- **Número de Parches (NUMP)**, el cual se utiliza como índice de heterogeneidad del paisaje (Correa *et al.*, 2012) y es el número total de parches en una unidad de paisaje, de una clase determinada.
- **Tamaño Mediano del Parche (TMPA)**, empleado como indicador de fragmentación (Correa *et al.*, 2012).
- **Tamaño Efectivo de Malla (TEMA)**, el cual capta en una única métrica, el proceso de fragmentación. Considera de manera simultánea el tamaño de los parches y el nivel de disección del paisaje (de la cobertura en cuestión). Refleja cambios estructurales del paisaje y tiene una respuesta de tipo monótonica a través de las

distintas fases de fragmentación (a mayor tamaño efectivo de malla, menor es la fragmentación) (Baldi *et al.*, 2019).

- **Porcentaje del paisaje (PPAI):** indicador de la proporción del paisaje ocupado por bosque.
- **Coefficiente de variación del tamaño de parche (TPACV):** indica la dispersión de los tamaños de parche respecto a la media de cada celda.
- **Relación perímetro-área (RPAR):** cociente entre el perímetro y el área de cada parche.

Tabla 3: Índices de paisajes calculados, con sus fórmulas y unidades. Donde n = número de parches, A_i = Área de cada parche, A_t = Área total de la unidad de paisaje (celda) y P_i = perímetro de cada parche. Cada índice fue calculado para cada celda de paisaje.

| Índice de Paisaje | Fórmula | Unidades |
|--|-------------------------------------|---------------------|
| Número de Parches | $NUMP = n$ | Sin unidades |
| Tamaño Mediano del Parche | $TMPA = Mediana (A_i)$ | Metros ² |
| Tamaño Efectivo de Malla | $TEMA = \frac{\sum(A_i)^2}{A_t}$ | Metros ² |
| Porcentaje del Paisaje | $PPAI = 100 * \frac{\sum A_i}{A_t}$ | % |
| Coefficiente de Variación del Tamaño de Parche | $TPACV = CV (A_i)$ | Sin unidades |
| Relación Perímetro – Área | $RPAR = \sum \frac{P_i}{A_i}$ | Metros |

De esta manera, cada una de las celdas de paisaje presentó un valor de cada uno de los índices de paisaje. Posteriormente, se realizó un análisis de clusters en donde se clasificaron las celdas en 8 clases según su similitud en cuanto a los índices de paisaje (Figura 3). Dichas clases se encuentran ordenadas en función de los cambios sufridos temporalmente en su

composición y configuración, siendo la clase 1 la menos fragmentada y la clase 8 la de mayor fragmentación. A partir de ello, se analizaron los valores de dichos índices en función de cada una de las 8 clases de paisaje. Por último, se analizaron las transiciones entre clases de forma tal de ver cómo fueron los cambios entre ellas, así como también se identificaron todos aquellos paisajes que no cambiaron de clase en el periodo.

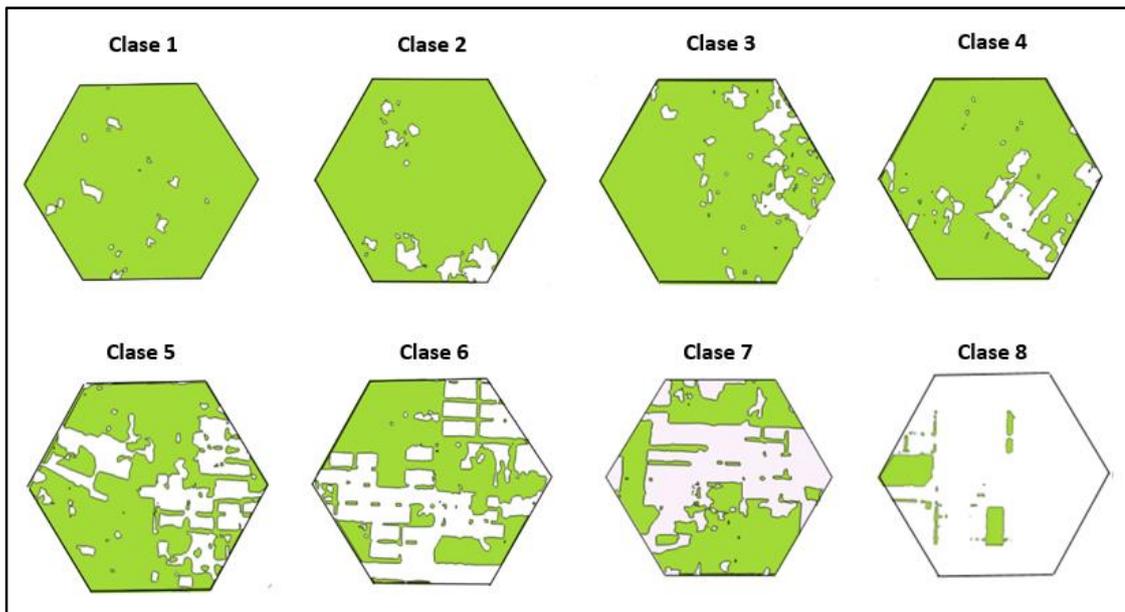


Figura 3: Clases de paisajes ordenadas de menor a mayor fragmentación en función de los cambios sufridos temporalmente en su composición y configuración, a partir de los resultados de los índices de paisaje calculados. Los mismos son paisajes de referencia, elegidos como los más representativos de cada una de las clases identificadas. El color verde corresponde a los parches de bosque remanente.

2.3.4. Objetivo específico 4: Análisis del IPSE en base a variables de composición y configuración del paisaje.

A fin de realizar un análisis del IPSE en base a las diferentes variables de composición y configuración del paisaje, lo primero que se realizó fue seleccionar todas aquellas celdas de la grilla de paisaje que no cambiaron de clase de paisaje entre el 2010 y el 2017 (2461 celdas) (Figura 9). Luego, se calculó mediante Google Earth Engine el IPSE de cada uno de los años del periodo 2010 a 2017 para cada una de las celdas y se hizo un promedio del mismo para

todos esos años, de forma tal de tener un solo valor de IPSE para todo el periodo y evitar un posible efecto año.

Se planteó un modelo lineal general y mixto, para el cual se tomaron como variables explicativas el porcentaje de agricultura del 2017, el porcentaje de pastura del 2017, la precipitación media anual del periodo 2000 - 2017, y todas las variables de paisaje calculadas en el objetivo específico 3 (NUMP, PPAI, TMPA, TPACV, RPAR y TEMA). Todas estas variables fueron estandarizadas, lo cual permitió hacerlas comparables en cuanto al peso relativo que tiene cada una sobre el IPSE. Luego, se eliminaron todos los outliers, es decir, los valores extremos altos y bajos del IPSE (16 valores) quedándonos con un n=2445. Posteriormente, se hizo un análisis de correlación de Pearson entre las variables de paisaje para eliminar aquellas variables explicativas que estaban correlacionadas (Tabla 6 Anexo). Por último, mediante el software de análisis estadístico InfoStat se ajustaron distintos modelos considerando distintas estructuras de correlación espacial entre las unidades de pasaje.

3. RESULTADOS

3.1. Coberturas del suelo y transiciones entre usos

El bosque fue el tipo de vegetación que mayor superficie ocupó en toda nuestra área de estudio para el 2017 (19.971.897 has), seguido de la agricultura (4.835.883 has) y de las pasturas (3.965.569 has) (Tabla 1 Anexo). Estas últimas presentaron un porcentaje de cambio en sus superficies respecto al 2010 del 11,9% y 18,2% respectivamente entre el 2010 y 2017 a costas de una disminución de los bosques (-3,6%) y de la vegetación natural no boscosa (-19,7%) (Tabla 1 Anexo). Si bien las pasturas ocupan una superficie menor respecto a la agricultura, las mismas mostraron un porcentaje de cambio mayor en el periodo de análisis

(Tabla 1 Anexo). Analizando las coberturas en función de las diferentes unidades de vegetación, se puede observar un notable aumento (20,5%) de las pasturas en la región perteneciente al Chaco Semiárido, respecto al 2010. De esta manera, la pastura pasó a ser, luego de los bosques, el tipo de vegetación con mayor superficie (2.997.233 has) en dicha unidad de vegetación para el 2017, dejando por debajo a la agricultura, la cual se encontraba en mayor superficie (2.609.885 has) para el 2010 (Tabla 2A Anexo). El caso contrario se vio representado en la unidad de vegetación del Chaco Subhúmedo, donde la agricultura mostró un mayor porcentaje de cambio positivo y total (14,4%) respecto a las pasturas (11,5%) (Tabla 2B Anexo). En relación a esto, dichos aumentos de las superficies de pasturas y agricultura ocurrieron principalmente en las isohietas de 550 a 750 mm (Tabla 3 Anexo).

Por otra parte, analizando los cambios y transiciones en el uso del suelo (Figura 4), se observó una diferencia entre el 2010 y el 2017 de 753.342 ha de bosque. Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de la pérdida de bosque estuvo explicada por una transformación hacia pastura y agricultura. De las 20.725.240 ha de bosques presentes en el 2010, el 5% (1.022.369 has) fue transformado a pasturas y el 2% (446.716 has) a agricultura, siendo esta última el tipo de uso del suelo productivo más predominante (16% de la superficie total del área de estudio para el 2017). A pesar de estas pérdidas de bosque, este tipo de vegetación tuvo a su vez ciertas ganancias, principalmente por parte de la transformación de la vegetación natural no boscosa (511.169 has) y de pasturas (477.895 has). La agricultura y la pastura, fueron los únicos tipos de uso de suelo que aumentaron su superficie para el 2017, aumentando en ambos casos un 2% en su superficie total.

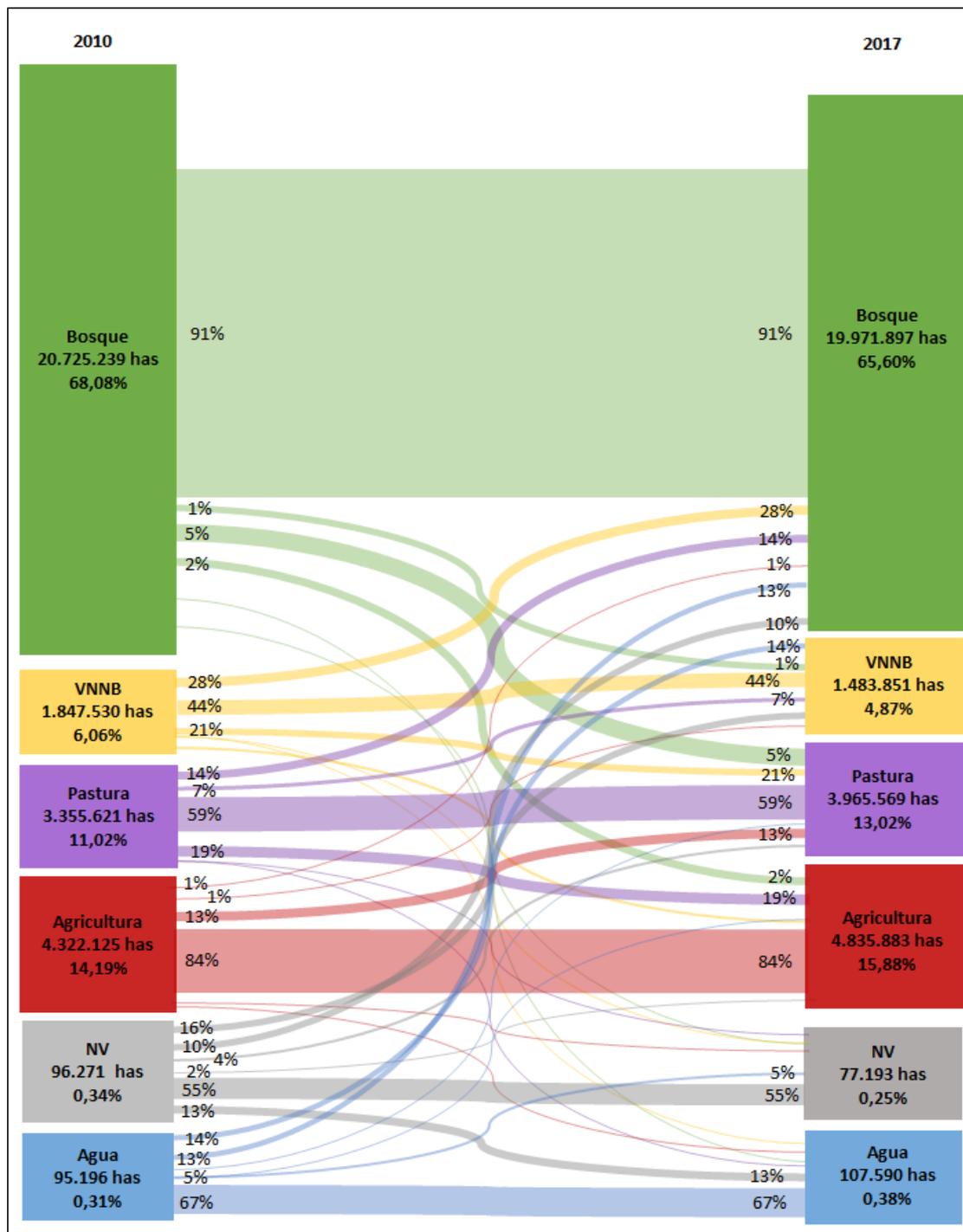


Figura 4: Representación mediante Diagrama de Sankey de las transiciones de los tipos de cobertura (Bosque, Vegetación natural no boscosa (VNNB), Pastura, Agricultura, No vegetado (NV) y Agua) entre el periodo 2010 y 2017 obtenido a partir de las clasificaciones de Mapbiomas. Las líneas entre los mismos tipos de cobertura indican que no hubo cambios de cobertura en el periodo, mientras que las líneas entre coberturas diferentes indican el flujo de las transiciones. El grosor de las líneas indica la magnitud del flujo, representado también por el porcentaje en cada una de ellas.

3.2. Análisis del IPSE y su tendencia en el periodo 2001-2019

En el análisis de las tendencias del IPSE durante el periodo 2001-2019 (Figura 5) se puede observar que un 25% del área de estudio presentó tendencias significativas ($p < 0,01$). La mayor parte de las tendencias (16,7%) fueron negativas, lo cual refleja una disminución en la provisión de servicios ecosistémicos a lo largo del tiempo. Muchas de esas áreas correspondieron principalmente a la provincia de Salta, suroeste de Chaco, este de Santiago del Estero y Córdoba. Un 8,3% del área presentó tendencias positivas, las cuales se encontraron distribuidas principalmente en el norte de Chaco, sur de Formosa y centro de Santiago del Estero.

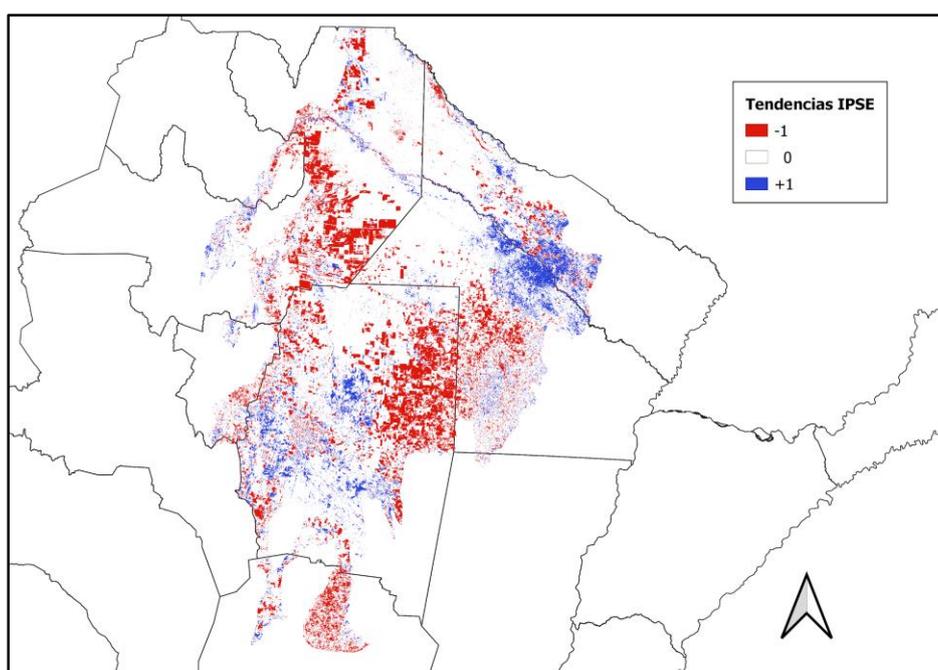


Figura 5: Tendencia del IPSE de toda el área de estudio a escala de píxel, para el periodo 2001-2019. Los sitios con tendencia positiva (+1) se encuentran representados en color azul, los de tendencia negativa (-1) en color rojo y los sitios sin cambios significativos en el periodo (0) en color blanco.

Dentro del periodo 2000-2017, se observó que las zonas con mayor cantidad de píxeles con tendencia negativa fueron aquellas que pasaron hacia agricultura y pastura en el año 2017 (Tabla 4). Del 100% de los píxeles que fueron agricultura en ambos años del periodo, el 81%

tuvo tendencias negativas y el 5% tuvo tendencias positivas. En el caso de las pasturas, del total de los píxeles que fueron pastura en ambos años, el 49,8% presentó tendencias negativas y el 10,42% positivas. La mayoría de los píxeles que muestran cambios positivos corresponden a aquellos sitios donde la transición fue de forestación (es decir, pasaron a ser bosque en el 2017) seguido de transiciones a vegetación natural no boscosa.

Tabla 4: Porcentaje de píxeles con tendencia negativa (-1) y positiva (+1) para las transiciones entre los diferentes tipos de cobertura en el periodo 2010-2017. La diferencia entre ambas tendencias para cada una de las transiciones no mostrada en la tabla, corresponde al porcentaje que no tuvo cambios significativos (0) en el periodo de análisis.

| | | 2017 | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------|---------|--------|-------|--------|
| | | Agricultura | | Agua | | Bosque | | No vegetado | | Pastura | | VNNB | |
| | | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 |
| 2010 | Agricultura | 81,80% | 5,20% | 0,02% | 0,01% | 0,67% | 0,45% | 0,01% | 0,00% | 8,56% | 2,43% | 0,48% | 0,37% |
| | Agua | 0,26% | 0,28% | 22,64% | 36,52% | 2,55% | 15,38% | 2,35% | 2,02% | 0,18% | 0,65% | 4,38% | 12,79% |
| | Bosque | 10,44% | 0,07% | 0,18% | 0,03% | 22,13% | 45,48% | 0,05% | 0,01% | 18,31% | 0,41% | 2,38% | 0,52% |
| | No vegetado | 3,21% | 0,58% | 12,49% | 4,92% | 2,60% | 22,96% | 11,16% | 17,79% | 3,89% | 3,80% | 5,69% | 10,92% |
| | Pastura | 24,88% | 1,54% | 0,03% | 0,00% | 2,47% | 6,32% | 0,05% | 0,01% | 49,80% | 10,42% | 1,95% | 2,52% |
| | VNNB | 15,27% | 0,48% | 0,91% | 0,20% | 2,35% | 27,58% | 0,38% | 0,13% | 19,35% | 6,31% | 7,02% | 20,00% |

3.3 Caracterización del paisaje en base a distintas métricas

En primer lugar, se observó una tendencia similar para todos los índices de paisaje analizados, los cuales mostraron que a medida que aumenta el valor de las clases de paisaje, las mismas presentan una mayor pérdida y fragmentación del bosque (Figura 6). En relación a esto, se observó un aumento en el número de parches (NUMP) en las clases más altas, así como también un aumento en el coeficiente de variación del tamaño de parche (TPACV) y en la relación perímetro/área (RPAR). Por su parte, el porcentaje de paisaje (PPAI) y el tamaño efectivo de malla (TEMA) disminuyeron en las clases más altas, explicado por el aumento en la pérdida de bosque y una mayor fragmentación respectivamente. De igual manera, se observó el tamaño mediano de parche (TMPA), en donde las clases más altas presentan valores muy

bajos, explicados por el aumento de la fragmentación y por lo tanto, aumento de parches de menor tamaño.

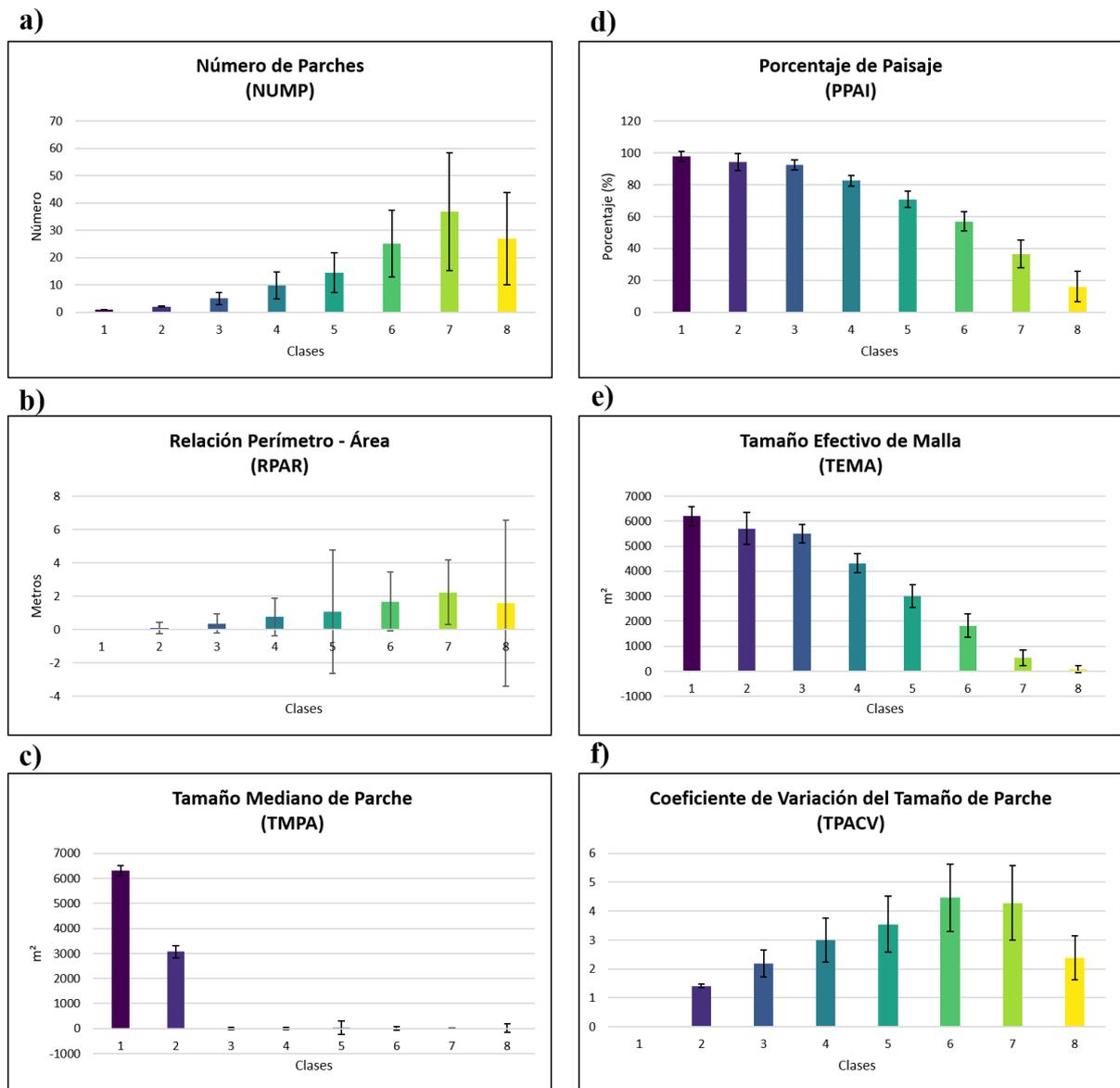


Figura 6: Valores promedio de los diferentes índices de paisaje para las 8 clases de paisaje. **a)** Número de parches **b)** Relación perímetro-área (mts) **c)** Coeficiente de variación del tamaño de parche **d)** Porcentaje de paisaje (%) **e)** Tamaño efectivo de malla (m²) **f)** Tamaño mediano de parche (m²).

Analizando las transiciones de clases de paisaje en el periodo 2010-2017 (Figura 7), se observó que en términos absolutos hubo muy poco cambio de paisaje, ya que la clase que más cambió lo hizo en una disminución del 3%. Sin embargo, se registraron muchas pero pequeñas

transiciones entre paisajes en proporciones similares (pérdidas similares a ganancias), lo cual generó una reorganización espacial de los paisajes. La clase 1 fue la que se encontró en mayor proporción en ambos años, sin embargo, también fue la que más disminuyó en el periodo. Por su parte, la clase 2 mantuvo su proporción en ambos años y las clases 3, 4 y 5 disminuyeron en un 1%, mientras que las clases 6, 7, y 8 aumentaron todas en un 1%. En el caso de las clases 2 y 3 fue mayor el porcentaje de transición hacia clases más bajas (de menor fragmentación) que hacía clases más altas, y caso contrario ocurre en las clases 4, 5, 6 y 7 donde hubo un predominio de aumento de la fragmentación.

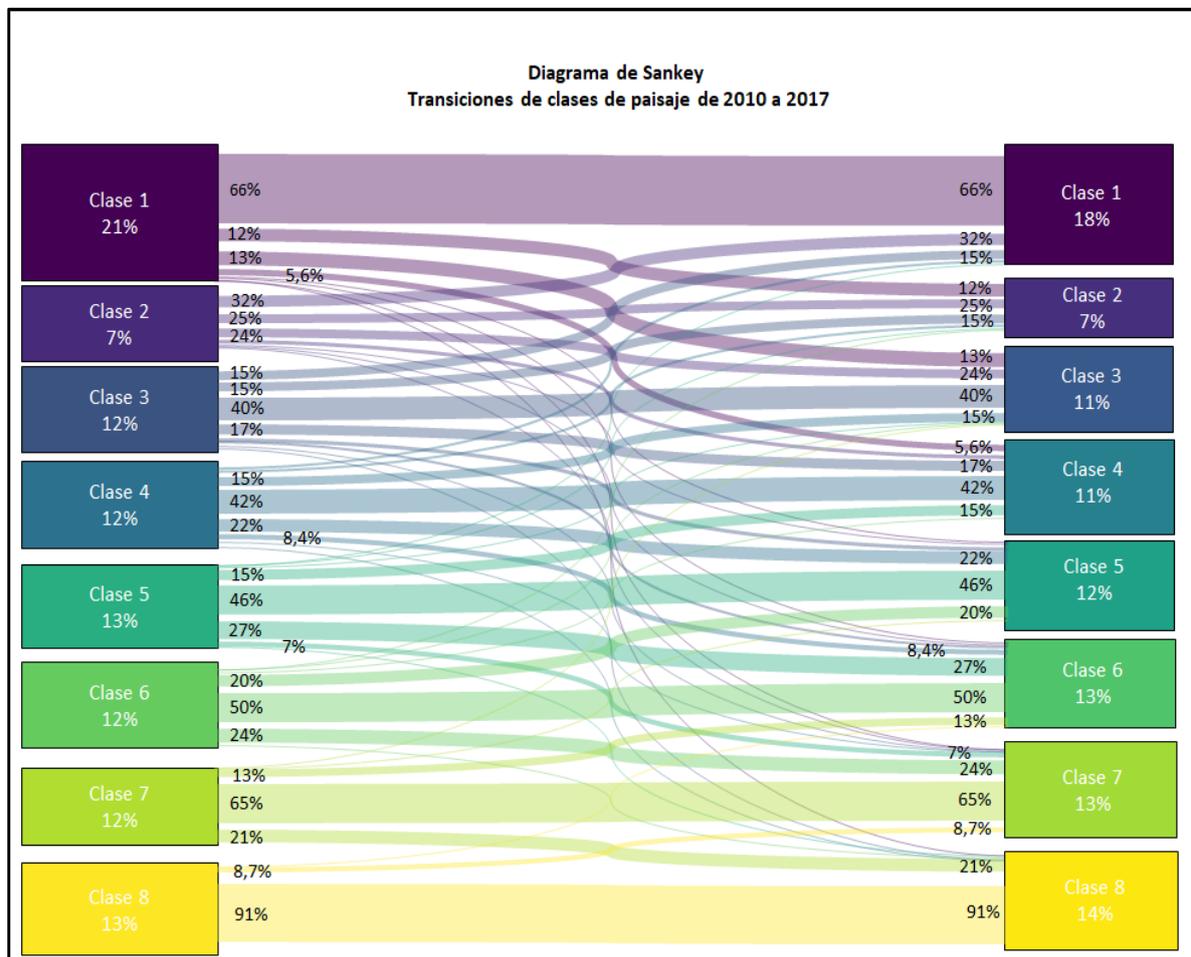


Figura 7: Diagrama de Sankey representando los diferentes flujos de transiciones entre clases de paisaje para el periodo 2010-2017. Las líneas entre las mismas clases indican que no hubo cambios de paisaje, mientras que las líneas entre clases diferentes indican el flujo de las transiciones. El grosor de las líneas indica la magnitud del flujo, representado también por el porcentaje en cada una de ellas. Las etiquetas de todas aquellas transiciones que representan menos del 5,5% fueron quitadas.

En cuanto a la distribución de las diferentes clases de paisaje en el área de estudio, se observó en el 2017 un leve aumento general de los paisajes más fragmentados, representados con colores claros (Figura 8). Estos paisajes más fragmentados aumentaron su distribución desde el este y oeste hacia el centro del área de estudio, comprendido principalmente en las provincias de Salta, Chaco, Santiago del Estero y Córdoba. Por otra parte, los paisajes menos fragmentados, se encontraron distribuidos principalmente en el centro del área de estudio, con un mayor predominio en el norte, donde se pueden observar los colores más oscuros.

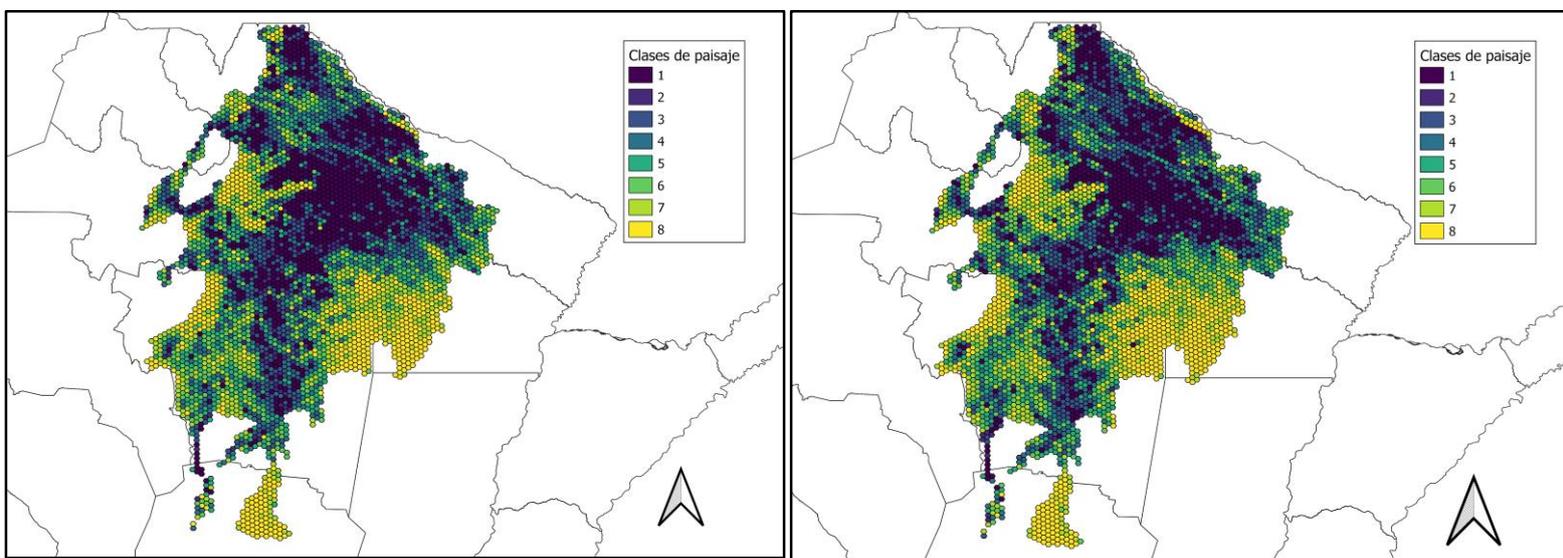


Figura 8: Clases de paisaje correspondientes para cada una de las celdas de la grilla de paisaje para los años 2010 (izquierda) y 2017 (derecha). Cada clase de paisaje está representada por un color diferente, siendo los colores más oscuros los correspondientes a menor fragmentación y mayor proporción de bosque y caso contrario los colores más claros.

En cuanto al cambio de clases de paisajes entre los años 2010 y 2017 en función a su composición y configuración, se observó una distribución bastante homogénea de los paisajes que cambiaron y que no cambiaron durante el periodo de análisis para toda el área de estudio (Figura 9). De los 4409 paisajes, 2461 (el 56%) no tuvieron cambios temporales, es decir, no cambiaron de clase de paisaje durante el periodo de análisis. La región sur de la provincia de Chaco y la porción del área de estudio perteneciente a la provincia de Córdoba mostraron los

principales focos de no cambio de clase de paisaje. A su vez, hubo dos pequeños focos de cambio de clase en el norte de la provincia de Salta y centro oeste de Chaco.

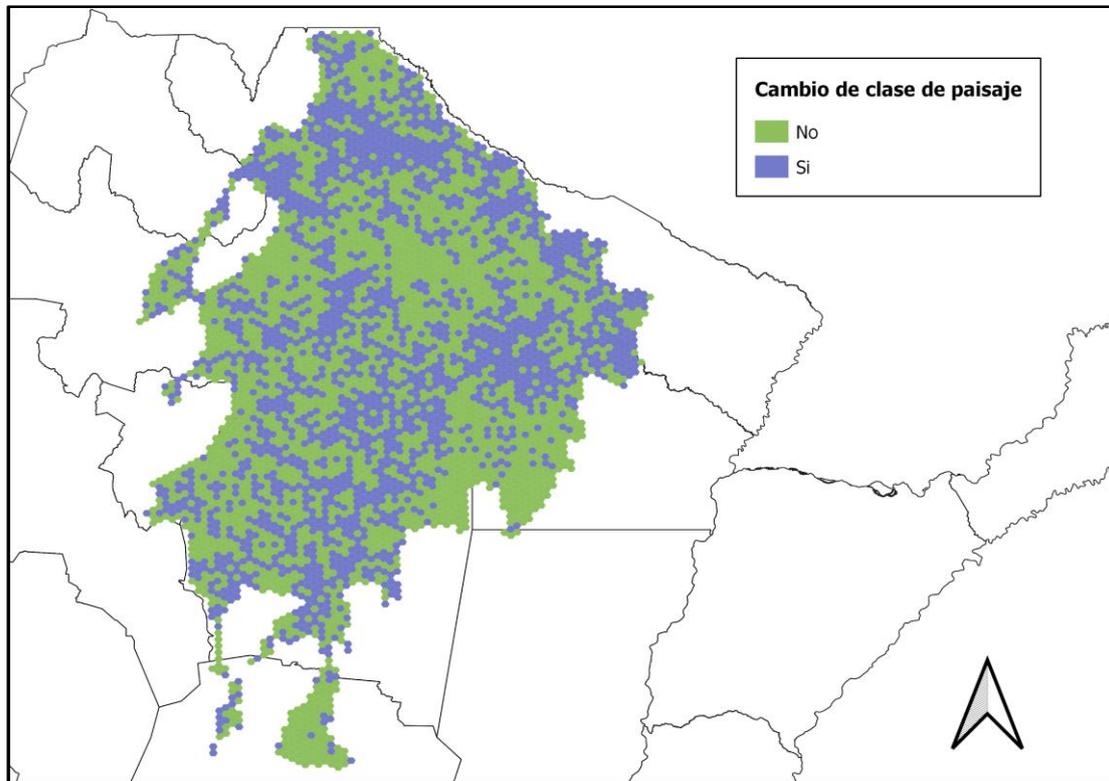


Figura 9: Área de estudio representada por las celdas de paisaje que cambiaron de clase de paisaje (violeta) en cuanto a composición y configuración durante el periodo 2010 - 2017 y aquellos que no cambiaron de clase de paisaje (verde).

3.4 Análisis del IPSE en base a variables de composición y configuración del paisaje.

Del análisis de correlación de Pearson entre las variables de paisaje (Tabla 6 Anexo), resultó que el tamaño efectivo de malla (TEMA) se correlacionó fuertemente con casi todas las variables, excepto con TPACV y RPAR. Estas dos no resultaron significativas y, por lo tanto, fueron excluidas. De esta manera, se seleccionó la variable TEMA como la más representativa y que mejor resume todas las variables de paisaje.

Como resultado del modelo (Tabla 6), resultó que todas las variables explicativas analizadas fueron significativas para explicar la variabilidad del IPSE a escala de paisaje

($p < 0,0001$). Al estar estandarizadas las variables, el valor del estimador hace referencia a la magnitud del efecto que tiene cada una de ellas sobre el IPSE. De esta manera, se observó que el IPSE fue afectado significativamente por la precipitación ($\beta_1 = 0,035$), por lo que aquellos sitios donde las precipitaciones son mayores, hay una mayor provisión de servicios ecosistémicos. Por otra parte, como se mencionó en resultados anteriores, las pasturas y la agricultura han aumentado su proporción en el paisaje en los últimos años y las mismas mostraron a través de este modelo, efectos significativos negativos sobre el IPSE. Sin embargo, se puede identificar un efecto mayormente negativo de la agricultura (-0,085) que de la pastura (-0,013). De esta manera, el aumento en el paisaje en una unidad de agricultura tiene un peso en la disminución del IPSE de casi 7 veces mayor que un aumento en la misma proporción de las pasturas ($0,085/0,013 = 6,53$). Por último, en aquellos paisajes que presentan la misma composición del paisaje en cuanto a los diferentes elementos que lo componen (pastura, agricultura y bosque), pero configuraciones diferentes (mayor tamaño de parches de bosque y menor fragmentación entre ellos) el tamaño efectivo de malla (TEMA) mostró un efecto positivo sobre el IPSE.

Tabla 5: Número total de paisajes utilizados en el modelo y coeficiente de determinación.

| n | R² |
|----------|----------------------|
| 2445 | 0,8449918 |

Tabla 6: Resultados del modelo lineal general y mixto, el cual consideró la correlación espacial entre los paisajes a través de la función CorRatio. Cada una de las variables se encuentra estandarizada.

| | Estim | E.E | T | p-valor |
|------------------------------|--------------|------------|----------|----------------|
| (Intercept) | 0,526 | 0,001 | 365,511 | <0,0001 |
| Pasturas 2017 | -0,013 | 0,001 | -7,825 | <0,0001 |
| Agricultura 2017 | -0,085 | 0,002 | -40,658 | <0,0001 |
| PP promedio 2000-2017 | 0,035 | 0,001 | 25,962 | <0,0001 |
| TEMA 2017 | 0,039 | 0,002 | 15,841 | <0,0001 |

4. DISCUSIÓN

4.1. Coberturas del suelo y transiciones entre usos

La vegetación original del Chaco, particularmente los bosques secos, ha sido rápidamente reemplazada por extensas tierras de cultivo y pastos en una tasa alarmante (Volante *et al.*, 2012; Hansen *et al.*, 2013). Así como en el periodo 1976 a 2012 se revelaron tendencias crecientes de las tasas de deforestación (Vallejos *et al.*, 2015), nuestro estudio mostró una continuación de la deforestación para el periodo 2010-2017, con una reducción de la superficie de bosque aproximada de 753.342 ha. Las coberturas del suelo y las transiciones entre usos del sector del Chaco analizado mostraron una dinámica fuertemente asociada con los cambios en los usos del suelo de los últimos tiempos (Vallejos *et al.* 2015). Los resultados de este trabajo mostraron grandes disminuciones en la proporción de bosques a costas de aumentos de la agricultura y las pasturas. Las extensas áreas con condiciones adecuadas para la ganadería de pastoreo y la agricultura de esta zona (Grau *et al.*, 2005), junto con el aumento de los precios de estos productos en los últimos años (Gasparri *et al.*, 2013), la disponibilidad de paquetes tecnológicos (Grau *et al.*, 2005; Gasparri & Grau, 2009) y los aumentos regionales de la precipitación (Minetti & Lamelas, 1995) fueron las causas de estos fuertes cambios en las coberturas y usos del suelo, explicando así los aumentos en la deforestación. A pesar de estas pérdidas de bosque, este tipo de vegetación tuvo a su vez ciertas ganancias, principalmente por parte de la transformación de la vegetación natural no boscosa (511.169 has) y de pasturas (477.895 has), lo cual puede estar asociado con dos posibles hechos: por un lado, que gran parte de esas tierras estén ubicadas en áreas con limitaciones topográficas, edáficas o climáticas para la producción agropecuaria lo cual deriva en el abandono agrícola, iniciando así un proceso de regeneración natural del bosque, llamado bosque secundario (Basualdo *et al.*, 2019).

Por otro lado, la implementación de la Ley de Protección de Bosques Nativos Ley N° 26.331 a partir de noviembre de 2007 (Vallejos *et al.*, 2015).

4.2. Análisis del IPSE y su tendencia en el periodo 2001-2019

El Índice de Provisión de Servicios Ecosistémicos provee información importante sobre los cambios espaciales y temporales en la provisión de SE. Dicha información es crítica en el diseño, implementación y monitoreo de políticas ambientales. El mapeo de las tendencias en el índice permite identificar áreas donde los cambios potenciales en la provisión de servicios ecosistémicos merecen una atención particular (Paruelo *et al.*, 2016). En el análisis de las tendencias del IPSE en este trabajo, resultó que del 25% de las tendencias que fueron significativas en el periodo analizado (2001-2019), el 66,8% fueron negativas y el 33,2% positivas. Al comparar nuestros resultados con los de Paruelo *et. al* 2016, donde los mismos mostraron que el 93,2% de las tendencias significativas fueron negativas y solo el 6,8% positivas, se puede ver que nuestro trabajo mostró un porcentaje de tendencias negativas considerablemente menor, sin embargo, se trata de un área de estudio notablemente más chica, ya que en las estadísticas de Paruelo y colaboradores se incluye también a los pastizales del Río de la Plata.

Por otro lado, dentro del periodo que se analizó en este trabajo (2000-2017), se observó que las zonas con mayor cantidad de píxeles con tendencia negativa fueron aquellas que pasaron hacia agricultura y pastura en el año 2017, lo cual es semejante a lo obtenido por Paruelo *et al.* (2016), donde las áreas con valores bajos de IPSE se correspondieron a los focos agrícolas. En la situación donde los píxeles mostraron tendencias positivas, se trató de un caso particular en el trabajo de Paruelo y colaboradores: la transición de los pastizales a plantaciones

de árboles (transición de forestación), lo cual es equivalente a nuestros resultados donde la mayor parte de los píxeles que mostraron tendencias positivas correspondieron a sitios donde pasaron a ser bosque en el 2017, seguido de transiciones a vegetación natural no boscosa.

4.3. Caracterización del paisaje en base a distintas métricas

Los paisajes analizados en el área de estudio mostraron para el 2017 un leve aumento general de paisajes más fragmentados, los cuales se encontraron distribuidos principalmente en el este de la región para el 2010 y aumentaron su distribución hacia el centro del área de estudio para el 2017. Estos resultados concuerdan con el análisis de escenarios futuros realizado por Piquer-Rodriguez et al. (2015), el cual mostró que, si la Ley Forestal se implementaba según lo planeado, el área forestal y la conectividad en la región disminuirían drásticamente. Sus resultados evaluados a partir de tres conjuntos de escenarios futuros posibles que diferían en la cantidad supuesta de conversión de bosques, mostraron que el este del Chaco experimentó el mayor grado de fragmentación para todos los escenarios debido a la distribución espacial del bosque en pequeños fragmentos y en campos agrícolas históricamente más pequeños en esta área. Por otro lado, el grado más bajo de fragmentación se ubicó en el noroeste de la región, donde se ubican grandes parches de bosque, semejante con nuestros resultados que mostraron una distribución de los paisajes menos fragmentados en el centro y norte del área de estudio. En relación a dicho aumento de paisajes más fragmentados, se observó un aumento en el número de parches (NUMP), en el coeficiente de variación del tamaño de parche (TPACV) y en la relación perímetro/área (RPAR), debido al aumento de las clases de paisajes más altas. Por su parte, el porcentaje de paisaje (PPAI) y el tamaño efectivo de malla (TEMA) disminuyeron, explicado por el aumento en la pérdida de bosque y una mayor fragmentación. De igual manera, se observó el tamaño mediano de parche (TMPA), en donde las clases más altas presentan valores muy bajos, explicados por el aumento de la

fragmentación y, por lo tanto, aumento de parches de menor tamaño. Todos estos cambios, como el área transformada total, el tamaño de los parches deforestados, el borde total y la forma de los parches tienen un gran impacto en el funcionamiento del ecosistema (Volante *et al.*, 2012), en las poblaciones locales (Macchi *et al.*, 2013) y sobre el clima local (Camargo y Kapos, 1995; Alcaraz Segura *et al.*, 2013).

Por otra parte, para el área del Chaco semiárido analizado se observó un proceso de homogeneización, es decir, una reducción de la variabilidad entre paisajes en sus niveles de fragmentación del bosque. Nuestros resultados mostraron que más del 50% de los paisajes analizados no tuvieron cambios temporales en el periodo 2010-2017. Además, en el análisis de las transiciones de clases de paisaje de dicho periodo, se registraron muchas pero pequeñas transiciones (pérdidas y ganancias) entre paisajes en proporciones similares, lo cual generó una reorganización espacial de los paisajes, sin generar grandes heterogeneidades entre ambos años del periodo.

4.4. Análisis del IPSE en base a variables de composición y configuración del paisaje.

Nuestros resultados comprobaron cómo ciertos factores ambientales (en este caso la precipitación) y los patrones de uso y cobertura de la tierra influyen en el índice de provisión de servicios ecosistémicos. Paruelo y colaboradores (2016) han encontrado resultados similares para el periodo 2000-2014, donde la porción oriental tanto de los bosques del Chaco como de los Pastizales del Río de la Plata presentaron áreas con valores altos del IPSE asociados a los valores más altos de precipitación (que aumentan la media del NDVI) y de temperatura (que disminuyen el CV del NDVI) del gradiente regional (Paruelo *et al.*, 2016). Nuestros resultados apoyan los mismos, ya que observamos que el IPSE fue afectado positiva y significativamente

por la precipitación, demostrando que aquellos sitios donde las precipitaciones son mayores, hay una mayor provisión de servicios ecosistémicos.

La expansión e intensificación agrícola que está ocurriendo en la región del Chaco está incrementando exponencialmente la producción de commodities, pero también tiene importantes efectos ecológicos negativos, comprometiendo la sostenibilidad de la producción y la provisión de servicios ecosistémicos (Paruelo *et al.*, 2011). El presente trabajo demostró cómo las actividades agrícolas y ganaderas han aumentado fuertemente su distribución en el Chaco Seco y, a su vez, el efecto negativo que las mismas tienen sobre la provisión de servicios ecosistémicos, donde la agricultura manifestó un impacto de casi 7 veces mayor sobre el IPSE que las pasturas. De esta manera, las prácticas modernas de uso de la tierra agrícola pueden intercambiar aumentos a corto plazo en la producción de alimentos por pérdidas a largo plazo en los servicios de los ecosistemas, incluidos muchos que son importantes para la agricultura, como es el caso de la polinización (Foley *et al.*, 2005).

5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, S., Texeira, M., Paruelo, J. M., & Román, M. E. (2016). Conflictos por la tenencia de la tierra en la provincia de Santiago Del Estero. Su relación con los cambios en el uso de la tierra. M. Román y MC González (Coords.), Transformaciones agrarias argentinas durante las últimas décadas: una visión desde Santiago del Estero y Buenos Aires, 199-225.
- Alcaraz-Segura, D., Cabello, J., & Paruelo, J. (2009). Baseline characterization of major Iberian vegetation types based on the NDVI dynamics. *Plant Ecology*, 202(1), 13-29.
- Alcaraz-Segura, D., Paruelo, J. M., Epstein, H. E., & Cabello, J. (2013). Environmental and human controls of ecosystem functional diversity in temperate South America. *Remote Sensing*, 5(1), 127-154.
- Baeza, S., Paruelo, J. M., & Altesor, A. (2006). Caracterización funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de sensores remotos. *Interciencia*, 31(5), 382-388.
- Baldassini, P. (2018). Provisión de Servicios Ecosistémicos en el Chaco Semiárido: efectos de los cambios en el uso del suelo y la variabilidad climática sobre la dinámica del carbono.
- Baldi, G., Volante, J. N., & Paruelo, J. M (2019). Los cucos y el paisaje. En: El lugar de la naturaleza en la toma de decisiones. Servicios Ecosistémicos y Ordenamiento Territorial Rural (Paruelo, J.M & Littera, P., Eds.). Ediciones CICCUS.
- Basualdo, M., Huykman, N., Volante, J. N., Paruelo, J. M., & Piñeiro, G. (2019). Lost forever? Ecosystem functional changes occurring after agricultural abandonment and forest recovery in the semiarid Chaco forests. *Science of The Total Environment*, 650, 1537-1546.
- Bravo, G., Bianchi, A., Volante, J., Alderete Salas, S., Sempronii, G., Vicini, L. & Piccolo, A. (1999). Regiones Agro-económicas del Noroeste Argentino. Primeras Jornadas de SIG. INTA-UNSE Gobierno Santiago del Estero, Santiago del Estero.
- Brown, A. D., & Pacheco, S. (2005). Propuesta de actualización del mapa ecorregional de la Argentina. La situación ambiental argentina, 28-31. A. D. Brown, U. Martínez Ortíz, M. Acerbi y J. Corcuera. Buenos Aires, (Fundación Vida Silvestre Argentina).

- Cáceres, D. M. (2015). Accumulation by Dispossession and Socio-Environmental Conflicts Caused by the Expansion of Agribusiness in Argentina. *Journal of Agrarian Change*, 15(1), 116-147.
- Camargo, J. L. C., & Kapos, V. (1995). Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 205-221.
- Camba Sans, G. H. (2021). Contribución de las cortinas forestales a la conectividad del bosque y sus efectos sobre el funcionamiento del ecosistema en el Chaco semiárido. En prensa.
- Carrara, E., Arroyo-Rodríguez, V., Vega-Rivera, J. H., Schondube, J. E., de Freitas, S. M., & Fahrig, L. (2015). Impact of landscape composition and configuration on forest specialist and generalist bird species in the fragmented Lacandona rainforest, Mexico. *Biological Conservation*, 184, 117-126.
- Carreño, L., & Viglizzo, E. F. (2007). Provisión de servicios ecológicos y gestión de los ambientes rurales en Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina).
- Correa, J. J., Volante, J. N., & Seghezzo, L. (2012). Análisis de la fragmentación y la estructura paisaje en bosques nativos del norte argentino.
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108-1111.
- Chiossone, J. L., Vicini, R. A., Jacquet, A., & Misi, S. O. (2014). Comportamiento de Gaton Panic en Chaco (Argentina), mejoramiento en la utilización con suplementación y confinamiento en autoconsumo de silajes. In XXII Congreso Internacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Consorcios de Ganaderos para Experimentación Agropecuaria (Vol. 3).
- Daily, G. C. (1997). Introduction: what are ecosystem services. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, 1(1).
- Di Bella, C. M., Paruelo, J. M., Becerra, J. E., Bacour, C., & Baret, F. (2004). Effect of senescent leaves on NDVI-based estimates of f APAR: Experimental and modelling evidences. *International Journal of Remote Sensing*, 25(23), 5415-5427.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515.

- Foley, J.A., R. De Fries, R., G.P. Asner, C. Barford., G. Bonan, S.R. Carpenter., F.S. Chapin, M.T. Coe, G.C. Daily, H.K. Gibbs, J.H. Helkowski, T. Holloway, E.A. Howard, C.J. Kucharik, C. Monfred, J.A. Patz, I.C. Prentice, N. Ramankutty y P.K. Snyder. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574.
- Garbulsky, M. F., & Paruelo, J. M. (2004). Remote sensing of protected areas to derive baseline vegetation functioning characteristics. *Journal of Vegetation Science*, 15(5), 711-720.
- Gasparri, N. I., & Grau, H. R. (2005). Patrones regionales de deforestación en el subtropical argentino y su contexto ecológico y socioeconómico. *Situación Ambiental Argentina*, 442-446.
- Gasparri, N. I., & Grau, H. R. (2009). Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972–2007). *Forest ecology and Management*, 258(6), 913-921.
- Gasparri, N. I., Grau, H. R., & Angonese, J. G. (2013). Linkages between soybean and neotropical deforestation: coupling and transient decoupling dynamics in a multi-decadal analysis. *Global Environmental Change*, 23(6), 1605-1614.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Grau, H. R., Gasparri, N. I., & Aide, T. M. (2005). Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation*, 32(2), 140-148.
- Grau, H. R., Gasparri, N. I., & Aide, T. M. (2008). Balancing food production and nature conservation in the Neotropical dry forests of northern Argentina. *Global Change Biology*, 14(5), 985-997.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G. (2013). High-resolution global maps of 21st-Century Forest cover change. *Science* 342(6160), 850-853.
- Informe final del trabajo realizado por la Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA) y la Facultad de Agronomía – UBA: “Situación ambiental argentina” (2016). Milkovic, M., Michelson, A., Miñarro, F., Lanz, I., Jaramillo M., Paruelo, J. M.

- Kuemmerle, T., Altrichter, M., Baldi, G., Cabido, M., Camino, M., Cuellar, E., & Gavier-Pizarro, G. (2017). Forest conservation: remember gran chaco. *Science*, 355(6324), 465-465.
- Kunst, C., Ledesma, R., Castañares, M., Cornacchione, M., Van Meer, H., & Godoy, J. (2014). Yield and growth features of *Panicum maximum* (Jacq.) var *Trichoglume* cv Petrie (Green Panic) under woody cover, Chaco region, Argentina. *Agroforestry systems*, 88(1), 157-171.
- Lambin, E. F., Gibbs, H. K., Ferreira, L., Grau, R., Mayaux, P., Meyfroidt, P., Morton, D.C., Rudel, T. K., Gasparri, I. & Munger, J. (2013). Estimating the world's potentially available cropland using a bottom-up approach. *Global environmental change*, 23(5), 892-901.
- Macchi, L., Grau, H. R., Zelaya, P. V., & Marinaro, S. (2013). Trade-offs between land use intensity and avian biodiversity in the dry Chaco of Argentina: A tale of two gradients. *Agriculture, ecosystems & environment*, 174, 11-20.
- Minetti, J. L., & Lamelas, C. M. (1995). Respuesta regional de la soja en Tucumán a la variabilidad climática. *Rev. Ind. Agric. Tucuman*, 72, 63-68.
- Minetti, J.L., (1999). Atlas Climático del Noroeste Argentino. Laboratorio Climatológico Sudamericano. Fundación Zona Caldenius, Tucuman, Argentina.
- Monitoreo de desmontes en el Chaco Seco. En línea (08-09-017). <http://monitoreodesmonte.com.ar>
- Morello, J., Pengue, W., & Rodríguez, A. (2005). Un siglo de cambios de diseño del paisaje: el Chaco Argentino. *Primeras Jornadas Argentinas de Ecología del Paisaje*, 1-31.
- Morello, J., Matteucci, S., Rodríguez, A., & Silva, M. (2012). Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires.
- Nolte, C., Gobbi, B., de Waroux, Y. L. P., Piquer-Rodríguez, M., Butsic, V., & Lambin, E. F. (2017). Decentralized land use zoning reduces large-scale deforestation in a major agricultural frontier. *Ecological Economics*, 136, 30-40.
- Oyarzabal, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo H. M., Aragón, R., Campanello, P. I., Prado, D., Oesterheld, M. & León, R. J. C. (2018). Vegetation units of Argentina. *Ecología Austral*, 28(01), 040-063.

- Paolasso, P., Krapovickas, J., & Gasparri, N. I. (2012). Deforestación, expansión agropecuaria y dinámica demográfica en el Chaco Seco Argentino durante la década de los noventa. *Latin American Research Review*, 35-63.
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Piñeiro, G., Jobbagy, 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-Sitio en Reparación*, 10(2), 47-61.
- Paruelo, J. M. (2011). Valoración de Servicios Ecosistémicos y Planificación del Uso del Territorio ¿Es necesario hablar de dinero? [Capítulo 5]. *Valoración de Servicios Ecosistémicos: Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. MAGyP.
- Paruelo, J. M., Texeira, M. & Staiano, L. (2015). *La salud de nuestra tierra*. Los humanos nos beneficiamos diariamente de los servicios que nos brinda nuestro Planeta. El rol y la importancia de las áreas protegidas. *Revista Vida Silvestre* N° 132, julio–septiembre de 2015. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Paruelo, J. M., Texeira, M., Staiano, L., Mastrángelo, M., Amdan, L., & Gallego, F. (2016). An integrative index of Ecosystem Services provision based on remotely sensed data. *Ecological indicators*, 71, 145-154.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9), 503-510.
- Piquer-Rodríguez, M., Torella, S., Gavier-Pizarro, G., Volante, J., Somma, D., Ginzburg, R., & Kuemmerle, T. (2015). Effects of past and future land conversions on forest connectivity in the Argentine Chaco. *Landscape Ecology*, 30(5), 817-833.
- Prado, D. E. (1993). What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. *V. Candollea* 48(1), 145-17.
- Sans, G. H. C., Aguiar, S., Vallejos, M., & Paruelo, J. M. (2018). Assessing the effectiveness of a land zoning policy in the Dry Chaco. The Case of Santiago del Estero, Argentina. *Land Use Policy*, 70, 313-321.
- Staiano, L., Sans, G. H. C., Baldassini, P., Gallego, F., Texeira, M. A., & Paruelo, J. M. (2020). Putting the Ecosystem Services idea at work: Applications on impact assessment and territorial planning. *Environmental Development*, 100570.

- Stoms, D. M., & Hargrove, W. W. (2000). Potential NDVI as a baseline for monitoring ecosystem functioning. *International Journal of Remote Sensing*, 21(2), 401-407.
- Tiftonell, P. A., De Grazia, J., De Hek, S., & Bricchi, E. (2006). Exploring land use scenarios by long-term simulation of soil organic matter in central Argentina. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(4), 381-389.
- Vallejos, M., Volante, J. N., Mosciaro, M. J., Vale, L. M., Bustamante, M. L., & Paruelo, J. M. (2015). Transformation dynamics of the natural cover in the Dry Chaco ecoregion: a plot level geo-database from 1976 to 2012. *Journal of Arid Environments*, 123, 3-11.
- Volante, J. N., Alcaraz-Segura, D., Mosciaro, M. J., Viglizzo, E. F., & Paruelo, J. M. (2012). Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 12-22.
- Volante, J. N., Mosciaro, M. J., Gavier-Pizarro, G. I., & Paruelo, J. M. (2016). Agricultural expansion in the Semiarid Chaco: Poorly selective contagious advance. *Land use policy*, 55, 154-165.
- Volante, J. N., & Seghezzo, L. (2018). Can't see the forest for the trees: can declining deforestation trends in the Argentinian Chaco Region be ascribed to efficient law enforcement?. *Ecological Economics*, 146, 408-413.

6. ANEXO

Tabla 1 Anexo: Superficie en hectáreas ocupada por cada uno de los tipos de vegetación (Bosque, Vegetación natural no boscosa, Pastura, Agricultura, No vegetado y Agua) en los años 2010 y 2017 para todo el área de estudio.

| Clase | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto al 2010 |
|--------------------------------------|------------|------------|----------------------|------------------------------|
| Bosque | 20.725.239 | 19.971.897 | -753.343 | -3,6 |
| Vegetación natural no boscosa | 1.847.530 | 1.483.851 | -363.679 | -19,7 |
| Pastura | 3.355.621 | 3.965.569 | 609.948 | 18,2 |
| Agricultura | 4.322.125 | 4.835.883 | 513.758 | 11,9 |
| No vegetado | 96.271 | 77.193 | -19.078 | -19,8 |
| Agua | 95.196 | 107.590 | 12.394 | 13,0 |

Tabla 2A Anexo: Superficie en hectáreas ocupada por cada uno de los tipos de vegetación (Bosque, Vegetación natural no boscosa, Pastura, Agricultura, No vegetado y Agua) en los años 2010 y 2017 para la unidad de vegetación de Bosque de xerófitas con *Schinopsis lorentzii* (Chaco Semiárido).

| Clase | Chaco Semiárido | | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------|----------------------|---------------------------|
| | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 |
| Bosque | 16.515.347 | 15.967.165 | -548.182 | -3,3 |
| Vegetación natural no boscosa | 1.349.289 | 1.124.209 | -225.080 | -16,7 |
| Pastura | 2.486.817 | 2.997.233 | 510.416 | 20,5 |
| Agricultura | 2.609.885 | 2.877.841 | 267.956 | 10,3 |
| No vegetado | 91.660 | 73.981 | -17.679 | -19,3 |
| Agua | 78.685 | 91.254 | 12.569 | 16,0 |

Tabla 2B Anexo: Superficie en hectáreas ocupada por cada uno de los tipos de vegetación (Bosque, Vegetación no boscosa, Pastura, Agricultura, No vegetado y Agua) en los años 2010 y 2017 para la unidad de vegetación de Bosque de xerófitas con *Schinopsis balansae* y *Schinopsis lorentzii*, y Pastizal (Chaco Subhúmedo).

| Clase | Chaco Subhúmedo | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|----------------------|---------------------------|
| | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 |
| Bosque | 4.210.622 | 4.005.484 | -205.138 | -4,9 |
| Vegetación natural no boscosa | 498.190 | 359.639 | -138.550 | -27,8 |
| Pastura | 868.744 | 968.320 | 99.577 | 11,5 |
| Agricultura | 1.711.599 | 1.957.285 | 245.685 | 14,4 |
| No vegetado | 4.628 | 3.226 | -1.402 | -30,3 |
| Agua | 16.517 | 16.345 | -172 | -1,0 |

Tabla 3 Anexo: Superficie en hectáreas ocupada por cada uno de los tipos de vegetación (Bosque, Vegetación natural no boscosa, Pastura, Agricultura, No vegetado y Agua) en los años 2010 y 2017 para las isohietas de 450 a 1150 mm.

| Isohietas | Área (ha) | Bosque | | | | Vegetación natural no boscosa | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|---------|----------------------|------------------------------|
| | | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto al 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto al 2010 |
| 450 | 541.700 | 371.456 | 366.890 | -4.565 | -1,2 | 52.231 | 56.507 | 4.276 | 8,2 |
| 550 | 3.994.083 | 2.879.044 | 2.807.942 | -71.102 | -2,5 | 316.148 | 208.465 | -107.683 | -34,1 |
| 650 | 12.639.715 | 9.269.187 | 8.797.310 | -471.877 | -5,1 | 723.005 | 557.439 | -165.566 | -22,9 |
| 750 | 5.408.138 | 3.170.406 | 3.074.216 | -96.190 | -3,0 | 252.672 | 223.073 | -29.599 | -11,7 |
| 850 | 3.040.960 | 2.092.017 | 2.017.069 | -74.948 | -3,6 | 117.732 | 125.501 | 7.768 | 6,6 |
| 950 | 2.600.550 | 1.695.831 | 1.640.155 | -55.676 | -3,3 | 120.741 | 113.677 | -7.064 | -5,9 |
| 1050 | 1.681.040 | 978.081 | 1.014.477 | 36.396 | 3,7 | 196.006 | 132.708 | -63.298 | -32,3 |
| 1150 | 407.229 | 235.192 | 216.777 | -18.414 | -7,8 | 36.683 | 39.371 | 2.689 | 7,3 |

| Isohietas | Área (ha) | Pasturas | | | | Agricultura | | | |
|-----------|------------|-------------|-----------|----------------------|------------------------------|-------------|-----------|----------------------|------------------------------|
| | | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto al 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto al 2010 |
| 450 | 541.700 | 98.502 | 97.739 | -763 | -0,77 | 8.979 | 11.063 | 2.085 | 23,2 |
| 550 | 3.994.083 | 561.716 | 714.254 | 152.538 | 27,16 | 187.505 | 213.326 | 25.820 | 13,8 |
| 650 | 12.639.715 | 1.202.655 | 1.632.386 | 429.732 | 35,73 | 1.407.802 | 1.615.520 | 207.718 | 14,8 |
| 750 | 5.408.138 | 553.960 | 586.415 | 32.455 | 5,86 | 1.390.182 | 1.480.442 | 90.260 | 6,5 |
| 850 | 3.040.960 | 312.769 | 318.986 | 6.217 | 1,99 | 504.280 | 567.207 | 62.927 | 12,5 |
| 950 | 2.600.550 | 341.570 | 327.960 | -13.610 | -3,98 | 427.773 | 506.849 | 79.076 | 18,5 |
| 1050 | 1.681.040 | 210.621 | 212.282 | 1.661 | 0,79 | 277.573 | 307.156 | 29.583 | 10,7 |
| 1150 | 407.229 | 55.234 | 57.215 | 1.982 | 3,59 | 74.748 | 88.820 | 14.073 | 18,8 |
| Isohietas | Área (ha) | No vegetado | | | | Agua | | | |
| | | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto al 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto al 2010 |
| 450 | 541.700 | 4.432 | 3.971 | -461 | -10,4 | 6.101 | 5.530 | -571 | -9,4 |
| 550 | 3.994.083 | 37.350 | 32.526 | -4.825 | -12,9 | 12.320 | 17.570 | 5.250 | 42,6 |
| 650 | 12.639.715 | 17.992 | 18.004 | 12 | 0,1 | 19.075 | 19.056 | -19 | -0,1 |
| 750 | 5.408.138 | 13.561 | 10.219 | -3.343 | -24,6 | 27.358 | 33.773 | 6.416 | 23,5 |
| 850 | 3.040.960 | 5.576 | 3.118 | -2.458 | -44,1 | 8.585 | 9.079 | 494 | 5,8 |
| 950 | 2.600.550 | 6.002 | 2.641 | -3.361 | -56,0 | 8.633 | 9.268 | 635 | 7,4 |
| 1050 | 1.681.040 | 7.782 | 3.367 | -4.415 | -56,7 | 10.977 | 11.050 | 73 | 0,7 |
| 1150 | 407.229 | 3.042 | 2.765 | -277 | -9,1 | 2.331 | 2.280 | -51 | -2,2 |

Tabla 4 Anexo: Superficie en hectáreas ocupada por cada uno de los tipos de vegetación (Bosque, Vegetación natural no boscosa, Pastura, Agricultura, No vegetado y Agua) en los años 2010 y 2017 para los departamentos presentes en el área de estudio.

| Departamentos | Bosque | | | | Vegetación natural no boscosa | | | | Pasturas | | | |
|---------------------|-----------|-----------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|---------|----------------------|---------------------------|----------|---------|----------------------|---------------------------|
| | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 |
| Catamarca | 5.423 | 6.087 | 664 | 12,2 | 613 | 246 | -367 | -59,88 | 3.523 | 3.888 | 366 | 10,4 |
| La Paz | 1.717 | 2.737 | 1.019 | 59,4 | 518 | 152 | -365 | -70,56 | 1.805 | 1.173 | -632 | -35,0 |
| Santa Rosa | 3.705 | 3.350 | -355 | -9,6 | 95 | 93 | -2 | -1,62 | 1.718 | 2.716 | 998 | 58,1 |
| Chaco | 4.437.099 | 4.311.335 | -125.764 | -2,8 | 246.018 | 196.929 | -49.089 | -19,95 | 605.972 | 637.343 | 31.372 | 5,2 |
| 12 de Octubre | 54.581 | 50.332 | -4.249 | -7,8 | 4.903 | 2.592 | -2.311 | -47,14 | 41.870 | 34.877 | -6.993 | -16,7 |
| 2 de Abril | 16.528 | 16.750 | 222 | 1,3 | 695 | 810 | 115 | 16,48 | 22.984 | 15.956 | -7.027 | -30,6 |
| 25 de Mayo | 1.699 | 1.866 | 167 | 9,8 | 456 | 230 | -226 | -49,55 | 497 | 515 | 18 | 3,6 |
| 9 de Julio | 87.933 | 78.512 | -9.420 | -10,7 | 4.607 | 4.408 | -199 | -4,33 | 35.426 | 33.329 | -2.097 | -5,9 |
| Almirante Brown | 1.452.795 | 1.325.764 | -127.031 | -8,7 | 30.961 | 35.033 | 4.072 | 13,15 | 128.679 | 184.799 | 56.121 | 43,6 |
| Chacabuco | 44.181 | 39.941 | -4.239 | -9,6 | 3.795 | 2.138 | -1.657 | -43,67 | 26.053 | 20.839 | -5.215 | -20,0 |
| Cte. Fernández | 37.698 | 37.707 | 9 | 0,0 | 19.129 | 9.224 | -9.905 | -51,78 | 16.106 | 25.584 | 9.478 | 58,8 |
| F. J. Sta M. de Oro | 15.357 | 21.829 | 6.472 | 42,1 | 5.003 | 6.241 | 1.238 | 24,75 | 57.521 | 45.354 | -12.167 | -21,2 |
| General Belgrano | 31.965 | 29.802 | -2.164 | -6,8 | 1.350 | 3.179 | 1.828 | 135,43 | 25.228 | 27.253 | 2.024 | 8,0 |
| General Güemes | 2.344.348 | 2.349.607 | 5.260 | 0,2 | 90.778 | 64.598 | -26.180 | -28,84 | 98.940 | 114.369 | 15.428 | 15,6 |
| Independencia | 67.711 | 61.861 | -5.849 | -8,6 | 2.201 | 5.275 | 3.073 | 139,59 | 31.003 | 30.122 | -881 | -2,8 |
| Gral San Martín | 112.122 | 135.782 | 23.660 | 21,1 | 47.513 | 33.242 | -14.272 | -30,04 | 35.034 | 29.438 | -5.596 | -16,0 |
| Maipú | 114.711 | 107.539 | -7.172 | -6,3 | 15.267 | 16.454 | 1.187 | 7,77 | 34.585 | 31.639 | -2.946 | -8,5 |
| Luis J. Fontana | 12.963 | 13.782 | 819 | 6,3 | 2.641 | 2.349 | -292 | -11,05 | 26.990 | 20.238 | -6.753 | -25,0 |
| O'Higgins | 37.783 | 35.848 | -1.935 | -5,1 | 12.337 | 7.973 | -4.365 | -35,38 | 23.209 | 19.449 | -3.760 | -16,2 |
| Quitilipi | 333 | 400 | 67 | 20,1 | 509 | 315 | -195 | -38,23 | 156 | 411 | 255 | 163,1 |
| San Lorenzo | 4.391 | 4.011 | -381 | -8,7 | 3.872 | 2.871 | -1.001 | -25,85 | 1.688 | 3.171 | 1.482 | 87,8 |
| Cordoba | 403.880 | 409.948 | 6.068 | 1,5 | 51.047 | 20.942 | -30.105 | -58,97 | 270.513 | 273.347 | 2.834 | 1,0 |
| Cruz del Eje | 14.557 | 16.711 | 2.154 | 14,8 | 635 | 265 | -370 | -58,21 | 7.158 | 5.408 | -1.750 | -24,4 |
| Ischilín | 100.429 | 101.370 | 940 | 0,9 | 6.854 | 1.722 | -5.133 | -74,88 | 79.494 | 82.362 | 2.868 | 3,6 |
| Río Primero | 28.461 | 31.443 | 2.983 | 10,5 | 7.479 | 4.016 | -3.463 | -46,31 | 33.157 | 36.224 | 3.067 | 9,3 |
| Río Seco | 66.506 | 63.278 | -3.229 | -4,9 | 9.382 | 3.906 | -5.476 | -58,37 | 40.877 | 46.228 | 5.351 | 13,1 |
| Sobremonte | 25.440 | 23.384 | -2.056 | -8,1 | 1.253 | 698 | -555 | -44,28 | 16.332 | 18.982 | 2.650 | 16,2 |
| Totoral | 10.081 | 10.723 | 642 | 6,4 | 4.981 | 803 | -4.178 | -83,88 | 21.829 | 17.315 | -4.515 | -20,7 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|----------|-------|---------|---------|----------|--------|-----------|-----------|---------|-------|
| Tulumba | 158.406 | 163.039 | 4.633 | 2,9 | 20.462 | 9.532 | -10.930 | -53,42 | 71.666 | 66.828 | -4.838 | -6,8 |
| Formosa | 2.597.711 | 2.524.476 | -73.235 | -2,8 | 364.529 | 345.044 | -19.485 | -5,35 | 168.980 | 261.326 | 92.346 | 54,6 |
| Bermejo | 1.006.973 | 958.379 | -48.594 | -4,8 | 137.885 | 147.630 | 9.744 | 7,07 | 34.056 | 79.037 | 44.982 | 132,1 |
| Matacos | 382.660 | 391.106 | 8.445 | 2,2 | 8.569 | 7.083 | -1.486 | -17,34 | 13.140 | 6.610 | -6.530 | -49,7 |
| Patiño | 938.967 | 911.718 | -27.249 | -2,9 | 147.765 | 101.371 | -46.394 | -31,40 | 96.783 | 161.862 | 65.079 | 67,2 |
| Ramón Lista | 269.111 | 263.273 | -5.838 | -2,2 | 70.310 | 88.961 | 18.651 | 26,53 | 25.002 | 13.816 | -11.185 | -44,7 |
| Jujuy | 305.613 | 295.282 | -10.331 | -3,4 | 1.625 | 4.512 | 2.887 | 177,69 | 32.465 | 36.839 | 4.375 | 13,5 |
| El Carmen | 22.799 | 23.072 | 273 | 1,2 | 133 | 485 | 351 | 263,19 | 6.609 | 5.558 | -1.052 | -15,9 |
| Ledesma | 19.511 | 21.089 | 1.578 | 8,1 | 138 | 292 | 153 | 110,83 | 1.643 | 658 | -986 | -60,0 |
| San Pedro | 61.476 | 58.560 | -2.915 | -4,7 | 472 | 2.319 | 1.847 | 391,71 | 6.464 | 10.820 | 4.356 | 67,4 |
| Santa Bárbara | 201.828 | 192.561 | -9.267 | -4,6 | 882 | 1.417 | 535 | 60,72 | 17.749 | 19.805 | 2.056 | 11,6 |
| Salta | 5.446.516 | 5.244.700 | -201.815 | -3,7 | 346.437 | 418.957 | 72.521 | 20,93 | 826.414 | 903.802 | 77.388 | 9,4 |
| Anta | 1.152.416 | 1.009.829 | -142.587 | -12,4 | 17.750 | 28.367 | 10.617 | 59,82 | 307.189 | 403.910 | 96.721 | 31,5 |
| Capital | 110.584 | 109.943 | -642 | -0,6 | 9.764 | 11.093 | 1.329 | 13,61 | 14.648 | 17.655 | 3.007 | 20,5 |
| Cerrillos | 23.522 | 22.991 | -531 | -2,3 | 3.391 | 6.054 | 2.663 | 78,53 | 10.137 | 5.930 | -4.207 | -41,5 |
| Chicoana | 34.981 | 35.397 | 416 | 1,2 | 7.177 | 8.651 | 1.475 | 20,55 | 8.523 | 4.526 | -3.997 | -46,9 |
| General Güemes | 79.457 | 77.996 | -1.461 | -1,8 | 1.719 | 3.703 | 1.984 | 115,42 | 19.007 | 22.840 | 3.833 | 20,2 |
| Gral San Martín | 627.013 | 607.770 | -19.243 | -3,1 | 26.977 | 41.694 | 14.717 | 54,56 | 111.157 | 87.112 | -24.045 | -21,6 |
| Guachipas | 10.838 | 10.801 | -37 | -0,3 | 20.918 | 22.536 | 1.619 | 7,74 | 2.769 | 1.261 | -1.508 | -54,5 |
| La Caldera | 11.131 | 11.320 | 189 | 1,7 | 27 | 165 | 139 | 523,28 | 687 | 384 | -303 | -44,1 |
| La Candelaria | 40.956 | 36.443 | -4.513 | -11,0 | 2.884 | 3.094 | 210 | 7,27 | 2.354 | 8.962 | 6.608 | 280,7 |
| La Viña | 57.410 | 57.842 | 431 | 0,8 | 54.416 | 58.168 | 3.751 | 6,89 | 10.917 | 5.560 | -5.357 | -49,1 |
| Metán | 293.312 | 269.671 | -23.640 | -8,1 | 26.664 | 24.331 | -2.332 | -8,75 | 35.589 | 73.779 | 38.190 | 107,3 |
| Orán | 532.080 | 454.742 | -77.338 | -14,5 | 10.707 | 28.131 | 17.424 | 162,74 | 37.376 | 68.805 | 31.430 | 84,1 |
| Rivadavia | 2.167.744 | 2.243.092 | 75.348 | 3,5 | 155.957 | 170.924 | 14.967 | 9,60 | 249.139 | 164.229 | -84.910 | -34,1 |
| Rosario de la Frontera | 304.480 | 296.556 | -7.924 | -2,6 | 7.918 | 11.443 | 3.526 | 44,53 | 15.356 | 38.144 | 22.788 | 148,4 |
| Rosario de Lerma | 592 | 307 | -285 | -48,1 | 170 | 603 | 433 | 255,23 | 1.566 | 706 | -860 | -54,9 |
| Santa Fe | 6.033 | 9.018 | 2.985 | 49,5 | 14.890 | 13.490 | -1.400 | -9,40 | 18.916 | 18.467 | -449 | -2,4 |
| 9 de Julio | 6.033 | 9.018 | 2.985 | 49,5 | 14.890 | 13.490 | -1.400 | -9,40 | 18.916 | 18.467 | -449 | -2,4 |
| S. del Estero | 7.287.581 | 6.951.986 | -335.595 | -4,6 | 795.794 | 462.548 | -333.246 | -41,88 | 1.348.013 | 1.726.869 | 378.856 | 28,1 |
| Aguirre | 11.321 | 15.115 | 3.794 | 33,5 | 5.642 | 2.191 | -3.451 | -61,16 | 8.495 | 4.728 | -3.767 | -44,3 |
| Alberdi | 906.971 | 818.693 | -88.277 | -9,7 | 62.423 | 14.475 | -47.948 | -76,81 | 122.923 | 196.259 | 73.336 | 59,7 |
| Atamisqui | 130.568 | 138.196 | 7.628 | 5,8 | 41.292 | 34.778 | -6.514 | -15,78 | 42.881 | 43.651 | 770 | 1,8 |
| Avellaneda | 281.300 | 275.835 | -5.465 | -1,9 | 19.393 | 8.025 | -11.368 | -58,62 | 21.821 | 35.490 | 13.669 | 62,6 |
| Banda | 211.467 | 196.604 | -14.863 | -7,0 | 41.067 | 28.479 | -12.589 | -30,65 | 46.283 | 60.758 | 14.475 | 31,3 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| Belgrano | 6.007 | 4.625 | -1.382 | -23,0 | 1.485 | 679 | -806 | -54,29 | 4.506 | 2.437 | -2.069 | -45,9 |
| Capital | 111.477 | 114.536 | 3.059 | 2,7 | 42.214 | 24.666 | -17.547 | -41,57 | 46.419 | 61.704 | 15.285 | 32,9 |
| Choya | 407.961 | 427.632 | 19.671 | 4,8 | 35.818 | 23.036 | -12.782 | -35,69 | 100.539 | 103.547 | 3.008 | 3,0 |
| Copo | 1.173.844 | 1.134.089 | -39.755 | -3,4 | 46.924 | 30.943 | -15.982 | -34,06 | 63.458 | 112.631 | 49.173 | 77,5 |
| Figueroa | 585.763 | 572.317 | -13.446 | -2,3 | 74.027 | 56.288 | -17.739 | -23,96 | 28.843 | 49.551 | 20.709 | 71,8 |
| General Taboada | 117.465 | 103.693 | -13.772 | -11,7 | 21.032 | 10.990 | -10.042 | -47,75 | 29.283 | 28.204 | -1.079 | -3,7 |
| Guasayán | 146.016 | 153.699 | 7.683 | 5,3 | 19.330 | 16.540 | -2.790 | -14,43 | 65.482 | 68.630 | 3.148 | 4,8 |
| Jiménez | 295.081 | 282.981 | -12.100 | -4,1 | 59.140 | 41.503 | -17.637 | -29,82 | 49.704 | 83.419 | 33.715 | 67,8 |
| Juan F. Ibarra | 428.478 | 396.486 | -31.992 | -7,5 | 62.387 | 33.138 | -29.250 | -46,88 | 74.314 | 88.208 | 13.894 | 18,7 |
| Loreto | 115.955 | 145.611 | 29.656 | 25,6 | 34.265 | 17.875 | -16.389 | -47,83 | 81.890 | 69.376 | -12.515 | -15,3 |
| Mitre | 239 | 547 | 308 | 128,7 | 1.291 | 1.464 | 173 | 13,39 | 556 | 77 | -478 | -86,1 |
| Moreno | 744.290 | 626.503 | -117.786 | -15,8 | 84.686 | 39.932 | -44.754 | -52,85 | 286.678 | 329.468 | 42.789 | 14,9 |
| Ojo de Agua | 177.044 | 169.349 | -7.695 | -4,3 | 12.658 | 3.358 | -9.300 | -73,47 | 62.577 | 83.926 | 21.349 | 34,1 |
| Pellegrini | 507.716 | 473.859 | -33.856 | -6,7 | 15.767 | 8.372 | -7.394 | -46,90 | 29.425 | 63.089 | 33.664 | 114,4 |
| Quebrachos | 178.750 | 177.963 | -787 | -0,4 | 21.495 | 8.899 | -12.596 | -58,60 | 49.019 | 61.047 | 12.028 | 24,5 |
| Río Hondo | 123.291 | 119.177 | -4.113 | -3,3 | 12.065 | 10.416 | -1.649 | -13,67 | 29.796 | 35.912 | 6.116 | 20,5 |
| Robles | 62.830 | 54.544 | -8.285 | -13,2 | 10.170 | 4.012 | -6.157 | -60,55 | 26.041 | 30.373 | 4.331 | 16,6 |
| Salavina | 202.304 | 205.803 | 3.500 | 1,7 | 45.986 | 30.422 | -15.564 | -33,85 | 15.803 | 26.527 | 10.724 | 67,9 |
| San Martín | 131.040 | 120.313 | -10.728 | -8,2 | 8.477 | 2.320 | -6.156 | -72,62 | 27.851 | 42.646 | 14.795 | 53,1 |
| Sarmiento | 150.893 | 139.979 | -10.914 | -7,2 | 3.121 | 1.636 | -1.485 | -47,59 | 11.723 | 21.502 | 9.779 | 83,4 |
| Silipica | 79.508 | 83.834 | 4.325 | 5,4 | 13.639 | 8.109 | -5.530 | -40,54 | 21.702 | 23.710 | 2.007 | 9,3 |
| Tucumán | 284.923 | 266.874 | -18.049 | -6,3 | 23.360 | 25.306 | 1.946 | 8,33 | 62.372 | 82.522 | 20.150 | 32,3 |
| Burruyacú | 20.099 | 17.919 | -2.180 | -10,8 | 240 | 914 | 673 | 280,13 | 1.083 | 4.433 | 3.350 | 309,4 |
| Chicligasta | 1.025 | 1.040 | 16 | 1,5 | 172 | 164 | -8 | -4,73 | 31 | 323 | 292 | 941,1 |
| Cruz Alta | 1.978 | 1.262 | -716 | -36,2 | 13 | 29 | 16 | 129,53 | 392 | 690 | 298 | 76,0 |
| Graneros | 84.839 | 84.130 | -709 | -0,8 | 8.100 | 6.584 | -1.517 | -18,72 | 19.410 | 26.405 | 6.995 | 36,0 |
| Juan Bautista Alberdi | 9 | 9 | 0 | -0,1 | 1 | 1 | 0 | 1,17 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| La Cocha | 4.167 | 4.547 | 380 | 9,1 | 876 | 708 | -168 | -19,14 | 5.215 | 4.407 | -808 | -15,5 |
| Leales | 42.625 | 35.553 | -7.073 | -16,6 | 3.295 | 2.687 | -609 | -18,47 | 13.631 | 18.579 | 4.948 | 36,3 |
| Río Chico | 198 | 194 | -3 | -1,7 | 4 | 1 | -3 | -79,66 | 4 | 6 | 1 | 25,1 |
| Simoca | 55.550 | 56.020 | 470 | 0,8 | 5.451 | 4.802 | -649 | -11,90 | 7.586 | 8.552 | 967 | 12,7 |
| Tafí Viejo | 1.065 | 1.063 | -1 | -0,1 | 15 | 11 | -4 | -26,35 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Trancas | 73.369 | 65.135 | -8.234 | -11,2 | 5.193 | 9.406 | 4.213 | 81,12 | 15.020 | 19.127 | 4.107 | 27,3 |

| Departamentos | Agricultura | | | | No vegetado | | | | Agua | | | |
|---------------------|-------------|-----------|----------------------|---------------------------|-------------|-------|----------------------|---------------------------|--------|--------|----------------------|---------------------------|
| | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 |
| Catamarca | 13.694 | 13.018 | -677 | -4,9 | 16 | 30 | 14 | 91,2 | 0 | 0 | 0 | -100,0 |
| La Paz | 264 | 241 | -23 | -8,6 | 15 | 16 | 1 | 5,6 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Santa Rosa | 13.431 | 12.777 | -654 | -4,9 | 1 | 14 | 13 | 2402,4 | 0 | 0 | 0 | -100,0 |
| Chaco | 1.018.165 | 1.163.027 | 144.861 | 14,2 | 4.197 | 2.672 | -1.525 | -36,3 | 11.034 | 11.179 | 146 | 1,3 |
| 12 de Octubre | 148.252 | 161.838 | 13.586 | 9,2 | 195 | 156 | -39 | -20,0 | 6 | 13 | 7 | 118,1 |
| 2 de Abril | 74.045 | 80.741 | 6.695 | 9,0 | 56 | 48 | -9 | -15,1 | 0 | 3 | 3 | 100,0 |
| 25 de Mayo | 51 | 91 | 41 | 79,9 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 100,0 |
| 9 de Julio | 88.651 | 100.471 | 11.819 | 13,3 | 310 | 207 | -103 | -33,2 | 3 | 3 | 0 | 16,2 |
| Almirante Brown | 161.394 | 228.233 | 66.839 | 41,4 | 162 | 162 | 0 | 0,3 | 1 | 1 | -1 | -58,8 |
| Chacabuco | 77.475 | 88.630 | 11.155 | 14,4 | 417 | 377 | -40 | -9,6 | 7 | 3 | -4 | -52,8 |
| Cte. Fernández | 52.573 | 52.978 | 405 | 0,8 | 901 | 933 | 33 | 3,6 | 37 | 17 | -21 | -55,5 |
| F. J. Sta M. de Oro | 49.375 | 53.810 | 4.435 | 9,0 | 48 | 52 | 4 | 7,6 | 0 | 19 | 19 | 100,0 |
| General Belgrano | 71.795 | 70.116 | -1.679 | -2,3 | 56 | 45 | -10 | -18,9 | 0 | 0 | 0 | 100,0 |
| General Güemes | 36.546 | 43.375 | 6.829 | 18,7 | 1.570 | 343 | -1.227 | -78,1 | 9.506 | 9.396 | -110 | -1,2 |
| Independencia | 91.757 | 95.413 | 3.656 | 4,0 | 40 | 41 | 0 | 1,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Gral. San Martín | 6.706 | 2.718 | -3.988 | -59,5 | 85 | 29 | -57 | -66,3 | 1.440 | 1.692 | 252 | 17,5 |
| Maipú | 41.918 | 50.842 | 8.925 | 21,3 | 34 | 43 | 10 | 28,8 | 8 | 5 | -3 | -40,2 |
| L. J. Fontana | 54.932 | 61.225 | 6.293 | 11,5 | 271 | 201 | -70 | -25,9 | 23 | 26 | 3 | 13,0 |
| O'Higgins | 60.477 | 70.552 | 10.075 | 16,7 | 50 | 34 | -15 | -30,6 | 3 | 2 | -1 | -20,6 |
| Quitilipi | 268 | 141 | -127 | -47,5 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| San Lorenzo | 1.950 | 1.851 | -99 | -5,1 | 2 | 0 | -2 | -100,0 | 0 | 0 | 0 | 100,0 |
| Cordoba | 445.636 | 467.233 | 21.597 | 4,8 | 8.388 | 7.374 | -1.013 | -12,1 | 116 | 734 | 619 | 535,6 |
| Cruz del Eje | 623 | 518 | -105 | -16,9 | 94 | 165 | 71 | 74,9 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Ischilín | 106 | 1.427 | 1.321 | 1247,5 | 879 | 884 | 4 | 0,5 | 3 | 2 | -1 | -24,4 |
| Río Primero | 101.738 | 99.064 | -2.673 | -2,6 | 278 | 349 | 71 | 25,6 | 1 | 16 | 16 | 2010,0 |
| Río Seco | 104.623 | 108.383 | 3.760 | 3,6 | 1.659 | 1.242 | -418 | -25,2 | 4 | 15 | 11 | 243,9 |
| Sobremonte | 47 | 17 | -30 | -63,8 | 126 | 117 | -10 | -7,6 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Totoral | 105.389 | 113.450 | 8.061 | 7,6 | 8 | 1 | -7 | -88,6 | 6 | 3 | -3 | -52,5 |
| Tulumba | 133.111 | 144.374 | 11.263 | 8,5 | 5.343 | 4.618 | -725 | -13,6 | 101 | 697 | 596 | 590,8 |
| Formosa | 34.391 | 38.257 | 3.866 | 11,2 | 3.023 | 2.020 | -1.003 | -33,2 | 16.239 | 13.751 | -2.489 | -15,3 |
| Bermejo | 13.451 | 8.155 | -5.295 | -39,4 | 509 | 785 | 276 | 54,3 | 6.324 | 5.211 | -1.113 | -17,6 |
| Matacos | 121 | 177 | 55 | 45,7 | 443 | 64 | -378 | -85,5 | 1.830 | 1.723 | -107 | -5,8 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------|------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Patiño | 18.535 | 28.232 | 9.697 | 52,3 | 646 | 53 | -593 | -91,8 | 6.993 | 6.453 | -540 | -7,7 |
| Ramón Lista | 2.284 | 1.692 | -592 | -25,9 | 1.426 | 1.118 | -307 | -21,6 | 1.092 | 363 | -729 | -66,8 |
| Jujuy | 54.901 | 57.872 | 2.971 | 5,4 | 1.380 | 1.624 | 245 | 17,7 | 780 | 634 | -146 | -18,7 |
| El Carmen | 6.147 | 6.537 | 389 | 6,3 | 155 | 189 | 34 | 21,6 | 5 | 10 | 5 | 88,1 |
| Ledesma | 5.006 | 4.249 | -757 | -15,1 | 138 | 233 | 94 | 68,3 | 282 | 199 | -82 | -29,2 |
| San Pedro | 17.003 | 13.645 | -3.358 | -19,8 | 909 | 988 | 79 | 8,7 | 29 | 20 | -9 | -29,6 |
| Santa Bárbara | 26.745 | 33.442 | 6.697 | 25,0 | 177 | 215 | 38 | 21,2 | 464 | 404 | -60 | -12,9 |
| Salta | 1.032.119 | 1.096.761 | 64.642 | 6,3 | 32.139 | 18.960 | -13.179 | -41,0 | 35.710 | 36.154 | 444 | 1,2 |
| Anta | 509.258 | 544.633 | 35.375 | 6,9 | 1.041 | 1.301 | 261 | 25,1 | 2.432 | 2.045 | -386 | -15,9 |
| Capital | 9.618 | 5.845 | -3.773 | -39,2 | 3.658 | 3.736 | 78 | 2,1 | 48 | 49 | 2 | 3,2 |
| Cerrillos | 16.508 | 18.655 | 2.147 | 13,0 | 335 | 270 | -65 | -19,4 | 22 | 15 | -6 | -30,1 |
| Chicoana | 7.565 | 9.826 | 2.261 | 29,9 | 545 | 433 | -112 | -20,5 | 94 | 51 | -43 | -45,9 |
| General Güemes | 17.361 | 12.948 | -4.414 | -25,4 | 842 | 904 | 62 | 7,4 | 23 | 19 | -5 | -20,6 |
| Gral San Martín | 130.167 | 162.294 | 32.127 | 24,7 | 6.763 | 3.886 | -2.877 | -42,5 | 5.688 | 5.008 | -680 | -12,0 |
| Guachipas | 596 | 897 | 301 | 50,5 | 145 | 87 | -58 | -40,3 | 2.333 | 2.017 | -316 | -13,5 |
| La Caldera | 49 | 107 | 58 | 119,0 | 294 | 202 | -92 | -31,3 | 0 | 9 | 9 | 100,0 |
| La Candelaria | 8.132 | 5.810 | -2.322 | -28,6 | 0 | 2 | 2 | 2600,0 | 7 | 22 | 15 | 219,5 |
| La Viña | 2.500 | 4.300 | 1.801 | 72,0 | 327 | 188 | -140 | -42,6 | 6.390 | 5.904 | -487 | -7,6 |
| Metán | 101.131 | 89.162 | -11.969 | -11,8 | 193 | 181 | -12 | -6,0 | 1.454 | 1.218 | -236 | -16,2 |
| Orán | 107.946 | 139.244 | 31.298 | 29,0 | 6.189 | 2.437 | -3.752 | -60,6 | 6.651 | 7.589 | 938 | 14,1 |
| Rivadavia | 15.488 | 14.930 | -558 | -3,6 | 11.506 | 4.987 | -6.519 | -56,7 | 10.497 | 12.169 | 1.673 | 15,9 |
| Rosario de la Frontera | 102.289 | 83.875 | -18.415 | -18,0 | 46 | 90 | 44 | 96,8 | 52 | 32 | -20 | -38,0 |
| Rosario de Lerma | 3.511 | 4.236 | 725 | 20,6 | 254 | 254 | -1 | -0,2 | 19 | 7 | -12 | -64,2 |
| Santa Fe | 5.581 | 4.410 | -1.172 | -21,0 | 0 | 95 | 95 | 100,0 | 90 | 31 | -60 | -66,1 |
| 9 de Julio | 5.581 | 4.410 | -1.172 | -21,0 | 0 | 95 | 95 | 100,0 | 90 | 31 | -60 | -66,1 |
| S. del Estero | 1.402.092 | 1.685.720 | 283.628 | 20,2 | 46.094 | 43.082 | -3.012 | -6,5 | 23.391 | 32.760 | 9.368 | 40,1 |
| Aguirre | 1.032 | 4.293 | 3.261 | 316,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 163 | 326 | 163 | 100,3 |
| Alberdi | 198.369 | 261.811 | 63.443 | 32,0 | 657 | 268 | -389 | -59,2 | 250 | 87 | -164 | -65,4 |
| Atamisqui | 9 | 128 | 119 | 1317,7 | 6.452 | 4.453 | -1.998 | -31,0 | 43 | 39 | -4 | -9,9 |
| Avellaneda | 1.110 | 4.431 | 3.321 | 299,3 | 65 | 150 | 84 | 129,6 | 797 | 556 | -241 | -30,2 |
| Banda | 31.252 | 43.884 | 12.632 | 40,4 | 13.329 | 12.364 | -965 | -7,2 | 3.279 | 4.589 | 1.310 | 39,9 |
| Belgrano | 8.577 | 12.791 | 4.214 | 49,1 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 32 | 75 | 43 | 137,2 |
| Capital | 11.050 | 9.641 | -1.409 | -12,8 | 838 | 1.360 | 522 | 62,3 | 794 | 884 | 91 | 11,4 |
| Choya | 21.045 | 11.343 | -9.702 | -46,1 | 329 | 141 | -189 | -57,3 | 7 | 0 | -7 | -100,0 |
| Copo | 23.279 | 30.184 | 6.905 | 29,7 | 564 | 228 | -336 | -59,5 | 13 | 7 | -6 | -43,6 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------|----------------|---------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Figueroa | 7.576 | 13.909 | 6.333 | 83,6 | 12.561 | 11.825 | -736 | -5,9 | 3.997 | 8.876 | 4.879 | 122,1 |
| General Taboada | 18.779 | 43.836 | 25.058 | 133,4 | 577 | 333 | -245 | -42,4 | 241 | 320 | 79 | 32,8 |
| Guasayán | 34.870 | 26.795 | -8.076 | -23,2 | 45 | 80 | 34 | 75,9 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Jiménez | 147.288 | 141.489 | -5.800 | -3,9 | 6.032 | 7.725 | 1.693 | 28,1 | 1.660 | 1.788 | 129 | 7,8 |
| Juan F. Ibarra | 124.815 | 172.220 | 47.405 | 38,0 | 825 | 721 | -103 | -12,5 | 331 | 376 | 45 | 13,7 |
| Loreto | 210 | 338 | 128 | 60,8 | 1.781 | 809 | -971 | -54,5 | 374 | 466 | 92 | 24,6 |
| Mitre | 2 | 0 | -2 | -100,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Moreno | 527.587 | 647.101 | 119.514 | 22,7 | 617 | 851 | 234 | 37,9 | 4 | 7 | 3 | 75,0 |
| Ojo de Agua | 12.955 | 8.739 | -4.216 | -32,5 | 185 | 48 | -138 | -74,3 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Pellegrini | 142.099 | 149.593 | 7.495 | 5,3 | 108 | 276 | 168 | 154,8 | 165 | 89 | -76 | -46,2 |
| Quebrachos | 914 | 2.354 | 1.440 | 157,5 | 130 | 45 | -85 | -65,1 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Río Hondo | 30.986 | 28.231 | -2.756 | -8,9 | 182 | 337 | 155 | 85,0 | 8.705 | 10.952 | 2.247 | 25,8 |
| Robles | 36.359 | 46.407 | 10.048 | 27,6 | 111 | 101 | -10 | -9,2 | 229 | 303 | 74 | 32,1 |
| Salavina | 70 | 547 | 477 | 678,2 | 273 | 460 | 187 | 68,4 | 1.088 | 1.765 | 677 | 62,2 |
| San Martín | 11.277 | 13.262 | 1.985 | 17,6 | 203 | 351 | 147 | 72,5 | 714 | 670 | -44 | -6,2 |
| Sarmiento | 2.913 | 5.536 | 2.623 | 90,0 | 6 | 4 | -2 | -32,5 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Silipica | 7.668 | 6.857 | -811 | -10,6 | 223 | 152 | -70 | -31,7 | 507 | 585 | 79 | 15,5 |
| Tucuman | 287.479 | 279.028 | -8.450 | -2,9 | 768 | 879 | 111 | 14,5 | 8.304 | 12.595 | 4.292 | 51,7 |
| Burruyacú | 58.399 | 56.554 | -1.846 | -3,2 | 0 | 2 | 2 | 100,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Chicligasta | 4.731 | 4.429 | -302 | -6,4 | 0 | 8 | 8 | 100,0 | 12 | 7 | -5 | -42,6 |
| Cruz Alta | 24.596 | 24.998 | 402 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Graneros | 53.009 | 46.944 | -6.065 | -11,4 | 186 | 203 | 17 | 9,4 | 1.889 | 3.166 | 1.278 | 67,6 |
| J. B. Alberdi | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| La Cocha | 27.714 | 28.228 | 514 | 1,9 | 6 | 87 | 81 | 1307,2 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Leales | 68.915 | 71.238 | 2.322 | 3,4 | 26 | 15 | -11 | -42,9 | 689 | 1.112 | 422 | 61,2 |
| Río Chico | 378 | 384 | 6 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | -100,0 |
| Simoca | 42.793 | 39.414 | -3.379 | -7,9 | 51 | 41 | -10 | -20,2 | 5.682 | 8.283 | 2.601 | 45,8 |
| Tafí Viejo | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | -100,0 | 0 | 5 | 5 | 2884,5 |
| Trancas | 6.942 | 6.839 | -103 | -1,5 | 499 | 524 | 25 | 5,0 | 30 | 22 | -9 | -28,5 |

Tabla 5 Anexo: Superficie en hectáreas ocupada por cada uno de los tipos de vegetación (Bosque, Vegetación natural no boscosa, Pastura, Agricultura, No vegetado y Agua) en los años 2010 y 2017 para las tres categorías de OTBN en cada una de las provincias incluidas en el área de estudio.

| | Bosque | | | | Vegetación natural no boscosa | | | | Pastura | | | |
|------------------|---------|---------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|----------------------|---------------------------|---------|--------|----------------------|---------------------------|
| | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 |
| Catamarca | 4776 | 5355 | 579 | 12,12 | 523 | 152 | -371 | -70,94 | 1577 | 942 | -635 | -40,27 |
| I | 1357 | 1431 | 74 | 5,45 | 33 | 31 | -2 | -6,06 | 125 | 33 | -92 | -73,60 |
| II | 1693 | 2685 | 992 | 58,59 | 486 | 121 | -365 | -75,10 | 1371 | 759 | -612 | -44,64 |
| III | 1726 | 1239 | -487 | -28,22 | 4 | 0 | -4 | -100,00 | 81 | 150 | 69 | 85,19 |
| Chaco | 4643881 | 4458513 | -185368 | -3,99 | 122373 | 115730 | -6643 | -5,43 | 270179 | 334615 | 64436 | 23,85 |
| I | 315835 | 315451 | -384 | -0,12 | 2941 | 2746 | -195 | -6,63 | 1510 | 2099 | 589 | 39,01 |
| II | 3238612 | 3189373 | -49239 | -1,52 | 66823 | 51324 | -15499 | -23,19 | 97811 | 149859 | 52048 | 53,21 |
| III | 1089434 | 953689 | -135745 | -12,46 | 52609 | 61660 | 9051 | 17,20 | 170858 | 182657 | 11799 | 6,91 |
| Cordoba | 387746 | 386596 | -1150 | -0,30 | 21690 | 5192 | -16498 | -76,06 | 80093 | 92424 | 12331 | 15,40 |
| I | 387694 | 386487 | -1207 | -0,31 | 21635 | 5187 | -16448 | -76,02 | 79696 | 92033 | 12337 | 15,48 |
| II | 52 | 109 | 57 | 109,62 | 55 | 5 | -50 | -90,91 | 397 | 391 | -6 | -1,51 |
| III | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Formosa | 2063099 | 1977799 | -85300 | -4,13 | 255580 | 272938 | 17358 | 6,79 | 84265 | 146402 | 62137 | 73,74 |
| I | 40571 | 41412 | 841 | 2,07 | 5979 | 5351 | -628 | -10,50 | 944 | 1606 | 662 | 70,13 |
| II | 329982 | 294489 | -35493 | -10,76 | 161858 | 196814 | 34956 | 21,60 | 17845 | 18384 | 539 | 3,02 |
| III | 1692546 | 1641898 | -50648 | -2,99 | 87743 | 70773 | -16970 | -19,34 | 65476 | 126412 | 60936 | 93,07 |
| Jujuy | 300506 | 288805 | -11701 | -3,89 | 1089 | 2060 | 971 | 89,16 | 14390 | 16335 | 1945 | 13,52 |
| I | 60917 | 61905 | 988 | 1,62 | 277 | 1053 | 776 | 280,14 | 2996 | 2358 | -638 | -21,30 |
| II | 94117 | 93910 | -207 | -0,22 | 45 | 122 | 77 | 171,11 | 1192 | 1236 | 44 | 3,69 |
| III | 145472 | 132990 | -12482 | -8,58 | 767 | 885 | 118 | 15,38 | 10202 | 12741 | 2539 | 24,89 |
| Salta | 5895839 | 5652788 | -243051 | -4,12 | 344975 | 409365 | 64390 | 18,67 | 420910 | 508701 | 87791 | 20,86 |
| I | 760150 | 759595 | -555 | -0,07 | 76983 | 95480 | 18497 | 24,03 | 59439 | 49776 | -9663 | -16,26 |
| II | 3607676 | 3609385 | 1709 | 0,05 | 229230 | 270506 | 41276 | 18,01 | 262584 | 174443 | -88141 | -33,57 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------|
| III | 1528013 | 1283808 | -244205 | -15,98 | 38762 | 43379 | 4617 | 11,91 | 98887 | 284482 | 185595 | 187,68 |
| Santa Fe | 6504 | 8267 | 1763 | 27,11 | 2482 | 2550 | 68 | 2,74 | 5495 | 3809 | -1686 | -30,68 |
| I | 2969 | 3292 | 323 | 10,88 | 195 | 146 | -49 | -25,13 | 1131 | 820 | -311 | -27,50 |
| II | 3535 | 4975 | 1440 | 40,74 | 2287 | 2404 | 117 | 5,12 | 4364 | 2989 | -1375 | -31,51 |
| III | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Santiago del Estero | 7225672 | 6861459 | -364213 | -5,04 | 455042 | 277671 | -177371 | -38,98 | 636431 | 1005192 | 368761 | 57,94 |
| I | 798588 | 795723 | -2865 | -0,36 | 78684 | 59043 | -19641 | -24,96 | 43012 | 61092 | 18080 | 42,03 |
| II | 6093871 | 5793523 | -300348 | -4,93 | 339180 | 203093 | -136087 | -40,12 | 511308 | 835739 | 324431 | 63,45 |
| III | 333213 | 272213 | -61000 | -18,31 | 37178 | 15535 | -21643 | -58,21 | 82111 | 108361 | 26250 | 31,97 |
| Tucuman | 285937 | 259710 | -26227 | -9,17 | 9289 | 13929 | 4640 | 49,95 | 16289 | 29669 | 13380 | 82,14 |
| I | 12316 | 12036 | -280 | -2,27 | 109 | 225 | 116 | 106,42 | 31 | 148 | 117 | 377,42 |
| II | 96873 | 91463 | -5410 | -5,58 | 2466 | 4589 | 2123 | 86,09 | 4376 | 6909 | 2533 | 57,88 |
| III | 176748 | 156211 | -20537 | -11,62 | 6714 | 9115 | 2401 | 35,76 | 11882 | 22612 | 10730 | 90,30 |
| | Agricultura | | | | No vegetado | | | | Agua | | | |
| | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 | 2010 | 2017 | Diferencia 2017-2010 | % de cambio respecto 2010 |
| Catamarca | 578 | 994 | 416 | 71,97 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I | 257 | 265 | 8 | 3,11 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| II | 37 | 22 | -15 | -40,54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III | 284 | 707 | 423 | 148,94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chaco | 268201 | 395978 | 127777 | 47,64 | 558 | 79 | -479 | -85,84229391 | 2652 | 2929 | 277 | 10,44494721 |
| I | 33 | 49 | 16 | 48,48 | 10 | 2 | -8 | -80 | 84 | 66 | -18 | -21,42857143 |
| II | 21332 | 34147 | 12815 | 60,07 | 424 | 31 | -393 | -92,68867925 | 2450 | 2718 | 268 | 10,93877551 |
| III | 246836 | 361782 | 114946 | 46,57 | 124 | 46 | -78 | -62,90322581 | 118 | 145 | 27 | 22,88135593 |
| Cordoba | 26680 | 32160 | 5480 | 20,54 | 688 | 519 | -169 | -24,56395349 | 0 | 7 | 7 | 0 |
| I | 26680 | 32160 | 5480 | 20,54 | 688 | 519 | -169 | -24,56395349 | 0 | 7 | 7 | 0 |
| II | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Formosa | 13224 | 21357 | 8133 | 61,50 | 2416 | 1736 | -680 | -28,14569536 | 13242 | 11592 | -1650 | -12,46035342 |
| I | 367 | 295 | -72 | -19,62 | 802 | 72 | -730 | -91,02244389 | 6463 | 6388 | -75 | -1,160451803 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------------|-------|-------|-------|--------------|
| II | 2571 | 3635 | 1064 | 41,38 | 1218 | 1463 | 245 | 20,11494253 | 2929 | 1619 | -1310 | -44,72516217 |
| III | 10286 | 17427 | 7141 | 69,42 | 396 | 201 | -195 | -49,24242424 | 3850 | 3585 | -265 | -6,883116883 |
| Jujuy | 12440 | 21486 | 9046 | 72,72 | 1226 | 1186 | -40 | -3,262642741 | 868 | 646 | -222 | -25,57603687 |
| I | 2781 | 2052 | -729 | -26,21 | 1110 | 989 | -121 | -10,9009009 | 857 | 581 | -276 | -32,20536756 |
| II | 389 | 418 | 29 | 7,46 | 86 | 114 | 28 | 32,55813953 | 0 | 28 | 28 | #¡DIV/0! |
| III | 9270 | 19016 | 9746 | 105,13 | 30 | 83 | 53 | 176,6666667 | 11 | 37 | 26 | 236,3636364 |
| Salta | 148382 | 253669 | 105287 | 70,96 | 30088 | 15181 | -14907 | -49,54466897 | 38933 | 39433 | 500 | 1,284257571 |
| I | 19724 | 24480 | 4756 | 24,11 | 25343 | 11371 | -13972 | -55,13159452 | 36380 | 37327 | 947 | 2,603078615 |
| II | 36771 | 83340 | 46569 | 126,65 | 4354 | 3399 | -955 | -21,93385393 | 2031 | 1573 | -458 | -22,55046775 |
| III | 91887 | 145849 | 53962 | 58,73 | 391 | 411 | 20 | 5,115089514 | 522 | 533 | 11 | 2,107279693 |
| Santa Fe | 707 | 562 | -145 | -20,51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I | 160 | 196 | 36 | 22,50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| II | 547 | 366 | -181 | -33,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Santiago del Estero | 270813 | 440082 | 169269 | 62,50 | 38156 | 36001 | -2155 | -5,647866653 | 14507 | 20216 | 5709 | 39,35341559 |
| I | 9862 | 9959 | 97 | 0,98 | 24939 | 24629 | -310 | -1,243033001 | 11241 | 15881 | 4640 | 41,27746642 |
| II | 137016 | 249976 | 112960 | 82,44 | 12841 | 10922 | -1919 | -14,94431898 | 2583 | 3544 | 961 | 37,20480062 |
| III | 123935 | 180147 | 56212 | 45,36 | 376 | 450 | 74 | 19,68085106 | 683 | 791 | 108 | 15,81259151 |
| Tucuman | 26421 | 34458 | 8037 | 30,42 | 183 | 154 | -29 | -15,84699454 | 415 | 613 | 198 | 47,71084337 |
| I | 103 | 67 | -36 | -34,95 | 1 | 1 | 0 | 0 | 20 | 103 | 83 | 415 |
| II | 1635 | 2302 | 667 | 40,80 | 101 | 94 | -7 | -6,930693069 | 148 | 242 | 94 | 63,51351351 |
| III | 24683 | 32089 | 7406 | 30,00 | 81 | 59 | -22 | -27,16049383 | 247 | 268 | 21 | 8,502024291 |

Tabla 6 Anexo: Resultados de correlación de Pearson entre las variables de paisaje.

| Correlación de Pearson: | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| | TEMA 2017 | NUMP 2017 | PPAI 2017 | TMPA 2017 | TPACV 2017 | RPAR 2017 | LDI 2017 |
| TEMA 2017 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| NUMP 2017 | -0,70 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PPAI 2017 | 0,96 | -0,64 | 1,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,00 |
| TMPA 2017 | 0,75 | -0,52 | 0,65 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TPACV 2017 | -0,18 | 0,56 | -0,02 | -0,28 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| RPAR 2017 | -0,23 | 0,33 | -0,21 | -0,18 | 0,18 | 1,00 | 0,00 |
| LDI 2017 | -1,00 | 0,70 | -0,96 | -0,75 | 0,18 | 0,23 | 1,00 |

