

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DEL SUR

Documento de Trabajo N° 27

DEFORESTACIÓN, INCENDIOS FORESTALES Y EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA EN EL NORTE GRANDE ARGENTINO (2007-2018)

Belén Mercedes Bruera
Fernando Antonio Ignacio González

09/04/2021



I I E S S

<https://iess.conicet.gov.ar/>

ISSN 2250-8333

Los Documentos de Trabajo del IIESS reflejan avances de investigaciones realizadas en el Instituto.
Las/los autoras/es son responsables de las opiniones expresadas en los documentos.

Belén Mercedes Bruera
Facultad de Ciencias Económicas, UNaM

Fernando Antonio Ignacio González
IIESS, UNS-CONICET

Resumen

En este trabajo se examina el impacto de la expansión de la frontera agrícola sobre la deforestación en el Norte Grande Argentino (2007-2018). A partir de la construcción de un panel anual de provincias, se procede con un análisis de regresión con efectos fijos temporales y geográficos y controles socio-económicos. La información proviene de múltiples organismos oficiales (ministerios nacionales, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Instituto Geográfico Nacional, entre otros).

Los resultados confirman la existencia de un *efecto sustitución* de bosques nativos hacia cultivos agrícolas. En efecto, un incremento en los precios de los principales cultivos agrícolas se asocia a un aumento en la deforestación. Lo mismo es cierto para una expansión de las superficies sembradas en los casos de la soja y el girasol. Al examinar los canales a través de los cuales tiene lugar este efecto sustitución, se observa que los incendios forestales constituyen el mecanismo a partir del cual tiene lugar la pérdida de bosque nativo. También se comprueba que desde la implementación efectiva de la Ley de Bosques Nativos en todas las provincias del Norte Grande Argentino (2011) el ritmo de la deforestación ha disminuido. Estos hallazgos constituyen un llamado de atención en favor de la protección del bosque nativo argentino en un contexto de acelerada deforestación y cambio climático.

Palabras clave: deforestación, frontera agrícola, incendios forestales, soja, Argentina

Abstract

This work examines the impact of the expansion of the agricultural frontier on deforestation in the Norte Grande Argentino (2007-2018). Based on the construction of an annual panel of provinces, a regression analysis with temporal and geographical fixed effects and socio-economic controls is carried out. The information comes from multiple official organisms (national ministries, National Institute of Statistics and Censuses, National Geographic Institute, among others).

The results confirm the existence of a *substitution effect* of native forests towards agricultural crops. Indeed, an increase in the prices of the main agricultural crops is associated with an increase in deforestation. The same is true for an expansion of the areas sown in the cases of soybeans and sunflowers. When examining the channels through which this substitution effect takes place, it is observed that forest fires constitute the mechanism from which the loss of native forest takes place. It is also verified that since the effective implementation of the Law of Native Forests (2011) the rate of deforestation has decreased. These findings constitute a call for attention in favor of the protection of the Argentine native forest in a context of accelerated deforestation and climate change.

Key-words: deforestation, agricultural frontier, forest fires, soybeans, Argentina

1. INTRODUCCIÓN

La deforestación, entendida como la pérdida sostenida de bosque nativo, constituye uno de los problemas ambientales más importantes que la humanidad debe resolver. Entre 1990-2020, se perdieron 420 millones de hectáreas (ha) de bosques nativos a nivel global. Esto generó una disminución de la cubierta forestal mundial desde un 32.5% al 30.8% en el mismo periodo (FAO y UNEP, 2020). América del Sur, en particular, es la segunda región -detrás de África- con mayor pérdida de bosques (2.6 millones de ha deforestadas por año). La relevancia de esta problemática es reconocida a partir de su inclusión en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 de *proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de tierras y poner freno a la pérdida de diversidad biológica*, sin embargo, esto es aún una tarea pendiente.

La deforestación acarrea múltiples consecuencias ambientales negativas. En primer lugar, representa una severa amenaza a la biodiversidad. Los bosques albergan la mayor parte de la biodiversidad terrestre, incluyendo al 75% de las especies de aves y al 68% de los mamíferos (FAO y UNEP, 2020). Segundo, los bosques contribuyen a combatir el cambio climático, debido a que actúan como verdaderas *esponjas* ambientales absorbentes de dióxido de carbono. La evidencia ha señalado que una expansión forestal global puede contribuir a mitigar hasta un tercio del dióxido de carbono necesario para mantener el incremento de la temperatura global por debajo de los 2°C en relación a los niveles pre-industriales (Griscom et al., 2017).

Por otro lado, también son amplias las consecuencias socio-económicas debido a la pérdida de bosque nativo. Primero, se debe resaltar el amplio grado de dependencia de estos recursos: el Banco Mundial estima que cerca de 1600 millones de personas obtienen su sustento económico de los bosques (Banco Mundial, 2002), por lo cual, su disminución puede contribuir a un aumento en la incidencia de la pobreza. Esto es especialmente relevante para regiones rurales en las cuales es frecuente una utilización directa de los hogares de los recursos forestales (González y London, 2018). Así, los bosques nativos contribuyen a aumentar la seguridad alimentaria al proveer nutrientes, alimentos, energía y servicios ecosistémicos (FAO, 2017). También se ha señalado que

contribuyen a mejorar la salud humana a través de alimentos, agua y aire libres de contaminación y sus ambientes verdes (Nilsson et al., 2010). Considerando todo lo anterior, es evidente las múltiples consecuencias negativas que puede generar la pérdida de bosque nativo sobre el bienestar humano.

Los países en desarrollo se muestran especialmente vulnerables ante las consecuencias derivadas de la pérdida de bosque nativo dada la extensa interdependencia entre el sector forestal y el agrícola. Así, los bosques nativos son esenciales en la estabilidad de los ecosistemas agrícolas y el rendimiento productivo. Sin embargo, son justamente estos países los que presentan mayores tasas de deforestación debido al estadio del desarrollo económico en el que se encuentran y al rol que cumple el sector agrícola en ellos (Leblois, Damette, Wolfersberger, 2016).

En este contexto, Argentina constituye un caso de estudio especialmente relevante. En sintonía con la tendencia global, en años recientes (1990-2014), según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2017), se perdieron más de 7.2 millones de hectáreas de bosque nativo a un ritmo promedio de 0.29 millones de hectáreas anuales. Dentro de Argentina, las provincias del norte son las que cuentan con la mayor parte de la superficie forestal. Esto incluye a las provincias de la región Noroeste (incluye a las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero) y aquellas de la región Noreste (Formosa, Chaco, Corrientes y Misiones). En conjunto, ambas regiones conforman el Norte Grande Argentino (NGA) y engloban las regiones forestales con mayor impacto antrópico del país (Parque Chaqueño, Selva Tucumano Boliviana o Yungas y Selva Paranaense). Las tasas de deforestación en el NGA (principalmente en el Gran Chaco) son alarmantes y el costo de la deforestación se estima en alrededor del 0.75% del PBI (Grau et al. 2005; Zak et al. 2008; Piquer-Rodríguez et al. 2015). Al mismo tiempo, el NGA presenta niveles de pobreza ampliamente superiores respecto a las demás regiones (González, London y Santos, 2019).

Múltiples factores han sido señalados por la literatura como potenciales causales de la deforestación a nivel global. Ferretti-Gallon y Busch (2014) realizan un meta-análisis de 117 trabajos sobre factores que impulsan y detienen la deforestación. Sus resultados señalan que los bosques tienen más probabilidades de ser talados cuando los rendimientos económicos de la agricultura y la ganadería son mayores, sea por

condiciones climáticas o geográficas favorables, o por menores costos de tala de bosques y salida al mercado. En forma similar, Ferraz (2001) señala, para el caso de Brasil, que la expansión de la frontera agrícola -fomentada por créditos y subsidios- contribuye a explicar los niveles de deforestación. Para el caso argentino, el avance de la frontera agrícola, principalmente debido a la *revolución de la soja*, es un determinante de relevancia. Este avance en la superficie sembrada se extendió en primer lugar a zonas marginales de la región pampeana y luego al norte del país, intensificándose en la región chaqueña. El proceso fue impulsado por las nuevas tecnologías (cultivos transgénicos y siembra directa) y los altos precios relativos de los cultivos, así como el surgimiento de pasturas resistentes a sequías y de alta productividad que permitió a su vez, la producción ganadera en zonas poco favorables (Grau et al. 2005; Zak et al. 2008). Así, teniendo en cuenta un escenario de precios relativos favorables -especialmente a partir de 2003- en la agricultura, los productores pueden percibir un alto costo de oportunidad por conservar los bosques nativos, por lo que tienden a privilegiar la producción agrícola (Lavalle et al. 2010). En este sentido, los incendios forestales han sido señalados como un potencial canal a través del cual tiene lugar la deforestación derivada de una expansión de la frontera agrícola (Montenegro *et al.* 2005; Mathews y Goldsztein, 2009). En este contexto, reconociendo la existencia de la problemática forestal, en 2007, se sancionó la Ley 26.331 de *Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos* (en adelante, Ley de Bosques), cuyo objetivo es establecer presupuestos para el enriquecimiento, restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y sus servicios ambientales. La Ley de Bosques también establece una modesta compensación económica para aquellos propietarios que conserven los bosques nativos¹. Su implementación se llevó a cabo de manera secuencial, primero a nivel nacional con un decreto reglamentario, en 2009, y luego a nivel provincial con leyes de ordenamiento local en los años siguientes. Su implementación finalizó, en el norte grande argentino, en 2011.

En consideración a lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tiene por objetivo analizar el impacto de la expansión de la frontera agrícola sobre la deforestación en el

¹ Las provincias, sin embargo, suelen recibir fondos inferiores a los estipulados por la Ley (Minaverri y Gally, 2013).

Norte Grande Argentino, en el período 2007-2018. Dada su relevancia, también se analiza el potencial impacto derivado de la implementación de la Ley de Bosques en este proceso. Esta tesis añade valor a la literatura de determinantes de la deforestación en tres aspectos. Primero, es el primer trabajo en examinar los determinantes de la deforestación para el caso particular del Norte Grande Argentino. Segundo, brinda evidencia empírica respecto a cómo los incentivos económicos afectan a la deforestación. Tercero, aporta evidencia en relación al canal específico por el cual estos incentivos devienen en una mayor deforestación (i.e. incendios forestales).

En adelante, la sección 2 describe las fuentes de información. La sección 3 presenta la metodología de estimación, mientras que la sección 4 describe los resultados. Finalmente, la sección 5 presenta las principales conclusiones.

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

En este trabajo se utilizan múltiples fuentes de información. La Tabla 1 resume la información recabada de cada fuente, período considerado y una breve descripción de cada caso. En primer lugar, la información referida a la pérdida de bosque nativo proviene del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS), la cual es elaborada por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) de la Dirección de Bosques. Los datos sobre incendios forestales también provienen del MAyDS del Programa Nacional de Estadística Forestal Segundo, del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) se extrajeron los datos relacionados al número de habitantes por provincia (Censo Nacional de Población Hogares y Vivienda 2001 y 2010), y exportaciones provinciales elaboradas por la Dirección Nacional de Estadísticas del Sector Externo. La información sobre superficie provincial se extrajo del Instituto Geográfico Nacional (IGN), los datos sobre empleo primario, del Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS), los datos de PBG se obtuvieron de Muñoz y asociados; y finalmente, para el cálculo del índice de precios agrícolas, se utilizó la serie de precios agrícolas publicada por la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA) y las estimaciones de producción agrícolas de la Dirección Nacional de Análisis

Económico Agroindustrial del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP).

Tabla 1: Variables períodos y fuentes

Variable	Descripción	Período	Fuente
Deforestación	Pérdida anual de bosque nativo en hectáreas por provincia.	2007-2018	Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF)- Dirección de Bosques-MAyDS https://bosques.ambiente.gob.ar/geomaps#heading4
Densidad poblacional	Número promedio de habitantes por km ² de superficie provincial.	2007-2018	Proyecciones elaboradas en base al Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010- INDEC https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-24-85 Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001- INDEC https://www.indec.gob.ar/micrositios/webcenso/censo2001s2/ampliada_lista.asp?Cap=1&Apertu=0 Instituto Geográfico Nacional (IGN). https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/DivisionPolitica
PBG per capita	Producto Bruto Geográfico por habitante por provincia, en millones de pesos constantes del año 2018.	2007-2018	PBG elaborado por Muñoz y asociados 2019.
Comercio	Participación en porcentaje de las Manufacturas de Origen Agropecuario (MOA) y Productos Primarios, en el total exportado por provincia, en millones de dólares.	2007-2018	Dirección Nacional de Estadísticas del Sector Externo- INDEC https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-2-79
Precios agrícolas	Promedio ponderado del precio de los principales cultivos argentinos (soja, girasol, trigo, maíz) de acuerdo a la participación	2007-2018	Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA).

	en la actividad productiva específica en cada provincia. Expresado en logaritmo.		https://www.crea.org.ar/indices-de-precios/ Dirección Nacional de Análisis Económico Agroindustrial- Dirección de Estimaciones Agrícolas- MAGyP http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones
Empleo primario	Participación del empleo privado registrado en actividades primarias sobre el empleo total provincial.	2007-2018	Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial- MTEyS en base a SIPA http://www.trabajo.gob.ar/estadisticas/oede/estadisticasregionales.asp
Incendios Forestales	Hectáreas de bosques incendiados por año y provincia.	2007-2018	Programa Nacional de Estadística Forestal- MAyDS. https://bosques.ambiente.gob.ar/geomaps#heading4
Superficie cultivada	Hectáreas sembradas de soja, maíz, trigo y girasol.	2007-2018	Dirección Nacional de Análisis Económico Agroindustrial- Dirección de Estimaciones Agrícolas- MAGyP http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones
Ley de Bosques	Variable binaria. Adquiere valor 1 durante el periodo 2011-2018 (periodo de implementación efectiva del OTBN en el norte grande argentino); 0 en los demás casos.		

Fuente: Elaboración propia

En Anexo se presenta la delimitación geográfica del Norte Grande Argentino (Mapa A.1). También se presentan múltiples tablas que permiten visualizar la evolución temporal de los precios de los principales cultivos agrícolas (Gráfico A.1), la cantidad de hectáreas deforestadas (Gráfico A.2) y la superficie cultivada por cultivo (Gráfico A.3).

3. METODOLOGÍA

Dado el objetivo de esta tesis, se procede con un análisis de regresión según se detalla a continuación. A partir de la construcción de un panel anual de provincias, que abarca el período 2007-2018, se estima una regresión de panel de efectos fijos (ecuación 1). bn_{it} es la pérdida relativa de bosques nativos de la provincia i en el año t . $precios\ cultivos_{it}$ es el promedio ponderado de los precios de los principales cultivos agrícolas vigentes en la provincia i en el año t . ∂_i son efectos fijos geográficos (por provincia), θ_t son efectos fijos temporales, X_{it} es un vector de covariables (incluye densidad poblacional, PBI per cápita, participación del empleo primario en el empleo total y participación de las manufacturas de origen primario en las exportaciones) y μ_{it} es el término de error del modelo.

$$bn_{it} = \beta_0 + \beta_1 precios\ cultivos_{it} + \partial_i + \theta_t + \pi X_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

El coeficiente de interés es β_1 . Se espera que sea positivo, esto es, mayores precios de los principales cultivos agrícolas se asocian a una mayor pérdida de bosques nativos. Siguiendo a Egolf (2017), se construye el regresor de la siguiente manera:

$$precios\ cultivos_{it} = prs_{it} * parts_{qit} + prm_{it} * partm_{qit} + prt_{it} * partt_{qit} + prg_{it} * partg_{qit} \quad (2)$$

donde prs_{it} , prm_{it} , prt_{it} y prg_{it} son los precios de los cultivos de soja, maíz, trigo y girasol respectivamente; y que, a su vez son ponderados por la participación que tiene cada uno de ellos en la actividad agrícola de cada provincia (representado por $parts_{qit}$, $partm_{qit}$, $partt_{qit}$ y $partg_{qit}$). El subíndice i corresponde a provincia, t al año y q a cantidades en toneladas.

Además de contemplar el impacto de los precios agrícolas sobre la pérdida de bosques nativos, se estima el potencial efecto sustitución de la expansión de la frontera agrícola. Esto es, el reemplazo de la superficie de bosque nativo por superficie sembrada con los principales cultivos agrícolas -soja, maíz, trigo y girasol- (ecuación 3). Esta estimación se realiza desagregando por cultivo.

$$bn_{it} = \beta_0 + \beta_1 superficie\ cultivos_{it} + \partial_i + \theta_t + \pi X_{it} + \mu_{it} \quad (3)$$

donde $superficie\ cultivos_{it}$ es la superficie relativa (hectáreas de cultivo en relación a la superficie provincial) sembrada con los principales cultivos agrícolas de la provincia i en el año t . Se espera un coeficiente β_1 positivo y significativo.

Adicionalmente, a los efectos de robustecer los resultados se procede con una variedad de especificaciones alternativas. En primer lugar, se estima el rol que cumplen los incendios forestales como posible canal a través del cual se da el cambio de uso del suelo. Con esta intención se estima la ecuación 4 -similar a la ecuación 1- donde $incendiobn_{it}$ es la superficie forestal incendiada relativa de la provincia i en el año t .

$$incendiobn_{it} = \beta_0 + \beta_1 precios\ cultivos_{it} + \partial_i + \theta_t + \pi X_{it} + \mu_{it} \quad (4)$$

En forma similar a la ecuación 3, en la ecuación 5, se estima el potencial impacto de la expansión de las superficies sembradas de los principales cultivos agrícolas, pero sobre la superficie incendiada por provincia. La estimación se realiza desagregando por cultivo.

$$incendiobn_{it} = \beta_0 + \beta_1 superficie\ cultivos_{it} + \partial_i + \theta_t + \pi X_{it} + \mu_{it} \quad (5)$$

Finalmente, se estima el efecto de la implementación efectiva de la Ley de Bosques. Para ello se considera la ecuación 5, donde $leybn_{it}$ es una variable dummy que toma el valor 1 en el periodo 2011-2018 (2011 es el año a partir del cual todas las provincias del NGA implementan la Ley de Bosques) y 0 en los demás años.

$$bn_{it} = \beta_0 + \beta_1 leybn_{it} + \partial_i + \theta_t + \pi X_{it} + \mu_{it} \quad (6)$$

Se espera que el coeficiente β_1 sea negativo y significativo. Esto es, que la implementación de la Ley de Bosques haya contribuido a la reducción en el ritmo de la deforestación.

4. RESULTADOS

En primer lugar, la Tabla 2 presenta los resultados que surgen de estimar la ecuación 1. Se puede observar la existencia de un efecto positivo de los precios agrícolas sobre la pérdida de bosque nativo. Esto es, mayores precios agrícolas se asocian a una mayor cantidad de superficie deforestada. En efecto, un incremento de 100 puntos de los precios agrícolas resulta en un aumento del 0.45% en la pérdida de bosque nativo. Estos

resultados sugieren la existencia de un efecto sustitución (de bosque nativo a cultivos agrícolas).

Tabla 2: Pérdida de bosques nativos y precios agrícolas

Pérdida bosque nativo	Coefficiente	Error estándar
Índice precios agrícolas	.0000452**	.0000205
PBG per cápita	-4.620440	3.521417
Porcentaje de empleo primario	.1183294	1.304487
Densidad poblacional	.0016258	.0224531
Porcentaje de MOAyPP	-.6289812***	.2200038
Efectos fijos temporales	Si	
Efectos fijos geográficos	Si	
Número de grupos	9	
R ²	0.78	

Fuente: elaboración propia

Nota: * significativo al 10%, ** significativo al 5%, *** significativo al 1%. Cada grupo corresponde a una provincia del NGA. Se excluye la provincia de La Rioja por falta de datos. Errores robustos.

Este hallazgo es consistente con lo reportado en estudios previos. Así, La Rosa Salazar (2016), para el caso de Perú, halla que los precios de los cultivos son uno de los principales determinantes de la deforestación. Otros trabajos han reportado resultados similares (Cabido, *et. al* 2005; Grau *et al.* 2005; Zak *et al.* 2008).

En segundo lugar, la Tabla 3 avanza en estimar la magnitud del efecto sustitución entre bosque nativo y cultivos agrícolas al incorporar como regresores a la superficie sembrada de cada uno de los principales cultivos. Las estimaciones sugieren que una mayor superficie cultivada de soja y, en menor medida, de girasol resulta en una mayor superficie deforestada. Este resultado es esperable dado que la soja es el principal cultivo agrícola argentino en términos de la superficie afectada a esta actividad (Gráfico A.3). Al respecto, numerosos autores han abordado las potenciales implicancias del proceso de sojización en el norte argentino sobre la pérdida de bosque nativo (Cabido,

et. al 2005; Grau et al. 2005; Pacha et al. 2007; Zak et al. 2008; Paolasso, Krapovickas y Gasparri, 2012; Piquer-Rodríguez et al. 2015).

Tabla 3: Impacto de la superficie de los cultivos agrícolas sobre la pérdida de bosque nativo.

	Superficie soja	Superficie trigo	Superficie maíz	Superficie girasol
Pérdida bosque nativo	.3971416*** (.148534)	.0253408 (.1523745)	-.1785435 (.1565062)	.0524819*** (.0056212)
Efectos fijos temporales	Si	Si	Si	Si
Efectos fijos geográficos	Si	Si	Si	Si
Número de grupos	9	9	9	9
R ²	0.77	0.69	0.67	0.92

Fuente: elaboración propia

Nota: * significativo al 10%, ** significativo al 5%, *** significativo al 1%. Cada grupo corresponde a una provincia del NGA. Errores robustos entre paréntesis.

Hasta aquí se ha observado que mayores incentivos económicos (precios agrícolas) operan en favor de un efecto sustitución y, en particular, cuáles son los cultivos responsables de este efecto. Resulta relevante, entonces, poder conocer a través de qué canal tiene lugar este efecto sustitución. En la Tabla 4, se brindan estimaciones al respecto al considerar la superficie incendiada por provincia.

Tabla 4: Impacto del índice de precios sobre la superficie incendiada

Incendios en hectáreas	Coefficiente
Índice de precios	.8665639** (.4082353)
Efectos fijos temporales	Si
Efectos fijos geográficos	Si
Número de grupos	9
R ²	0.28

Fuente: elaboración propia

Nota: * significativo al 10%, ** significativo al 5%, *** significativo al 1%. Cada grupo corresponde a una provincia del NGA. Errores robustos entre paréntesis.

Los resultados muestran que los precios agrícolas tienen un efecto positivo y significativo sobre la superficie incendiada. Lo anterior implica que la sustitución de bosque nativo por cultivos agrícolas tiene lugar a partir del incendio de superficies boscosas. Este hallazgo es consistente con los resultados obtenidos por Egolf (2017) para Argentina. La autora demuestra que durante la etapa de transición de la Ley de Bosques (después de su sanción, pero antes de la entrada en vigencia de los ordenamientos territoriales provinciales) el número de incendios aumenta respecto a años previos debido al alto costo de oportunidad de conservar los bosques. Es decir, que los incendios fueron utilizados como medio para realizar el cambio de uso del suelo. Más aún, la evidencia empírica de Argentina muestra que la ocurrencia de desastres, como incendios forestales, conllevan a cuantiosas pérdidas macroeconómicas -reducción del crecimiento económico- así como microeconómicas luego de la exposición a desastres (González, Santos y London, 2020).

La Tabla 5, muestra el impacto de las hectáreas sembradas de los principales cultivos sobre la superficie incendiada. Se puede observar que tres de los cuatro cultivos considerados (soja, trigo y girasol), generan un efecto significativo y positivo sobre las hectáreas incendiadas. Esto es consistente con los hallazgos previos y confirma que los incendios forestales operan como el mecanismo para el cambio en el uso del suelo -de bosque nativo a cultivos agrícolas-.

Tabla 5: Impacto de la superficie de los cultivos agrícolas sobre la superficie incendiada

	Superficie relativa de soja	Superficie relativa de trigo	Superficie relativa de maíz	Superficie relativa de girasol
Incendios en porcentaje de superficie provincial	.0038798* (.0022734)	.0027181*** (.0003222)	-.0003272 (.0013167)	.0006422*** (.0000845)
Efectos fijos temporales	Si	Si	Si	Si
Efectos fijos geográficos	Si	Si	Si	Si
Número de grupos	9	9	9	9
R ²	0.32	0.31	0.22	0.73

Fuente: elaboración propia

Nota: * significativo al 10%, ** significativo al 5%, *** significativo al 1%. Cada grupo corresponde a una provincia del NGA. Errores robustos entre paréntesis.

Finalmente, la Tabla 6 muestra el efecto de la implementación efectiva de la Ley de Bosques sobre los niveles de deforestación en el Norte Grande Argentino. Las estimaciones muestran que la implementación de la Ley de Bosques logra reducir la pérdida de bosques nativos, tanto en valores absolutos como en porcentaje de la superficie provincial. Esto demuestra la importancia del marco legal-institucional vigente para explicar los niveles de deforestación. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Minaverry y Gally (2013). Los autores resaltan que la Ley de Bosques constituye un importante avance en materia de regulación ambiental. Culas (2007) también sostiene que mejoras en las instituciones y políticas ambientales contribuyen a reducir significativamente la tasa de deforestación sin obstaculizar el nivel de crecimiento económico.

Tabla 6: Impacto de la Ley de BN sobre la deforestación

	Pérdida de bosque nativo en hectáreas	Pérdida de bosque nativo en porcentaje de superficie provincial
Dummy Ley de BN (2011-2018)	-58700.11** (30016.38)	-.532444*** (.1906824)
Efectos fijos temporales	Si	Si
Efectos fijos geográficos	Si	Si
Número de grupos	9	9
R ²	0.69	0.73

Fuente: elaboración propia

Nota: * significativo al 10%, ** significativo al 5%, *** significativo al 1%. Cada grupo corresponde a una provincia del NGA. Errores robustos entre paréntesis.

5. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se analizó el impacto de la expansión de la frontera agrícola sobre la deforestación en el Norte Grande Argentino, durante el período 2007-2018. Los hallazgos son de relevancia por múltiples razones. Primero, los resultados indican que los incentivos económicos operan como es esperable: mayores precios agrícolas generan mayores niveles de deforestación. Al respecto, se constató la existencia de un

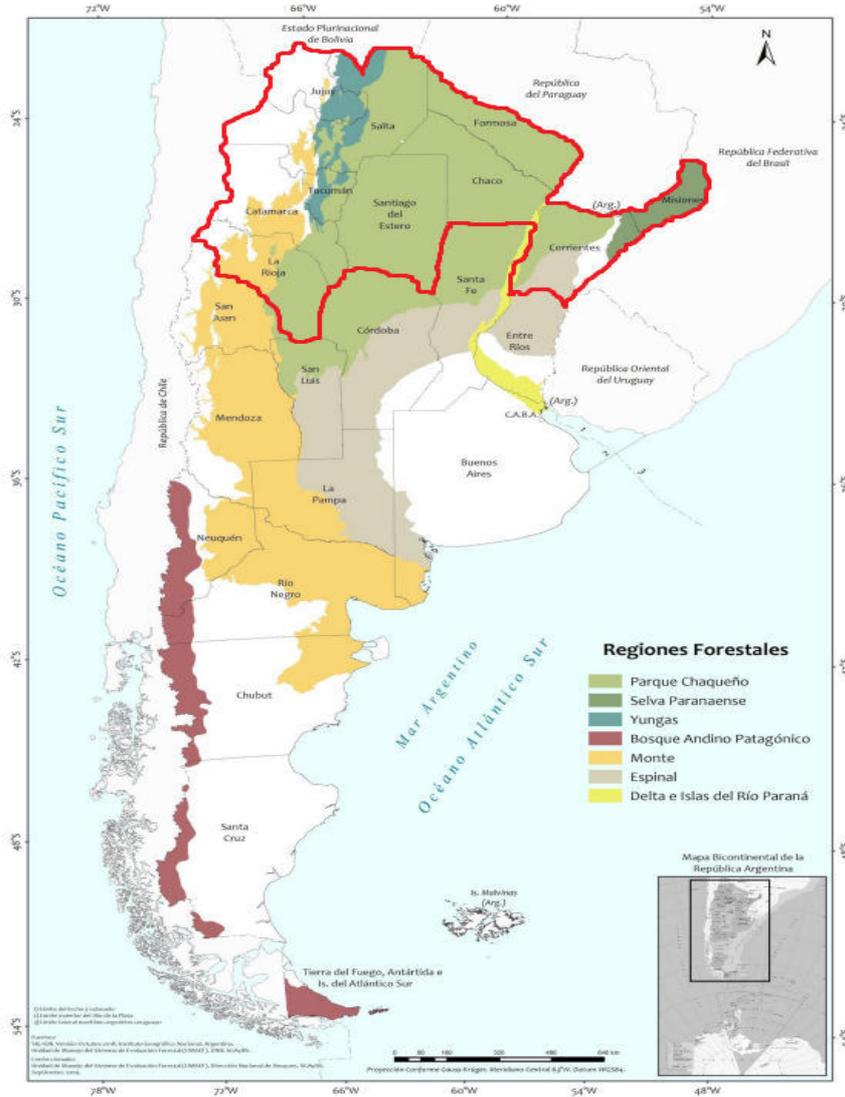
efecto sustitución entre la superficie de bosque nativo y la de cultivos agrícolas. Esto es especialmente cierto para los casos de las producciones de soja y girasol.

Segundo, al examinar el canal a través del cual el anterior efecto sustitución tiene lugar se observó que los incendios forestales operan como el mecanismo por el cual se genera este cambio en el uso del suelo. Lo anterior es especialmente cierto para los casos de la soja, trigo y girasol. Esta destrucción del ambiente natural constituye un claro llamado de atención en favor de la protección de los bosques nativos. Tercero, se observó que el marco legal-institucional es un determinante de relevancia al explicar los niveles de deforestación, por lo tanto, no solo los incentivos económicos deben ser atendidos. En particular, se halló que luego de la implementación efectiva de la Ley de Bosques (2011) el ritmo de deforestación disminuyó significativamente.

Considerando los hallazgos de este trabajo, es posible delimitar recomendaciones de política. En primer lugar, se debe atender explícitamente a los incentivos económicos. Así, se deben actualizar, facilitar y cumplir las compensaciones para los poseedores de tierras que mantengan superficies de bosques nativos, cubriendo de esta manera el costo de oportunidad de no reemplazarlas por cultivos. Además, es fundamental que se coordinen las políticas agrícolas y ambientales con el propósito de no generar incentivos contrapuestos. Segundo, aun cuando la Ley de Bosques ha logrado disminuir el ritmo de deforestación, mayores esfuerzos resultan necesarios. Por lo tanto, parece razonable - considerando nuestros hallazgos- medidas que limiten o regularicen el cambio en el uso de suelo de bosques incendiados. Esto permitiría atenuar los incentivos hacia incendios intencionales. Tercero, a los efectos de lograr políticas adecuadas y oportunas es fundamental contar con datos públicos desagregados y actualizados sobre deforestación y las variables clave del sector agrícola (superficie cultivada, precios, rendimiento, entre otras).

ANEXO

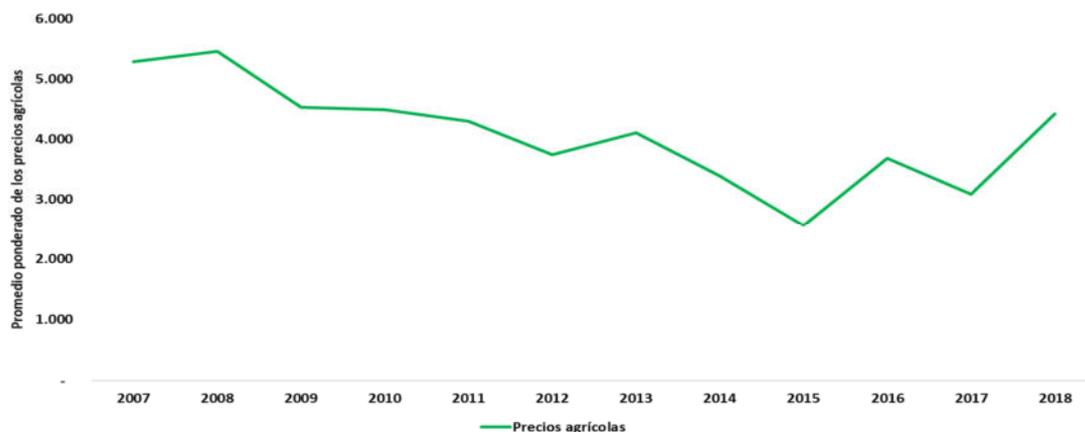
apa A.1: Regiones forestales argentinas



Fuente: editado a partir de la UMSEF – Dirección de Bosques – MayDS.

Nota: el contorno rojo delimita las provincias del Norte Grande Argentino

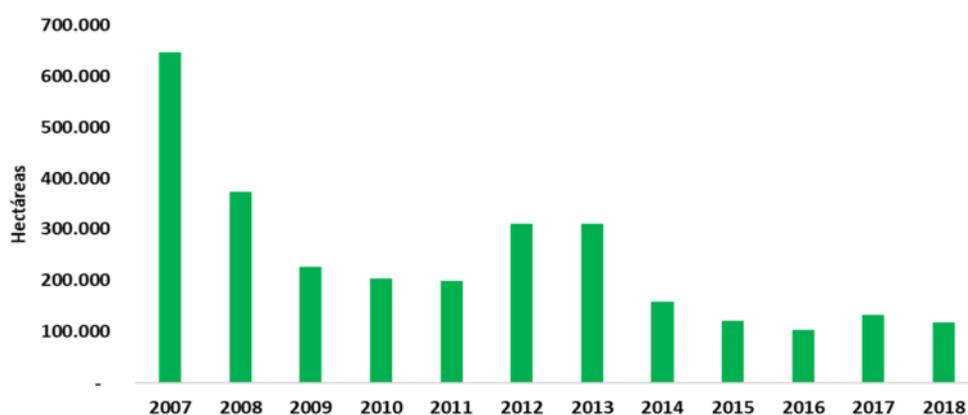
Gráfico A.1: Evolución promedio ponderado de principales cultivos (soja, maíz, trigo y girasol) para el NGA (2007-2018)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de AACREA y la Dirección Nacional de Análisis Económico Agroindustrial - Dirección de Estimaciones Agrícolas – MAGyP.

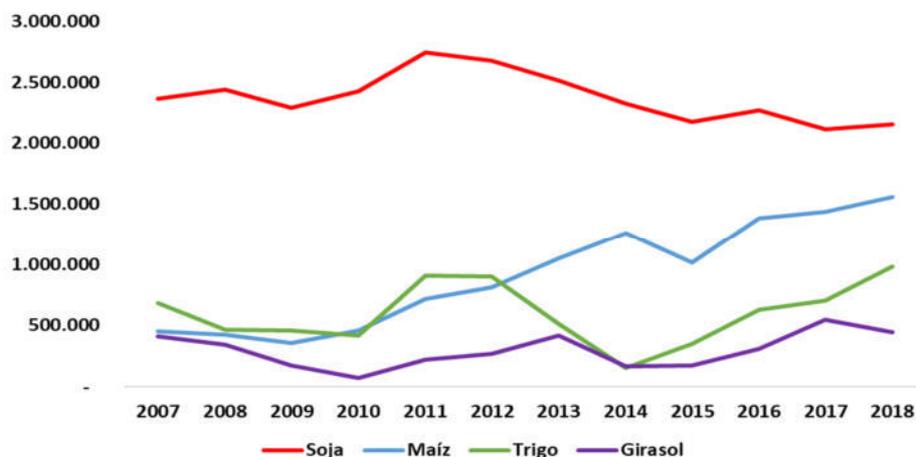
Nota: la metodología de construcción del promedio ponderado se detalla en la sección de Metodología

Gráfico A.2: Evolución de la deforestación en el NGA (2007-2018)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la UMSEF - Dirección de Bosques - MAyDS.

Gráfico A.3: Evolución de las hectáreas sembradas de soja, maíz, trigo y girasol en las provincias del NGA (2007-2018)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección Nacional de Análisis Económico Agroindustrial - Dirección de Estimaciones Agrícolas – MAGyP.

6. REFERENCIAS

Banco Mundial (2002). A revised forest strategy for the World Bank Group. Washington: DC.

Cabido, M.; Zak, M.; Cingolani, A.; Cáceres, D.; y Diaz, S. (2005). Cambio en la cobertura de la vegetación del centro de la Argentina. ¿Factores directos o causas subyacentes?. En Oosterheld, M., Aguiar, M., Ghera, M., y Paruelo J. (Ed.), La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas (pp. 271 - 300). Buenos Aires: Facultad de Agronomía - UBA.

Culas, R. (2007). Deforestation and the environmental Kuznets curve: An institutional perspective. *Ecological Economics*, 61, 429-437.

Egolf, P. (2017). Estudio Econométrico sobre Incendios Forestales e Incentivos Económicos a partir de la Ley de Bosques en Argentina (tesis de maestría). Universidad del CEMA.

FAO y UNEP (2020). The state of the world's forests 2020. Reporte Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca8642en/CA8642EN.pdf>

FAO. (2017). Strengthening sector policies for better food security and nutrition results – Forestry. Policy Guidance Note 3. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7215e.pdf>

Ferraz, C. (2001). Explaining Agriculture Expansion and Deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon - 1980/98. Discussion Papers 828, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA.

Ferretti-Gallon, K.; & Busch, J. (2014). What Drives Deforestation and What Stops It? A Meta-Analysis of Spatially Explicit Econometric Studies. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11 (1), 3-23.

González, F.; London, S. (2018). Aportes a la identificación y cuantificación de las externalidades de la foresto industria: el caso de Puerto Piray (Misiones). *SaberEs*, 10(2), 129-151.

González, F.; London, S.; Santos, M. (2019). Pobreza y medio ambiente: una medición con micro-datos para el Norte Grande Argentino. *Desarrollo y Medio Ambiente*, 50, 272-289.

González, F.; Santos, M.; London, S. (2020). Desastres naturales y crecimiento económico: evidencia para distritos de Argentina. Working paper 32, REDNIE. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1JhasAsFt85kQZEJpK1dLaHZaEbfWtqY6/view>

González, F.; Santos, M.; London, S. (2020). Persistent effects of natural disasters on human development: quasi-experimental evidence for Argentina. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01064-7>

Grau, R.; Gasparri, N. & Aide, T. (2005). Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation* 32 (2), 140-148.

Griscom, B.; Adams, J.; Ellis, P.; Houghton, R. et al. (2017). Natural climate solutions. *PNAS*, 114(44), 11645-11650.

La Rosa Salazar, M. A. (2016). *Determinantes de la Deforestación en el Perú: Evidencia de un Panel de Datos de 10 Departamentos para el Periodo 2001-2012* (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Lavalle, A.; Fernandez, N.; Lozanoff, J.; Ferro, G.; y Fiocchi, S. (2010). Política Forestal. Los Bosques Nativos y la Preservación del Medio Ambiente. Observatorio de Políticas Públicas del Cuerpo de Administradores Gubernamentales de la Jefatura de Gabinete de Ministros.

Leblois, A.; Damette, O.; Wolfersberger, J. (2016). What has driven deforestation in developing countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. *World Development*, 92, 82-102.

Mathews, J.; & Goldsztein, H. (2009). Capturing latecomer advantages in the adoption of biofuels: The case of Argentina. *Energy Policy* 37, 326–337.

Minaverry, C.; y Gally, T. (2013). La implementación de la protección legal de los bosques nativos en Argentina. *Pensamiento Jurídico*, 35, 253-278.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2017). *Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático*. Recuperado de https://redd.unfccc.int/files/4849_1_plan_de_accion_nacional_de_bosques_y_cambio_climatico_-_argentina.pdf

Montenegro, C. et al. (2005). *Estimación de la Perdida de Superficie de Bosque Nativo y Tasa de Deforestación en el Norte de la Argentina*. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal - Dirección Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/323548055_Estimacion_de_la_perdida_de_superficie_de_bosque_nativo_y_tasa_de_deforestacion_en_el_norte_de_argentina

Muñoz y Asociados (2019). Serie de PBG por provincia, 2004-2018. Disponible bajo pedido a los autores.

Nilsson, K.; Sangster, M.; Gallis, C.; Hartig, T.; De Vries, S.; Seeland, K. & Schipperijn, J.; eds. (2010). *Forests, trees and human health*. New York: Springer.

Pacha, M.; Luque, S.; Galetto, L.; & Iverson, L. (2007). Understanding Biodiversity Loss: An overview on Forest Fragmentation in South America. IALE Landscape Research and Management papers. International Association of Landscape Ecology.

Paolasso, P.; Krapovickas, J.; y Gasparri, N. (2012). Deforestación, expansión agropecuaria y dinámica demográfica en el Chaco Seco Argentino durante la década de los noventa. *Latin American Research Review*, 47 (1), 35-63.

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.

Zak, M.; Cabido, M.; Cáceres, D.; & Díaz, S. (2008). What Drives Accelerated Land Cover Change in Central Argentina? Synergistic Consequences of Climatic, Socioeconomic, and Technological Factors. *Environmental Management*, 42, 181-189.