

ESTUDIO ECONOMETRICO SOBRE INCENDIOS FORESTALES E INCENTIVOS ECONÓMICOS A PARTIR DE LA LEY DE BOSQUES EN ARGENTINA

Patricia Egolf*

Universidad del CEMA

Marzo, 2017.

Resumen

El trabajo tiene como objetivo analizar la relación causal entre incentivos económicos e incendios forestales. En particular, se analiza el cambio que provocó la Ley 26.331 en la estructura individual de incentivos económicos y su efecto en el delito de incendios intencionales, aprovechando la implementación secuencial a nivel nacional y provincial como mecanismo de identificación. La pregunta que se plantea ante la prohibición de desmontar bosques nativos es: ¿aumenta el número de incendios intencionales provocados con el fin de dar uso productivo a un área restringida?

El análisis empírico emplea un modelo de efectos fijos para datos en panel utilizando como variable dependiente el número de incendios forestales anuales por provincia en el período 2002-2014. Se identificó un efecto significativo de incremento de incendios durante la etapa de transición (2009-2011 aproximadamente). En promedio se duplicaron los incendios en este período, pasando de 4 a 8 incendios por cada 100 mil ha de tierras forestales.

Clasificación JEL: Q15, Q23, K32.

Palabras claves: incendios forestales, incentivos económicos, ley ambiental.

*Autor: Patricia Egolf. Correo electrónico: egolf.patricia@inta.gob.ar. Agradezco a Daniel Lema, Ignacio Pace, Jorge Streb, Luis Colcombet, Hugo Fassola y Martín Pinazo por sus comentarios y sugerencias. También al equipo del Instituto de Economía de INTA por sus aportes.

I. Introducción

En los últimos años las políticas relativas a protección ambiental adquirieron mayor protagonismo en Argentina, notándose un incremento en las medidas que regulan el uso de los recursos naturales. Este fue el caso de la Ley de “*Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos*” (en adelante Ley de BN), que estableció restricciones al cambio del uso de tierras forestales con el objetivo principal de frenar la deforestación indiscriminada de bosques nativos.

No obstante, esta restricción fue quebrantada parcialmente por la deforestación ilegal, principalmente durante el período en que fueron suspendidos los permisos que autorizan a realizar desmontes legales. Sin este permiso, para desmontar y dar a la tierra un uso alternativo hay dos vías posibles: a) la tala ilegal del bosque; b) provocar un incendio intencional y simular un hecho accidental. El presente trabajo centra el análisis en los incendios forestales intencionales realizados por motivaciones económicas.

Si bien el número total de incendios forestales tuvo una tendencia decreciente en los últimos años en el territorio argentino, las causas atribuibles a estos incendios son cada vez más inciertas y la intensidad con que se propagan es a su vez mayor.

El presente estudio tiene como objetivo analizar la posible relación causal entre incentivos económicos e incendios forestales. La pregunta que se plantea ante la prohibición o restricciones de desmontar bosque nativo es: ¿aumenta el número de delitos (incendios intencionales) cometidos con el fin de dar uso productivo a un área restringida?

En un escenario de precios relativos favorables a la agricultura durante los últimos años (Lavalle et al. 2010), los individuos pueden percibir un elevado costo de oportunidad por conservar el bosque en su estado natural y privilegiar el avance de la frontera agrícola. Si bien existe una compensación económica establecida por la ley para los

propietarios de tierras cubiertas por BN¹, esta es relativamente baja y en general no es solicitada por los propietarios. Por otra parte, proceder vía legal a realizar el cambio del uso de tierra de conservación de bosque nativo a una actividad agropecuaria podría ser más costoso que efectuarlo infringiendo la ley.

Por lo tanto, resulta interesante analizar el cambio que provocó la ley de BN en la estructura de incentivos económicos y evaluar el potencial efecto causal de esta normativa en los incendios forestales intencionales.

El período considerado abarca años previos y posteriores a la aplicación de la ley de BN, durante los cuales el efecto esperado de la implementación de la ley de BN no es evidente dado que la ley se implementó en forma secuencial, primero desde el nivel nacional con un decreto reglamentario y luego en el ámbito provincial con leyes de ordenamiento local. Esto hace que el resultado de su implementación pueda ser ambiguo porque, por un lado, puede existir un efecto positivo en el caso que opere un “efecto anticipación” por parte de individuos que intentaron evitar las restricciones legales excluyendo el sitio del alcance de la normativa previo a la implementación del ordenamiento local. Este caso sería particularmente interesante porque es un instrumento indirecto a partir del cual se evalúa la existencia de incentivos económicos para provocar incendios, independientemente de cuál fue el motivo económico específico. Por el otro lado, puede existir un efecto negativo si existen mayores restricciones y control a partir de la aplicación de la normativa a nivel local.

Aunque en Argentina existen trabajos que investigan el patrón del uso del fuego y se desarrollaron modelos de comportamiento del mismo, no existen estudios que analicen desde un enfoque económico los incendios forestales en las diferentes provincias. El

¹ En la práctica las provincias reciben fondos muy inferiores a lo estipulado por la Ley 26.331 (Minaverri y Gally 2013) y esto desalienta al propietario a presentar un plan de gestión sustentable para acceder al beneficio.

marco teórico de referencia para el presente trabajo es el modelo que analiza el comportamiento criminal basado en elecciones racionales (Becker 1968).

El trabajo se organiza del siguiente modo, primero se presenta una descripción de la situación, detallando tanto el cambio institucional generado por la ley como la estructura de incentivos económicos vigente. En la sección II se presentan los antecedentes en la literatura, y en la sección III el modelo teórico. Las siguientes secciones describen de manera sintética la evolución de los incendios forestales en Argentina y luego se presenta el modelo econométrico aplicado. Por último, se muestran los resultados obtenidos y se analizan las principales conclusiones del trabajo.

II. Instituciones e Incentivos Económicos

Este análisis de instituciones e incentivos económicos es relevante porque en Argentina los bosques nativos se encuentran mayormente en tierras que tienen derechos de propiedad definidos. En consecuencia, las restricciones sobre las decisiones de uso de los recursos implican consecuencias directas sobre los propietarios de los mismos. La hipótesis central desarrollada en este trabajo es que existen incentivos económicos que pueden motivar el delito de incendios forestales intencionales si los propietarios de la tierra perciben un elevado costo de oportunidad por conservar el bosque.

En la siguiente sección se describe la transición hacia mayores restricciones en el uso de tierras forestales a partir de la implementación de Ley de BN en el ámbito nacional y provincial, y la estructura de incentivos económicos en el período 2002-2014.

A. Instituciones: marco legislativo en materia de bosques nativos

La ley de BN nacional tiene por objetivo declarado establecer presupuestos mínimos de protección ambiental, para ello establece los criterios mínimos de categorización de tierras forestales y exige su aplicación a través del Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) en las provincias. Este proceso consistió en clasificar la superficie

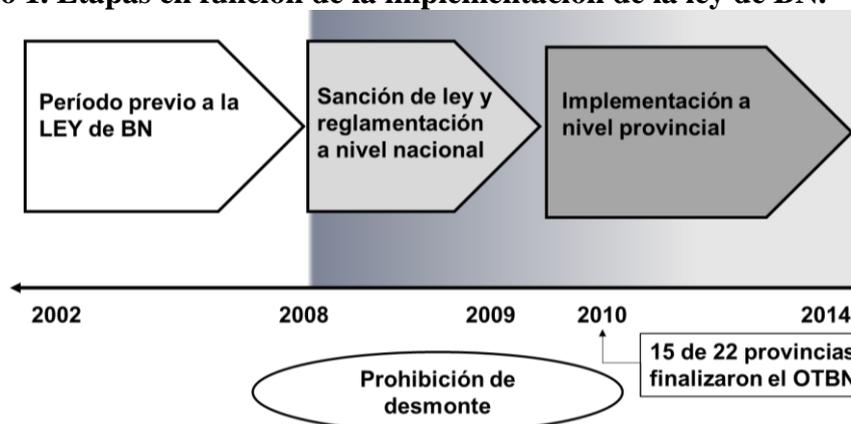
forestal existente en tres categorías de conservación (roja, amarilla y verde), las dos categorías de mayor conservación (roja y amarilla) limitan el cambio de uso de la tierra y comprenden en general entre el 70% y 90% del total de superficie boscosa en las provincias (Área de Ordenamiento Territorial y Área de Vinculación y Control 2016).

A continuación, se analiza la secuencia temporal de la implementación de esta normativa, se identifica cada etapa y las principales implicaciones en cada una de ellas.

La implementación de ley de BN

El 28 de noviembre del año 2007 se sancionó la Ley Nacional N° 26.331 y más tarde, en 2009, se aprobó el decreto reglamentario de esta ley. Transcurrieron varios años hasta que la mayoría de las provincias cumplieron con el proceso de OTBN, período durante el cual no primó la precaución de controlar con mayor rigor actividades ilícitas que pudieron afectar la conservación de bosques.

Gráfico 1. Etapas en función de la implementación de la ley de BN.



En el gráfico 1 se puede distinguir claramente la secuencia de tres etapas referidas a la implementación de la ley de BN durante el período analizado 2002-2014: a) período previo a la ley (etapa I), b) período de transición (etapa II), y c) los años posteriores al OTBN (etapa III).

La sanción de la ley nacional anuncia la moratoria de deforestación en bosques nativos hasta la sanción del OTBN provincial (prevista en su artículo N° 8), a esta fase la

denominamos etapa II. Si el bosque entra en categoría roja o amarilla a partir de esta categorización, se hace prácticamente imposible el desmonte legal posterior para cambiar el uso de la tierra hacia actividades productivas. En consecuencia, podría esperarse que durante esta fase haya incrementado la deforestación ilegal. Por ejemplo, si un propietario tiene tierras con bosque nativo, dado el anuncio de la prohibición de desmontar y ante la incertidumbre acerca de la categoría en que será clasificado, puede tener incentivos a desmontar simulando un incendio accidental para evitar una potencial prohibición de uso económico.

Es preciso aclarar que la ventana temporal de transición varía según provincia, es decir, la etapa II finaliza en el año que cada provincia completó el proceso de OTBN. A finales del año 2010, casi el 70% de las provincias incluidas en este estudio habían cumplido dicha obligación, mientras el resto sancionó la ley provincial entre los años 2011 y 2014². Identificamos esta fase en el gráfico con un color gris que se va degradando hasta el año 2014, concentrándose un mayor número de casos en el período 2008-2010.

B. Incentivos económicos: cambios en la rentabilidad de actividades agropecuarias.

Durante el tiempo que se llevó a cabo la implementación inicial de la nueva legislación en protección ambiental, e incluso en los años posteriores a su aplicación, Argentina transitó por una fase expansiva de su frontera agrícola. En parte por los avances tecnológicos aplicados en el sector y también por precios relativos favorables a la agricultura en los últimos años (Lavallo A. et al 2010).

Un reciente estudio sobre la expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ambiental (Viglizzo y Jobbágy 2010) detalla como afectó esta expansión a las

² En las provincias que sancionaron su ley provincial desde el año 2010 en adelante la prohibición de desmonte continuó vigente. Mayor detalle sobre el año en que finalizó cada provincia ver en anexo tabla A1.

áreas naturales, destacando que en el período 2000-2005 los frentes más activos de avance se registraron en el centro del país con dirección noroeste, donde existe una importante concentración de BN.

El contexto económico favorable a la agricultura más una baja compensación por conservar BN son factores que sumados al bajo grado de cumplimiento y control de las leyes en general (y ambientales en particular) pueden incentivar a realizar el cambio del uso de tierra infringiendo la ley como una decisión racional, dados los costos y beneficios asociados.

III. Revisión de literatura: incendios intencionales por motivos económicos

Aplicar un enfoque que permita analizar los incendios intencionales como fenómeno económico requiere indagar en primera instancia pruebas de una relación causal entre factores económicos e incendios provocados. Los primeros estudios que buscaron evidencias sobre correlación entre eventos de incendios provocados y variables económicas surgen en la industria de seguro. En este contexto, Hershberger y Miller (1978), realizaron un aporte fundamental a partir de su trabajo “The Impact of Economic Conditions on the Incidence of Arson”. Estos autores analizaron el vínculo entre el movimiento de un conjunto de indicadores económicos y pérdidas por incendios provocados y encontraron para ciertas variables una relación estadísticamente significativa, a partir de las cuales es posible explicar parte del comportamiento de las pérdidas.

Trabajos más recientes extendieron el análisis específicamente hacia los incendios forestales intencionales. Inicialmente surgieron estudios que modelaron la ocurrencia de incendios forestales según el tipo de uso del suelo, incorporando a su vez variables económicas relevantes con el fin de evaluar si los incendios fueron motivados por lucro (Martínez, Chuvieco y Martín 2004; Prestemon y Butry 2005; Arima et al. 2007).

En particular, el análisis empírico desarrollado por Michetti y Pinar (2013), emplea técnicas econométricas de datos de panel para estudiar las causas de la frecuencia de incendios forestales y su intensidad en Italia. Los autores definen tres áreas geográficas con el fin de capturar aspectos específicos de cada una y confirman diferencias en el patrón de fuego entre regiones. Por ejemplo, en el sur de Italia se identificó que la presencia de organizaciones ilegales está positivamente correlacionada con el número de incendios forestales.

Por otra parte, Martínez, Chuvieco y Martín (2004) plantearon un modelo para predecir la probabilidad de que una unidad espacial tenga una alta o baja ocurrencia de incendios de origen humano en España.

En los últimos años surgieron estudios que profundizaron la investigación en la existencia de incentivos económicos que podrían motivar incendios intencionales en Bosques Nativos. Pero, el énfasis estuvo focalizado en hallar una variable que permita confirmar la intencionalidad del incendio y no sólo los incentivos económicos (Arima et al. 2007; Dogandjieva 2008; Mothershead 2012).

Siguiendo esta línea, el enfoque conceptual aplicado en el presente trabajo está basado principalmente en el análisis planteado por Dogandjieva (2008). Este autor emplea un modelo económico de comportamiento criminal con el fin de examinar la relación entre precio de tierra, granos, madera y la incidencia de incendios forestales intencionales en el sur de Europa. Su trabajo evaluó la intencionalidad de los incendios a partir de una variable específica que representa el cumplimiento de la ley (“law enforcement”). El autor comprueba la existencia de evidencias sobre el vínculo entre incentivos económicos y los incendios forestales, pero no pudo corroborar que los incendios han sido intencionales a partir de la variable empleada.

Un importante antecedente en América Latina es el estudio desarrollado por Arima et al. (2007), en el cual estiman la probabilidad de ocurrencia de incendios agrícolas y forestales en la Amazonia de Brasil. Las principales conclusiones de este trabajo fueron, por un lado, que el aumento de precios de carne y soja, acompañado de pavimentación de ciertas rutas, incidieron de forma positiva en la ocurrencia de los incendios forestales; mientras que por el otro lado, la creación de áreas protegidas revirtió en parte este efecto, reduciendo la incidencia de este evento.

Finalmente, hay estudios que consideran el análisis de efectos adversos generados por ciertas políticas; por ejemplo, políticas de gestión ambiental inapropiadas que ocasionan distorsiones en la estructura de incentivos individuales y afectan la incidencia de incendios forestales. Pazienza y Beraldo (2004) analizaron el efecto de una ley forestal en la variación de la frecuencia de incendios forestales en el Sur de Italia, y concluyeron que la política ambiental relacionada con el manejo de emergencias de incendios forestales incentivó a personas desempleadas a realizar quemas intencionales en Bosques Nativos. Esto sucedió porque, de acuerdo a lo previsto en la ley, esperaban ser empleadas como bomberos voluntarios para combatir el fuego.

Estos potenciales efectos adversos son importantes porque impactan de modo negativo la eficacia de los instrumentos de política, dado que los agentes reaccionan de una manera diferente a la prevista por legisladores o políticos (Johnson et al. 1997).

IV. Marco teórico

A. Economía del crimen

Los modelos económicos de teoría de la elección, entre ellos los que explican el comportamiento criminal, suponen que los individuos responden a incentivos y se comportan de manera racional. Es decir, se asume que si los costos o beneficios asociados a una acción cambian, a su vez la acción de los agentes es muy probable que

cambie (Eide y Heineke 1981). Bajo estos supuestos, según Becker (1968): “una persona se convierte en criminal no porque sus motivaciones difieren de otras personas, sino porque sus costos y beneficios son diferentes de los demás”.

El incendio forestal intencional es una actividad ilegal que busca afectar deliberadamente áreas rurales con la acción del fuego sin control. El modelo de elección racional desarrollado por Gary Becker (1968) es el marco conceptual elegido para el análisis de este tipo de evento, el cual se asume una actividad ilegal realizada por motivos económicos.

De acuerdo al modelo de Becker, la elección del individuo racional se basa en maximizar su ganancia individual, que será incierta en el caso de la actividad ilícita porque el agente no tiene certeza sobre la ganancia neta derivada del delito. Por lo tanto, el individuo maximiza una función de utilidad esperada que computa los beneficios netos de la actividad criminal.

El modelo asume que una persona comete delitos sólo si su utilidad esperada excede la utilidad derivada de usar su tiempo y otros recursos en una actividad alternativa. Formalmente, la utilidad esperada de cometer el delito para un individuo j queda expresada de la siguiente manera,

$$E(U_j) = p_j * U_j(y_j - f_j) + (1 - p_j) * U_j(y_j) \quad (1)$$

y_j es el *ingreso* de cometer el delito (botín), p_j la *probabilidad de ser descubierto* e ir a prisión, f_j es la *pena* que deberá pagar si es capturado (equivalente en términos monetarios).

Si analizamos las derivadas parciales de esta función con respecto a las variables exógenas p_j y f_j podemos obtener predicciones sobre el comportamiento individual. Así, un incremento de la probabilidad de ser capturado disminuirá marginalmente la utilidad

y, en consecuencia, los incentivos a cometer el delito. Lo mismo ocurrirá con un incremento en la penalidad:

$$\frac{dE(U_j)}{dp_j} = U_j(y_j - f_j) - U_j(f_j) < 0 \quad (2)$$

$$\frac{dE(U_j)}{df_j} = p_j * U'_j(y_j - f_j) < 0 \quad (3)$$

De la misma manera podemos esperar que un aumento del ingreso proveniente de la actividad ilegal incrementará la utilidad esperada del delito, convirtiendo al delito más atractivo para el individuo.

Becker (1968) expresa a partir de este planteo la *función de oferta de delitos* (O_j) de un individuo en función de las variables exógenas del modelo: *probabilidad de ser capturado, la pena y el ingreso procedente de la actividad ilegal*,

$$O_j = (p_j, f_j, y_j, u_j) \quad (4)$$

Donde u_j es la variable que contiene todos los *demás factores* que influyen en la decisión individual de cometer un delito. En el caso que alguna de las variables exógenas de la función de oferta cambie, varía la utilidad esperada de cometer el delito y afecta de esta forma la elección entre actividad lícita e ilícita.

Las variables f_j y p_j pueden ser agrupadas en una sola variable fp_j , que representa tanto la probabilidad de ser arrestado como la penalidad por cometer el delito para el individuo j (Dogandjieva, 2008)³. De este modo, la utilidad esperada de un individuo de provocar un incendio depende en qué medida se logra el efectivo cumplimiento de las leyes: si el cumplimiento es mayor entonces disminuye el beneficio neto de la actividad ilícita porque aumenta las probabilidades de ser descubierto y la obligación de pagar una penalidad.

³ En la aplicación empírica esta variable se simplifica a un índice de *cumplimiento de la ley* ("law enforcement") debido a la escasa disponibilidad de datos sobre p_j y f_j .

En este caso, la variable *ingreso* (y_j) es la ganancia potencial derivada del delito incendios intencionales, y está compuesta por un conjunto de elementos representativos de los incentivos económicos a cometer el delito: precio de la tierra y precio de los principales cultivos, entre otras variables que representan cambios en la rentabilidad de actividades productivas alternativas a conservar el bosque.

Aplicando el razonamiento del modelo, un individuo iniciará un incendio si su utilidad del beneficio neto esperado es positiva y mayor en comparación a la utilidad de realizar el cambio del uso de la tierra por vía legal y a la utilidad de conservar el BN.

El planteo de Becker permite explicar el comportamiento general de los individuos durante las etapas I y III de la implementación de la Ley de BN. No obstante, para la etapa II es necesario plantear un modelo más amplio que considere tanto las implicancias de la decisión en el presente (similar a las etapa I y III) como en el futuro. En la etapa II debe considerarse que el delito puede estar motivado también por las expectativas de ganancias futuras, dado que el incendio puede aumentar la probabilidad de excluir el sitio del alcance de la regulación en los años posteriores. Es decir, debe tenerse en cuenta que el individuo puede, a través del incendio, incidir en el proceso de OTBN y lograr que su terreno no sea categorizado como zona amarilla o roja de conservación de BN. En consecuencia, los incentivos cambian para los individuos dependiendo del momento y la zona en que se encuentren. En el siguiente apartado se plantea el proceso de decisión de los individuos en cada etapa, siguiendo el modelo de Becker, e incorporando los beneficios potenciales de incidir sobre la regulación.

B. Decisión individual según etapa de implementación de la Ley de BN

El agente económico debe elegir si: a) incendia intencionalmente el BN para modificar el uso de la tierra forestal y convertirla en tierra agrícola (vía ilegal), b) solicita permiso para hacerlo legalmente o c) conserva el BN. En función de las etapas, se plantea a

continuación los supuestos bajo los cuales es óptimo para el agente provocar un incendio forestal.

ETAPA I: el individuo compara los beneficios de reemplazar el BN, de manera legal (permiso de tala)⁴ o ilegal (incendio), por una actividad económica (agricultura o ganadería) versus la alternativa de conservar el bosque. Para que el individuo decida provocar el incendio se debe cumplir la siguiente condición,

$$E(U_j) = p_j U_j(R_{aj} - f_j) + (1 - p_j) U_j(R_{aj}) \geq U_j(R_{aj} - C_{Lj}) \geq U_j(R_{Fj}) \quad (5)$$

Donde la primera parte corresponde al beneficio esperado del reemplazo de la superficie boscosa por la vía ilegal, la segunda parte representa el beneficio esperado de la conversión del uso de la tierra legalmente y la última parte a la derecha especifica la utilidad de conservar el BN. R_{aj} es la renta agrícola que obtendría si reemplaza la cobertura boscosa por agricultura, C_{Lj} es el costo legal de realizar el cambio de uso de tierra y R_{Fj} la renta forestal que representa el beneficio por conservar el bosque o la utilidad de reserva. Las demás variables mantienen la definición correspondiente al modelo presentado en la sección anterior.

ETAPA II: el agente evalúa el beneficio esperado de incendiar intencionalmente el BN con el propósito de afectar la categorización del BN, tratando de cambiar la cobertura del suelo en el presente para excluir el sitio del alcance del proceso futuro de OTBN. En esta fase, previa al OTBN, se considera no sólo los beneficios y costos presentes de cometer el delito, sino también los ingresos futuros (renta agrícola o ganadera) en el caso que se logre excluir el terreno del OTBN.

⁴ En este período no existe categorización legal de tierra forestal según grado de conservación.

En primer lugar, para que el individuo decida reemplazar el BN por una actividad agrícola se debe cumplir que la renta de la tierra agrícola descontada sea mayor a la renta de tierras forestales descontada:

$$R_{aj_{t=2}} + R_{aj} \sum_{t=3}^{\infty} \delta_t \geq R_{Fj_{t=2}} + R_{Fj} \sum_{t=3}^{\infty} \delta_t \quad (6)$$

Este supuesto compara las ganancias del período presente (etapa 2) más las ganancias de los periodos posteriores al OTBN en valor presente (descontadas por un factor de descuento δ). Para simplificar el cálculo se supone que la renta y el factor de descuento son constantes en el tiempo, esto permite expresar los flujos como una perpetuidad:

$$\frac{R_{aj}}{r} \geq \frac{R_{Fj}}{r} \quad (7)$$

Durante esta etapa el propietario de la tierra estuvo obligado conservar el BN en su estado original hasta que la provincia respectiva finalizara el OTBN. Es decir, la conversión del uso de la tierra vía legal no fue una alternativa disponible.

Para que el individuo elija cometer el delito se debe cumplir la siguiente condición⁵,

$$E(Ui_j) = p_j \left[q' U_j \left(\frac{R_{aj}}{r} - f_j \right) + (1 - q') U_j \left(\frac{R_{Fj}}{r} - f_j + S \right) \right] + (1 - p_j) \left[q' U_j \left(\frac{R_{aj}}{r} \right) + (1 - q') U_j \left(\frac{R_{Fj}}{r} + S \right) \right] \geq E(Uni_j) = q U_j \left(\frac{R_{aj}}{r} \right) + (1 - q) U_j \left(\frac{R_{Fj}}{r} + S \right) \quad (8)$$

Donde q es la probabilidad que el sitio sea clasificado como categoría verde de acuerdo al OTBN, lo cual podría aproximarse a tierra agrícola dado que en esta categoría es posible solicitar el cambio de uso de tierra; mientras que $1-q$ es la probabilidad que la tierra sea categorizada como amarilla o roja.

Por otra parte, q' es la probabilidad de convertir la tierra forestal en agrícola durante la etapa II a partir de un incendio intencional⁶ (simulando un incendio accidental), y así lograr de esta forma excluir el terreno del proceso de OTBN. Y $1-q'$ es la probabilidad

⁵ Un mayor detalle del mecanismo que opera en la etapa II y la derivación de las condiciones de elección se presenta en el anexo A2 a través de un árbol de decisiones secuenciales.

⁶ Se asume que q' es independiente de la probabilidad de ser descubierto (p). Es decir, el hecho de ser descubierto en el delito de incendio no afecta la probabilidad de categorización del terreno.

que el terreno sea categorizado como amarillo o rojo a pesar del cambio de uso del sitio (en este caso el individuo no logra incidir en la implementación de la normativa).

Cuanto más grande es el diferencial entre la probabilidad de excluir el sitio de la regulación sobre el uso de la tierra respecto a la probabilidad de obtener categoría verde según la normativa, $\Delta = (q' - q)$, mayores incentivos tendrá el individuo j para cometer el delito durante la etapa de transición. Por lo tanto, para que el individuo decida cometer el delito se debe cumplir que la probabilidad de “incidir” en el OTBN y lograr la conversión de tierra boscosa en agrícola sea mayor a la probabilidad de obtener categoría III en función de la Ley de BN ($q'_j > q_j$). De este modo, en esta etapa el delito es motivado además por la posibilidad de modificar endógenamente la normativa para obtener mayores beneficios futuros.

ETAPA III: el planteo es muy similar a la etapa I, con la diferencia que la categorización está determinada y el propietario de la tierra puede acceder a una compensación económica por conservar el BN, dado que así lo establece la ley.

Una vez finalizado el proceso, la categoría asignada al sitio específico determina el uso potencial de la tierra. En esta fase el individuo analiza los costos y beneficios actuales, en función de la categoría asignada a su tierra, así como la probabilidad de ser detectado en caso de cometer el delito. Es posible plantear dos casos:

a) categorización roja o amarilla, que implica obligación de conservar el BN.

$$E(U_j) = p_j U_j(R_{aj} - f_j) + (1 - p_j) U_j(R_{aj}) \geq U_j(R_{Fj} + S) \quad (9)$$

b) categorización verde, con la cual puede solicitar permiso para convertir el uso de la tierra con BN en agrícola.

$$E(U_j) = p_j U_j(R_{aj} - f_j) + (1 - p_j) U_j(R_{aj}) \geq U_j(R_{aj} - C_{Lj}) \geq U_j(R_{Fj} + S) \quad (10)$$

Finalmente, la “oferta de incendios intencionales” puede definirse como una función continua que resulta de agregar las decisiones individuales. Con estas modificaciones al

modelo básico de Becker y siguiendo el planteo conceptual presentado en Dogandjieva (2008), la *oferta de incendios forestales* (FF) queda definida como,

$$FF = f(y_j, fp_j, u_j) \quad (11)$$

Donde *FF* representa la variable dependiente *incendios forestales* (Forest Fires) y u_j contiene los factores que explican los incendios por causas naturales y accidentales.

V. Incendios forestales en Argentina: análisis preliminar de los datos

El número de incendios forestales por provincia por año⁷ es la variable considerada más apropiada para modelar el comportamiento que se analiza en este trabajo, porque la ocurrencia del evento depende directamente de la decisión del agente. En cambio, la extensión del incendio es descartada porque no sólo depende de la decisión del incendiario sino también de diversos factores no controlables (Dogandjieva 2008, Michetti y Pinar 2013).

A continuación, se presenta un análisis descriptivo del número de incendios forestales en Argentina correspondientes a las 22⁸ provincias incluidas en el estudio para el período 2002-2014. Esta variable es expresada en números de incendios anuales por provincia cada 100.000 ha de superficie forestal existente al año 2001 en cada provincia⁹.

A pesar que a nivel agregado se registró una leve tendencia a la disminución en el número de incendios ocurridos entre los años 2002 y 2014, al mismo tiempo, las causas que explican una mayor cantidad de incendios son desconocidas e intencionales y una proporción menor se deben a causas naturales o por negligencia (ver gráfico A3 en el

⁷Los datos corresponden a las estadísticas de incendios forestales que elabora la Dirección de Bosques de Argentina. La definición de Incendio empleada concibe este evento como todo fuego que se extiende sin control sobre superficie que no estaba destinada a arder; esta superficie comprende cuatro tipos de vegetación: bosque nativo, implantado, pastizal y arbustal.

⁸Fueron excluidas del análisis Capital Federal y provincia de Buenos Aires. Buenos Aires no fue incluida porque no ha finalizado el proceso de OTBN y la superficie de BN que posee es muy reducida.

⁹Los datos de superficie existente en el período 1998-2001 corresponden al primer inventario de Bosque Nativo realizado en Argentina. No hay información disponible y actualizada para los siguientes años.

anexo). No obstante, se debe aclarar que los incendios por negligencia representaron en promedio el 27% hasta el año 2009, disminuyendo al 8% en el año 2014.

Si bien, la identificación de la causa de este tipo de evento es compleja y Argentina no dispone de especialistas que investiguen el origen con precisión, al menos la disminución de incendios por negligencia coincide con el funcionamiento del Sistema Federal De Manejo Del Fuego que ha estado vigente por más de diez años¹⁰.

Sin embargo, no queda claro a qué factores son atribuibles el alto porcentaje de incendios cuyas causas son desconocidas. Este desconocimiento forma parte de la motivación del presente análisis, ya que se sospecha que las causas desconocidas pueden incluir incendios intencionales disimulados, y por este motivo se emplea el número total de incendios forestales “sin discriminar según causa”.

Por otra parte, la identificación de los incendios que ocurrieron dentro de Parques Nacionales permite excluir del análisis el número de incendios acontecidos en dichas tierras públicas¹¹. Esta información es empleada para generar una serie de datos de incendios anuales en Parques Nacionales (no disponible por provincia, únicamente a nivel país) normalizada por la superficie total de parques nacionales, que puede servir como control para ser comparada con las demás tierras forestales donde los incentivos económicos son operativos.

Del análisis del gráfico no condicional (ver anexo A4), es posible concluir que existe una relación aproximada de 1 incendio por año cada 100.000 ha en áreas de Parques Nacionales contra 4 por año cada 100.000 ha en el resto de la superficie forestal. Esto puede ser evidencia de que la actividad humana y los incentivos económicos ejercen

¹⁰ Uno de los objetivos de este sistema es, concientizar a la población sobre el impacto del uso del fuego, fomentando el cambio de los hábitos perjudiciales para el ambiente.

¹¹ En tierras de estas características es probable que casi no existan incentivos económicos vinculados a incendios intencionales, dado que su uso productivo está prácticamente prohibido aún en caso de desmonte por incendios.

una importante influencia en la cantidad de incendios que ocurren en superficies forestales.

Con el fin de obtener mayor detalle respecto a diferencias del número de incendios en función de las etapas de implementación de las regulaciones legales, se calcularon las medias de incendios en cada etapa de la implementación de la Ley de BN, para las 22 provincias. En el anexo A5 se presentan los valores de las medias y un test F de diferencias de medias para evaluar si la diferencia es significativa estadísticamente. El test evalúa la hipótesis nula de igualdad del número promedio de incendios forestales en cada etapa.

La comparación simple del promedio de incendios sugiere una disminución de incendios luego de la implementación de la ley de BN. El resultado del test rechaza hipótesis nula y se concluye que al menos una de las medias es diferente. Entonces, según esta evidencia no condicional, el número de incendios en promedio parecen disminuir con la implementación de la ley. No obstante, veremos en la siguiente sección que en las estimaciones econométricas con variables de control y dummies que identifican las etapas de implementación de la ley se obtienen resultados diferentes.

VI. Estimación econométrica

A. Variables del modelo y datos utilizados

Para identificar las variables relevantes que permiten explicar el comportamiento de los incendios forestales se revisó la literatura que analiza este tipo de evento en otras regiones y países¹². Las variables que en particular aproximan por incentivos económicos pueden diferir en la construcción y deben ser ajustadas al contexto y disponibilidad de datos de la región que se pretende analizar.

¹² En el cuadro A6 del anexo se presentan las variables generalmente empleadas en la literatura y los signos esperados según la correlación con la variable dependiente incendios forestales, confeccionado por Michetti y Pinar (2013).

Luego de la selección de las variables, la *función de incendios forestales* (FF) a estimar queda planteada de la siguiente forma:

$$FF = f(IPAA, L, UE, LE, GDPgr, Precip, Temp, Tourism, leyBN) \quad (12)$$

La descripción de las variables utilizadas es la siguiente¹³:

a) Variables de *incentivos económicos*. Fueron seleccionadas para explicar la variación de los posibles ingresos que se obtendría a partir de *incendios intencionales*. El índice de *precio de actividades agrícolas* (IPAA)-que considera la participación de los cuatro principales cultivos agrícolas-; el *stock ganadero* (L) cuyo índice mide el crecimiento de la cantidad de cabezas en el sector de ganadería vacuna. Se incluye una variable más general, el *nivel de desempleo* (UE) a través del cual se intenta medir la relación entre insuficientes oportunidades económicas, bajos ingresos y mayor propensión a cometer actividades ilegales que afecten los recursos naturales (incendios forestales)¹⁴.

b) LE (law enforcement) representa el *costo potencial de cometer el delito para el delincuente*.

c) *Tasa de crecimiento económico* (GDPgr) se incorpora para controlar el efecto del incremento en los ingresos en la sociedad y el posible avance de la urbanización.

d) *Variables meteorológicas*. *Precipitación* (Precip) y *temperatura* (Temp) son las variables escogidas para controlar por las *causas naturales de incendios*.

e) La variable *turismo* (Tourism) permite controlar la intervención humana involuntaria y representa las *causas accidentales*. Para aproximar este efecto se construyó un índice que mide el nivel de ocupación en alojamientos parahoteleros¹⁵. (Debido a una base de datos incompleta no fue incluida en las estimaciones finales).

¹³ Mayor detalle sobre las variables empleadas ver tabla A7 en el anexo.

¹⁴ Es habitual incluir en este conjunto de variables el precio de la tierra, pero no fue posible considerarla porque no hay datos disponibles por provincias.

¹⁵ Establecimientos parahoteleros: hosterías, hospedajes, residenciales, cabañas, bungalows, hostels, albergues, bed & breakfast, pensiones, posadas, lodges de caza y pesca, establecimientos rurales, complejos turísticos y dormis.

Finalmente, para estimar el impacto que el cambio institucional pudo tener sobre el número de incendios forestales intencionales se incorporan variables binarias que identifican las etapas II y III definidas en la sección sobre instituciones.

B. Estimación y Resultados

La ecuación estimable propuesta establece una relación entre la variable dependiente, incendios forestales ($FF_{i,t}$), y un conjunto de variables económicas e institucionales, entre otras, de la siguiente forma:

$$FF_{i,t} = \alpha + \sum_{j=1}^m \gamma_j x_{j i t} + \delta_1 \text{LeyBN_OTBN} + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

para $i = 1..N$, $t = 1..T$, $j = 1 \dots k$, donde LeyBN_OTBN es una variable que representa la etapa II. Específicamente es una variable binaria que asume valor uno a partir del año en que entró en vigencia el decreto reglamentario de la ley de BN¹⁶ y hasta que se sancionó el Ordenamiento Territorial en la provincia i , en el año t . El vector de variables x incluye las mencionadas previamente para controlar por incentivos económicos específicos, condiciones socioeconómicas y climáticas.

Esta especificación implica un conjunto de datos de panel, donde la variable dependiente es función de: un conjunto de controles (x_j), del momento en que se implementan los cambios institucionales y de un efecto específico o fijo por provincia (η_i). El término ε_{it} es un error aleatorio que se supone iid $\sim N(0, \sigma^2)$.

Si suponemos que los efectos específicos no observables son idénticos por provincia e independientes del término de error, que el término de error no está serialmente correlacionado y que las variables explicativas son estrictamente exógenas, entonces es posible estimar esta relación por mínimos cuadrados ordinarios. Sin embargo, estos

¹⁶ Existen dos variables posibles que delimitan el inicio de la etapa II, por un lado la sanción de la ley nacional (Dic 2007), y por el otro el decreto reglamentario (2009). Para delimitar la *ventana temporal* relevante se seleccionó el año 2009 como el inicio de la etapa II, porque se presume que los agentes acceden información más precisa sobre los criterios que guiaron a las provincias para realizar el OTBN.

supuestos pueden no cumplirse en el panel, en particular el supuesto de igualdad de los efectos no observables por provincia. Si esto es así entonces los estimadores OLS son inconsistentes dado que la variable dependiente está correlacionada con el término de error compuesto $w_{i,t} = \eta_i + \varepsilon_{it}$. Teniendo en cuenta esto, se utiliza en las estimaciones el método de Efectos Fijos porque permite controlar la heterogeneidad no observable en el espacio (tales como costumbres locales, tipo de vegetación, tipo de material combustible en función de la vegetación existente, conciencia ciudadana sobre conservación de recursos naturales, flexibilidad legal, entre otras), y también controlar por aquellos cambios que sucedieron en el período y que afectaron a todas las provincias por igual.

Por otra parte, asumimos que la variable de cambio institucional (decreto nacional y ley provincial de OTBN) es estrictamente exógena¹⁷.

Se plantean diferentes modelos que difieren en las variables explicativas consideradas en cada uno de ellos. El *modelo I* incluye únicamente la variable ficticia que representa la ventana temporal de transición (etapa II) sin considerar las variables control.

Luego se incorporan las variables control relativas a incentivos económicos, condiciones socioeconómicas y climáticas. De este modo se evalúa si son persistentes los resultados encontrados en el primer modelo, aun cuándo se controlan por otras variables que influyen en la ocurrencia de incendios forestales. La diferencia entre los modelos II y III es que el último omite la variable IPAA con el fin de mantener un mayor número de observaciones en el panel¹⁸.

¹⁷ A los efectos comparativos de la robustez de los resultados en el anexo se presentan los resultados de las estimaciones realizados por Mínimos Cuadrados Ordinarios (tablas A8 y A9) y también por el método de Efectos Aleatorios (tablas A10 y A11).

¹⁸ La exclusión de algunas provincias en el modelo II se debe a que estas no desarrollan ninguna de las actividades agrícolas consideradas por dicho índice.

Por último, en el modelo IV se incorpora la variable dummy OTBN_2014 a la especificación del modelo III, esta variable asume valor uno a partir de la instrumentación legal del OTBN (leyes provinciales). Esta variable permite captar algún posible efecto de la ley en el número de incendios durante la etapa III.

Para cada modelo se realizaron tres estimaciones en función de la región considerada: a) una General que incluye a 22 provincias, y una segmentación de este modelo nacional en dos zonas: b) Región agrícola y c) Resto del país.

La división del territorio argentino propuesta permite evaluar si el efecto anticipación a la ley realmente ocurrió en todo el país o más bien estuvo concentrado en una región donde predominan actividades económicas que ejercen una mayor competencia con la conservación del BN por el uso del suelo.

Las regiones fueron definidas del siguiente modo¹⁹, por un lado las principales provincias productoras de granos, a) región agrícola: Chaco, Corrientes, Córdoba, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santa Fe, San Luis, Santiago del Estero y Tucumán; y por el otro b) resto del país: Catamarca, Chubut, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Neuquén, San Juan, Santa Cruz, Río Negro y Tierra del Fuego.

Se realizó un test de igualdad de tendencias para evaluar si la tendencia temporal en cada etapa es diferente según región. De acuerdo a los resultados (ver en anexo la tabla A13), se advierte que en la región agrícola la tendencia cambia durante la etapa de transición y tiene pendiente positiva; en cambio, en la etapa posterior a las leyes provinciales no se detectó diferencia en la tendencia respecto al período previo a la Ley de BN.

En la tabla 2 se presentan los resultados de las estimaciones y los estadísticos de prueba relevantes del modelo I.

¹⁹ En la figura A12 del anexo es posible visualizar la agrupación de las provincias.

Tabla 1. Estimaciones del Número de Incendios Forestales. Modelo 1.

Variables	General	Región Agrícola	Resto del país
Constante	3.914*** (.344)	4.226*** (.607)	3.523*** (.200)
LeyBN_OTBN (=1)	2.559** (1.001)	4.397** (1.768)	.408 (.581)
Nº observaciones/ Nº de provincias	286/ 22	156/ 12	130/ 10
Método de estimación	Efectos Fijos		

Nota: se reportan los coeficientes estimados con *, ** y *** la significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

Los resultados muestran que el coeficiente asociado a la variable dummy, el cual captura la etapa II, resulta significativo y positivo en la estimación general (22 provincias), lo cual indica que en este período los incendios forestales incrementaron en relación a la media previa y posterior. Este resultado se interpreta como evidencia a favor de un incremento transitorio de incendios intencionales con el fin de evadir las restricciones que impondría la Ley de BN a partir del OTBN. En otras palabras, se deduce que este “efecto anticipación” al proceso de OTBN durante el tiempo transcurrido entre el año 2009 y la sanción de las leyes provinciales, se debe a la posibilidad de poder incidir en el proceso de OTBN y excluir así el terreno del alcance de la normativa.

Los resultados de las estimaciones por regiones son presentados como prueba de la robustez de las apreciaciones obtenidas a partir de la estimación a nivel “nacional”. Tal como se esperaba, en la zona donde se concentra la producción de granos la variable ficticia que captura la etapa de transición resulta estadísticamente significativa y de signo positivo. Se debe resaltar además que el coeficiente estimado a partir del cual se captura el efecto anticipación es mayor respecto al efecto obtenido en la estimación general. No obstante, el promedio del número de incendios forestales para las 10 provincias consideradas en la región agrícola es semejante al promedio nacional (4.82).

Por otra parte, no es posible confirmar en el resto del país un efecto adverso de la ley de BN durante la etapa de transición (variable LeyBN_OTBN).

Al primer modelo es necesario adicionar factores que expliquen las causas naturales y accidentales, como así también variables económicas que puedan identificar incentivos a provocar incendios. En cuanto a los incendios por negligencia, a pesar de no poder incorporar un indicador aproximado de turismo en áreas naturales, se supone que los incendios accidentales no sólo están ligados al turismo sino también al uso negligente del fuego en los campos. En este sentido, es común aún el uso del fuego en ciertas actividades económicas, como por ejemplo en la ganadería la quema de pastizales.

Tabla 2. Estimaciones del Número de Incendios Forestales. Modelo II y IV.

Variables	General		Región agrícola		Resto del país
	Modelo II	Modelo IV	Modelo II	Modelo IV	
Constante	-52.553 (146.7)	-45.701 (77.629)	-152.850 (191.811)	-141.906 (170.828)	No se reportan los resultados porque el tamaño de muestra es pequeño y al incluir el conjunto de variables control en los demás modelos se pierden muchos grados de libertad.
LeyBN_OTBN (=1)	6.289** (2.800)	4.563** (2.204)	7.056** (3.209)	6.475** (3.147)	
OTBN-2014 (=1)	-	-.550 (1.770)	-	-.524 (2.603)	
Precipitaciones	-.114 (.096)	-.785 (.577)	-.682 (.970)	-.690 (.860)	
TempMax	-.841 (.819)	-.276 (.938)	.403 (2.041)	-.524 (2.603)	
Temp80_max	-.113 (1.670)	-.057 (.062)	-.130 (.109)	-.120 (.103)	
GDPgr	5.974 (9.329)	3.874 (6.181)	6.860 (10.654)	5.120 (9.207)	
Desempleo (UE)	29.762 (64.285)	19.935 (39.443)	50.048 (74.817)	53.801 (60.660)	
IPAA	-.904 (2.874)	-	-1.207 (3.231)	-	
Stock ganadero (L)	5.379 (7.948)	4.616 (4.915)	11.514 (10.714)	10.405 (9.769)	
LE_proc	-.329 (1.988)	.073 (1.633)	-.986 (2.339)	-.810 (2.269)	
LE_cond	2.211 (7.059)	1.542 (4.954)	1.768 (8.245)	1.997 (7.657)	
Nº observaciones/ Nº de provincias	105/ 12	150/ 16	90/ 10	99/ 10	
Método de estimación	Efectos Fijos				

Nota: se reportan los coeficientes estimados con *, ** y *** la significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

La estimación general del modelo II no incluye las provincias de: Chubut, La Rioja, Mendoza, Neuquén, Río Negro, Salta, San Juan, Santa Cruz, Santiago del Estero y Tierra del Fuego²⁰. En la siguiente tabla se presentan las estimaciones para el modelo II y IV por efectos fijos²¹.

De acuerdo a los resultados de las estimaciones del modelo II es posible señalar que, a pesar que ninguna de las variables explicativas introducidas como control resultan significativas estadísticamente²², la variable dummy que capta la etapa II mantiene su signo positivo y significatividad estadística. Además, el impacto estimado de esta fase de transición es mayor cuando se incorporan las variables control.

Respecto al modelo IV, que incorpora la variable ficticia OTBN_2014 pero no considera la variable IPAA como control²³, tanto en la estimación general como en la región agrícola la variable dummy que captura el efecto del cambio institucional durante la etapa III no resulta significativa estadísticamente. Esto indicaría que no hay evidencias de efecto (ni positivo ni negativo) posterior a la implementación final de la ley, comparando con la etapa I²⁴.

En cuanto a la etapa II, las estimaciones del modelo general muestran un efecto aproximado de 4.5 incendios adicionales para este período intermedio. Si consideramos que el promedio anual de incendios cada 100.000 ha de tierras forestales para las 22 provincias en el período 2002-2014 fue de 4,23 incendios anuales podemos concluir que hubo un importante incremento cuantitativo (casi del 100%) en la fase de transición.

²⁰Se debe a la falta de datos o en el caso del indicador IPAA a la ausencia de las actividades agrícolas consideradas por el índice en ciertas provincias

²¹El modelo III se presenta en la tabla A14 del anexo dado que los resultados son similares al modelo II.

²²Se debe aclarar que tanto la tasa de procesados como condenados abarca una amplia variedad de delitos y por lo tanto es posible que no sea el indicador más apropiado para describir el cumplimiento de leyes ambientales.

²³No incluye las siguientes provincias: La Rioja, Salta, San Juan, Santa Cruz, Santiago del Estero y Tierra del Fuego.

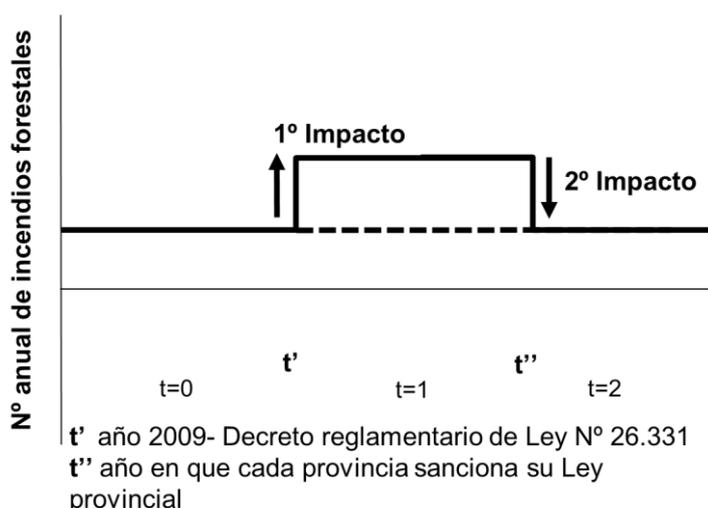
²⁴Las estimaciones realizadas por MCO “pooled” y por Efectos Aleatorios (ver anexo tablas A7, A8, A8 y A10) muestran resultados muy similares a los presentadas por el método de Efectos Fijos.

Mientras que en la región agrícola el efecto se estima en 6,47, con un promedio de incendios forestales similar al promedio nacional.

El siguiente gráfico ilustra el impacto sobre el número de incendios forestales en el período de transición que puede ser atribuido a un ajuste en el comportamiento de los individuos que, anticipando futuras restricciones al desmonte, decidieron evadirlas mediante un incendio intencional. Es posible asociar este efecto a una probabilidad de incidir en el OTBN mayor a la probabilidad de obtener categoría III en base a la aplicación de la Ley de BN.

Para simplificar, se asume en el gráfico que el número promedio de incendios forestales es constante a través del tiempo.

Gráfico 2. Impacto de la ley de BN.



VII. CONCLUSIONES

En el trabajo se analizó el efecto de la Ley de BN sobre los incentivos económicos a provocar incendios forestales intencionales y se focalizó en los factores que pueden motivar el delito de incendios forestales para desmontar tierras cuyo destino productivo está limitado por esta normativa ambiental. Para ello se contrastó empíricamente si la ley generó cambios en la estructura individual de incentivos económicos que determinaron un incremento de los incendios forestales en el período analizado. En base

a los resultados presentados, podemos concluir que se registró un incremento significativo en el número de incendios forestales durante la fase de transición entre el decreto de la ley nacional y el ordenamiento provincial (años 2009-2011 aproximadamente).

Este efecto determinó, de acuerdo a los resultados, un impacto negativo en la conservación de superficies cubiertas por Bosque Nativo, contrario al objetivo de conservación enunciado por la ley. El análisis sugiere que este efecto adverso fue consecuencia, tanto de los beneficios potenciales de las actividades agropecuarias que pueden realizarse en zonas desmontadas, así como del bajo cumplimiento efectivo de las leyes que tornó más atractiva la actividad incendiaria. Pero, principalmente se debió a la posibilidad de incidir en el OTBN durante la etapa II.

Si tenemos en cuenta el hecho de que los precios agrícolas continuaron en alza entre el año 2010 y 2014, se podría suponer que por un lado mayores restricciones efectivas posteriores a la sanción de leyes provinciales incrementaron los costos de cometer el delito y redujeron los beneficios netos, y por otro que la posibilidad de modificar endógenamente la normativa para obtener mayores beneficios futuros ya no era posible, permitieron explicar por qué en la etapa III los resultados muestran una reversión al promedio de incendios que existía en la etapa I.

Las estimaciones discriminadas por regiones permitieron descartar el efecto adverso en al menos 10 provincias, las cuales pertenecen a zonas con climas menos aptos para la agricultura y la ganadería extensiva. No obstante, se confirma el efecto de aumento significativo de incendios para las provincias con prevalencia de zonas agrícolas y ganaderas durante la ventana temporal de transición. Este resultado confirma la intuición de la motivación económica detrás del incremento del número de incendios forestales.

En síntesis, los principales factores que explican el aumento de incendios intencionales motivados por el lucro en Argentina durante la etapa de transición son: el bajo cumplimiento de las normativas en general, y de las leyes ambientales en particular (bajo costo de cometer el delito de incendio intencional y posibilidad de incidir en el OTBN), una compensación económica muy baja y prácticamente imperceptible por los propietarios de tierras forestales y atractivos precios de actividades agropecuarias.

En cuanto a los aspectos institucionales y de implementación de la ley de BN, en primer lugar, es necesario señalar que los lineamientos de la ley fueron diseñados principalmente en el ámbito nacional, lo que implicó una escasa participación de los actores locales en su formulación.

En este sentido, Ostrom (1990, 2005) señala la importancia de considerar las condiciones locales y características de los agentes para lograr arreglos sostenibles en el manejo de los recursos naturales. De los cinco aspectos importantes que deben tenerse en cuenta y que afectan crucialmente los resultados, el número de participantes, la heterogeneidad de intereses y la representatividad fueron importantes inconvenientes en la formulación de la ley de BN. En general, los actores privados no fueron consultados y el bajo grado de consenso con el proceso de ordenamiento territorial seguramente fue un factor relevante para generar los efectos no deseados por la normativa en materia de incendios forestales.

El presente estudio pretende aportar evidencia, no sólo en lo que respecta a conservación de bosques naturales y el delito de incendios forestales, sino también para otras políticas de regulación en el ámbito de los recursos naturales que generan cambios en la estructura de incentivos económicos de los agentes y que deberían ser cuidadosamente examinados al momento de su formulación.

Referencias

Abt, K., Butry, D., Prestemon, J. y Scranton (2015), Effect of fire prevention programs on accidental and incendiary wildfires on tribal lands in the United States, *International Journal of Wildland Fire*.

Área de Ordenamiento Territorial y Área de Vinculación y Control-Dirección de Bosques-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Julio 2014). Ley N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Informe de estado de implementación 2014.

Área de Ordenamiento Territorial y Área de Vinculación y Control-Dirección de Bosques-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Febrero 2016). Ley N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Informe de estado de implementación 2010-2015.

Arima, E., Simmons, C., Walker, R., y Cochrane, M. (2007), Fire in the Brazilian Amazon: a spatially explicit model for policy impact analysis, *Journal of Regional Science* 47, no.3: 541-567.

Becker, G. (1968), Crime and punishment: An economic approach, *The Journal of Political Economy* 76, no. 2 (Mar. - Apr.): 169-217.

Bühler, M., Curth, M. y Garibaldi, L. (2013), Demography and socioeconomic vulnerability influence fire occurrence in Bariloche (Argentina), *Landscape and Urban Planning* 110: 64–73.

Dogandjjeva R. (2008), Forest fires in southern Europe: an econometric investigation of the existence of economic incentives for fire arson, tesis de honor, Paper 641. University of Richmond, Scholarship Repository.

Hershberger, R. y Miller R. (1978), The impact of economic conditions on the incidence of arson, *The Journal of Risk and Insurance* 45, no.2: 275-290.

Juliá, M. (2010), La ley de protección del bosque nativo en Argentina: algunos impactos jurídicos e institucionales del proceso de implementación, *Pampa: revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales*, año 6, n° 6, Santa Fe, Argentina, UNL: 169-184.

Lavalle, A., Fernández, N., Lozanoff, J., Ferro, G., y Flocchi, S. (2010), Política forestal. Los bosques nativos y la preservación del medioambiente, Observatorio de Políticas Públicas del Cuerpo de Administradores Gubernamentales de la Jefatura de Gabinete de Ministros.

Ley 26.331 Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (2007), Boletín Oficial de la República Argentina, Bs As.

Ley 26.331 Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, Anexo Poder Ejecutivo Nacional (2009). Decreto Reglamentario N° 91/09. Boletín Oficial de la República Argentina, N° 31.595, Año CXVII, Bs As.

Martinez, J., Chuvieco, E., Martin, P. (2008), Estimation of risk factors of human ignition of fires in Spain by means of logistic regression, *Proceedings of Second International Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View, General Technical Report PSW-GTR-208*: 265-278.

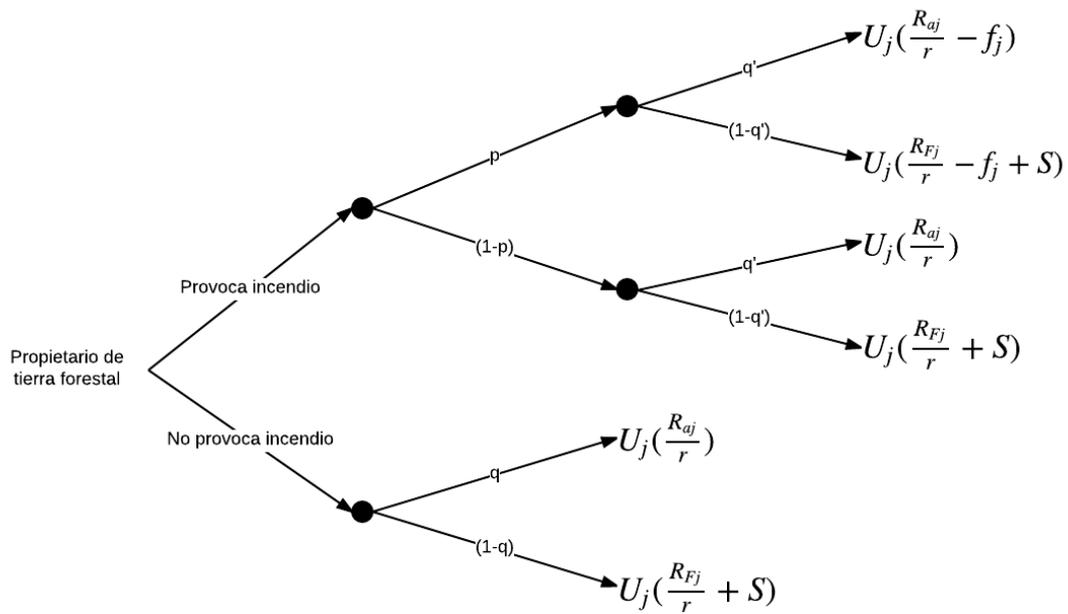
- Michetti, M. y Pinar, M. (2013), Forest fires in Italy: an econometric analysis of major driving factors, Centro Euro-Mediterráneo sui Cambiamenti Climatici. Climate Change Impacts and Policy Division.
- Minaverri, C. y Gally, T. (2012), La implementación de la protección legal de los bosques nativos en Argentina, *Pensamiento Jurídico*, No. 35, septiembre -diciembre, Bogotá: 253-278.
- Montenegro, C., Strada, M., Bono, J., Gasparri, I., Manghi, E., y Parmuchi, M. (2005), Superficie de bosque nativo de argentina por departamento, Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal-Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Mothershead, P. (2012), Geo-spatial analysis of socioeconomic risk factors affecting wildfire arson occurrence in the Southeastern United States, tesis, North Carolina State University. Raleigh, North Carolina.
- Ostrom, Elinor (1990), *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, New York.
- Ostrom, Elinor (2005), *Understanding Institutional Diversity*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Pazienza, P. y Beraldo, S. (2004), Adverse effects and responsibility of environmental policy: The case of forest fires, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* 11: 222-231.
- Prestemon, J. y Butry, D. (2005), Time to burn: Modeling wildland arson as an autoregressive crime function, *American Journal of Agricultural Economics* 87 no.3: 756-70.
- Soares, R., Batista, A., y Santos, J. (2006), Profile of forest fires in Brazil's protected areas in the period from 1998 to 2002, *Revista Floresta* 36, no.1: 93-100.
- Viglizzo, F. y Jobbágy, E. (2010), Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental, *Ediciones INTA*.

ANEXO

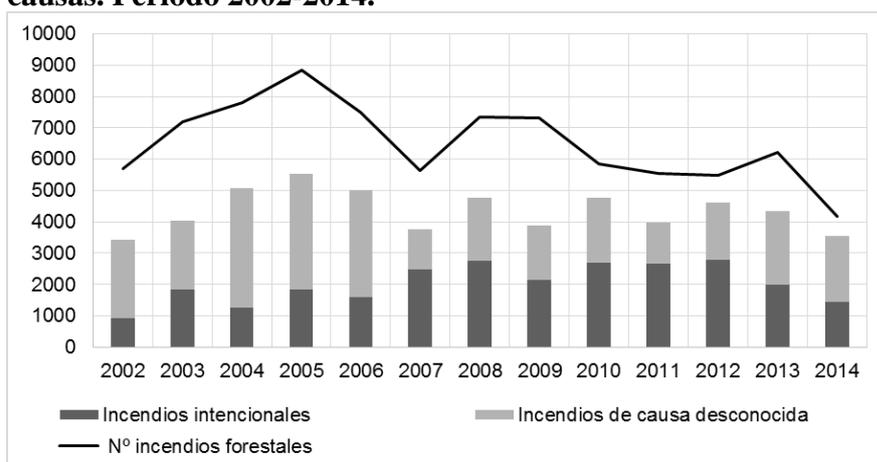
1. Aprobación de ley provincial por año.

Año	Provincias que aprobaron por Ley el OTBN
2008	Salta
2009	Chaco, San Luis, Santiago del Estero (3)
2010	Catamarca, Chubut, Córdoba, Corrientes, Formosa, Mendoza, Misiones, Río Negro, San Juan, Santa Cruz, Tucumán (11)
2011	La Pampa, Neuquén, Jujuy (3)
2012	La Rioja (vetada parcialmente, sin mapa de OTBN) 26/06/2012 , Tierra del Fuego (2)
2013	Santa Fe
2014	Entre Ríos

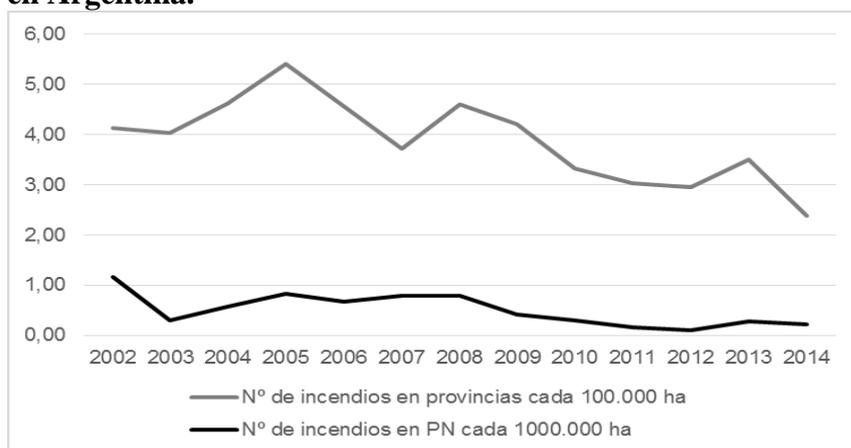
2. Gráfico del árbol de decisiones secuenciales posibles en la etapa II.



3. Cantidad anual de incendios en 22 provincias de Argentina y sus principales causas. Período 2002-2014.



4. Gráfico de incendios en Parques Nacionales y en el resto de la superficie forestal en Argentina.



5. Promedio de incendios en cada etapa de implementación de la Ley de BN.

	Nº de incendios c/100.000 ha.	
Previo a Ley BN	t=1	4,58
Etapa de transición	t=2	2,29
Posterior a Leyes provinciales	t=3	2,85
	Estadístico	14,27
	Valor-p	0

6. Variables explicativas y su correlación esperada con los incendios forestales.

Variable	Relación con incendios	Descripción
Precipitación	negativa	Mayor humedad y precipitación reduce el proceso de secado del material combustible en el bosque, lo que disminuye el riesgo de incendio.
Temperatura	positiva	Un aumento de la temperatura conduce a una disminución de la humedad del combustible, e incrementa la inflamabilidad de los combustibles vivos y muertos, por lo tanto, aumenta la probabilidad de incendios.
Sequía	negativa	Depende de la combinación de cantidad precipitación y temperatura: causa mortalidad de plantas e impacta en inflamabilidad en el bosque a largo plazo.
Densidad poblacional/tasa de crecimiento	Mixta	Una ampliación de la población puede aumentar las posibles causas de ignición debido a accidentes humanos. Por otro lado, una mayor demanda de la tierra, tras el aumento de la población, podría ralentizar el proceso de abandono de tierras.
Infraestructura/ conexión	Mixta	Un mayor número de carreteras y vías férreas puede originar mayor presión sobre tierras silvestres incrementando posibles causas de ignición. Sin embargo, buenas vías de comunicación pueden ayudar a la prevención y extinción de incendios.
Agricultura e intensificación de pastura	Mixta	El fuego es a menudo utilizado por los pastores y agricultores para i) mantener sólo vegetación herbácea; o ii) eliminar los desperdicios de cosechas en las fronteras de tierras de cultivo, iii) eliminar las plagas.
Educación	Negativa	Las personas más educadas pueden tener un mayor sentido cívico el cual ayuda a contener el número de incendios causados por comportamientos humanos perversos o por accidentes.
Desempleo/ Nivel de pobreza	Positiva	Mejores niveles de bienestar y empleo pueden disuadir a las personas a iniciar en incendios por motivos de lucro los bosques.
Despoblación en zonas rurales	Positiva	Implica el abandono de tierras y colonización espontánea de vegetación natural. Esto se traduce en biomasa forestal adicional, y en consecuencia, en una mayor inflamabilidad de tierras forestales.

Migración turística	Mixta	El uso turístico de bosques con fines recreativos podría aumentar la probabilidad de ignición por accidente o negligencia (fogatas, fumadores, etc.). Sin embargo, la conservación de los bosques en paralelo para los ámbitos recreativos podría afectar la misma probabilidad con signo contrario.
Presencia de organizaciones ilegales	Positiva	Organizaciones ilegales pueden controlar las actividades económicas relacionadas con la tierra; los iniciar incendios en bosques con el fin de ganar tierras para la agricultura o el pastoreo.

Fuente: Michetti, M. y Pinar, M. "Forest Fires in Italy: an econometric analysis of major driving factors". Centro Euro-Mediterráneo sui Cambiamenti Climatici. Climate Change Impacts and Policy Division, (2013).

7. Definición de variables empleadas en las estimaciones y fuente de información.

Variables	Descripción breve	Fuente de información
<u>Variable dependiente</u> Incendios forestales	Nº incendios anuales en arbustal, bosque nativo, bosque implantando y pastizal, cada 100.000ha de tierras forestales por provincia.	Estadísticas de incendios forestales. Dirección de Bosques-Secretaría de Ambiente y Desarrollo de la Nación.
<u>Variables independientes</u>	Variables ficticias ley BN, económicas (Y_i), LE, control de crecimiento económico, meteorológicas.	
-LeyBN_OTBN	Variable binaria. Adquiere valor 1 a partir del año 2009 hasta la finalización del OTBN.	Infoleg-Ministerio de Justicia y Derechos Humanos.
-OTBN_2014	Variable binaria. Adquiere valor 1 a partir del año que cada provincia instrumenta por ley el OTBN.	Infoleg-Ministerio de Justicia y Derechos Humanos.
-Actividades agrícolas (IPAA)	Indicador que pondera el precio de actividades agrícolas (soja, maíz, trigo y girasol) por la participación de la actividad productiva específica en cada provincia. $IPAA = p_{girasol} * shareG + p_{soja} * shareS + p_{maíz} * shareM + p_{trigo} * shareT$. Expresada en logaritmo natural.	Serie de <i>precios agrícolas</i> publicada por la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola en base a datos disponibles en Dirección de Información Agrícola y Forestal-Minagri.
-Stock ganadero (L)	Existencia de ganado bovino, en número de cabezas a marzo de cada año, por provincia. Expresada en logaritmo natural.	Agorseries de CREA, en base al Sistema Integrado de Gestión de Sanidad Animal (SIGSA)-SENASA.
-Nivel desempleo (UE)	Índice de desempleo anual por provincia	Encuesta Permanentes de Hogares continua (EPH-INDEC).
LE (Law Enforcment)	Usualmente se emplea la tasa de delito contra la propiedad o un indicador del grado de respeto a la ley, o niveles de corrupción (Dogandjieva 2008, Michetti y Pinar 2013). En el caso de Argentina la variable más adecuada a considerar hubiese sido la tasa de	Sistema Nacional de Estadística sobre Ejecución de la Pena-Dirección Nacional de Política Criminal

	delitos contra la propiedad pero la información sobre esta variable fue publicada sólo hasta el año 2008 por provincia. Se empleó en su lugar indicadores más amplios, <i>número de procesados</i> (LE_proc) cada mil habitantes y <i>número de condenados</i> (LE_cond) ²⁵ cada mil habitantes por año, en cada provincia.	
Crecimiento económico (GDPgr)	La base de datos disponibles en Argentina sobre el producto bruto geográfico (PBG) está truncada en los últimos años para la mayoría de las provincias. Se consideró la recaudación anual del impuesto a los ingresos brutos en pesos constantes como un indicador alternativo para aproximar la <i>actividad económica</i> por provincia. Se utilizó la tasa anual de crecimiento de la recaudación per cápita de dicho impuesto, medido en pesos constantes ²⁶ .	Dirección Nacional de Coordinación Fiscal con las Provincias- Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas.
-Precipitación (Precip)	La variable <i>precipitación</i> (precip) es el promedio anual de milímetros de lluvia medidos en días pluviométricos ²⁷ .	Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico (SIGA) del Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA)
-Temperatura (Temp)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>TempMax</u>: es la temperatura máxima anual según provincia. • <u>Temp80_max</u>: es la cantidad de días en el año que superan lo 80° Fahrenheit (ó 26,66° C) (Dogandjieva 2008). 	Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico (SIGA) del Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA)

²⁵ Ambos indicadores fueron incorporados porque no es condición suficiente que un delincuente sea procesado para que en una etapa posterior sea condenado.

²⁶ Indexado por el índice IPC-CqP. IPC-CqP es un promedio geométrico ponderado de IPCs provinciales. Se toman los datos de nueve provincias, y las ponderaciones son proporcionales a las correlaciones que tenían estos índices con el IPC-GBA. Este índice se empalma al viejo IPC del INDEC en diciembre de 2006 y se le da base 100 a noviembre de ese año, dado que es el último dato confiable. Disponible en <http://elhombrecitodelsombrogris.blogspot.com/>.

²⁷ Definición de día pluviométrico: un intervalo de 24 horas con límites fijos, comprendido entre las 8:00 AM de un día y las 8 AM del día siguiente.

8. Estimaciones de número de incendios forestales por MCO pooled. Modelo I.

Variables	Modelo general	Región Agrícola	Resto del país
Constante	3.859*** (.4200)	4.054*** (.687)	3.627*** (.391)
LeyBN_OTBN (=1)	2.995** (1.183)	5.732*** (1.919)	-.437 (1.115)
Nº observaciones/ Nº de provincias	286/ 22	156/ 12	130/ 10
Método de estimación	MCO pooled		

Nota: se reportan los coeficientes estimados con *, ** y *** la significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

9. Estimaciones del número de incendios forestales por MCO pooled. Modelo II, III y IV.

Variables	General			Región agrícola		
	Modelo II	Modelo III	Modelo IV	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
Constante	-1.053 (21.396)	5.896 (12.893)	6.023 (12.939)	-.721 (23.522)	4.865 (19.892)	4.538 (20.073)
LeyBN_OTBN (=1)	6.227** (2.662)	4.959** (1.965)	5.132** (2.032)	6.082* (3.056)	6.557** (2.755)	6.445** (2.830)
OTBN-2014 (=1)	-	-	.5480 (1.556)	-	-	-.439 (2.286)
Precipitaciones	.161 (.509)	.134 (.325)	.121 (.328)	-.141 (.604)	-.093 (.534)	-.067 (.553)
TempMax	.465 (.734)	.384 (.485)	.354 (.494)	.693 (.821)	.755 (.755)	.776 (.767)
Temp80_max	-.123 (.080)	-.107** (.050)	-.105** (.050)	-.118 (.088)	-.131 (.079)	-.133 (.080)
GDPgr	1.480 (8.919)	-1.561 (6.066)	-1.397 (6.103)	.124 (10.085)	-.66 (8.876)	-.916 (9.022)
Desempleo (UE)	68.815 (29.887)	66.117*** (21.588)	69.504*** (23.695)	91.302** (36.272)	81.311*** (30.537)	78.929** (33.110)
IPAA	1.034 (2.098)	-	-	1.146 (2.407)	-	-
Stock ganadero (L)	-.528 (.70)	-.429 (.422)	-.411 (.426)	-1.068 (.863)	-.943 (.752)	-.942 (.756)
LE_proc	-1.573 (1.792)	-.994 (1.371)	-1.087 (1.401)	-.878 (2.115)	-1.089 (1.950)	-1.045 (1.974)
LE_cond	-2.525 (4.835)	-3.341 (3.389)	-3.481 (3.423)	-4.168 (5.416)	-4.062 (5.071)	-3.946 (5.134)
Nº observ. / Nº de prov.	105	150	150	90	99	99
Método de estimación	MCO pooled					

Nota: se reportan los coeficientes estimados con *, ** y *** la significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

10. Estimaciones del número de incendios forestales por Efectos Aleatorios. Modelo I.

Variables	Modelo general	Región Agrícola	Resto del país
Constante	3.907*** (.913)	4.189*** (1.286)	3.525*** (1.171)
LeyBN_OTBN (=1)	2.617*** (.995)	4.683*** (1.753)	.385 (.582)
Nº observaciones/ Nº de provincias	286/ 22	156/ 12	130/ 10
Método de estimación	Efectos Aleatorios		

Nota: se reportan los coeficientes estimados con *, ** y *** la significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

11. Estimaciones del número de incendios forestales por Efectos Aleatorios.

Modelos II, III y IV.

Variables	General			Región agrícola		
	Modelo II	Modelo III	Modelo IV	Modelo II	Modelo III	Modelo IV
Constante	8.830 (27.302)	9.860 (15.247)	10.349 (15.877)	91.302 (36.272)	4.865 (19.892)	4.538 (20.073)
LeyBN_OTBN (=1)	6.159** (2.601)	4.837** (1.915)	4.765** (1.987)	-	-	-.439 (2.286)
OTBN-2014 (=1)	-	-	-.126 1.573	6.082** (3.056)	6.557** (2.755)	6.445** (2.830)
Precipitaciones	-.269 (.560)	-.1850 (.387)	-.238 (.400)	-.141 (.604)	-.093 (.534)	-.067 (.553)
TempMax	.213 (.812)	.074 (.526)	.0366698 .5434584	.693 (.821)	.755 (.755)	.776 (.767)
Temp80_max	-.111 (.081)	-.079 (.051)	-.0761 (.051)	-.118 (.088)	-.131* (.079)	-.133* (.080)
GDPgr	3.329 (8.697)	.761 (5.889)	1.021 (5.890)	.124 (10.085)	-.662 (8.876)	-.916 (9.022)
Desempleo (UE)	51.349 (40.622)	49.993** (25.247)	46.41 (29.685)	91.302** (36.272)	81.311*** (30.537)	78.929** (33.110)
IPAA	-.124 (2.252)	-	-	1.146 (2.407)	-	-
Stock ganadero (L)	-.160 (1.093)	-.178 (.639)	-.137 (.697)	-1.068 (.863)	-.943 (.752)	-.942 (.756)
LE_proc	-1.067 (1.832)	-.822 (1.417)	-.742 (1.463)	-.878 (2.115)	-1.089 (1.950)	-1.045 (1.974)
LE_cond	-.044 (5.901)	-1.206 (4.020)	-.857 (4.143)	-4.168 (5.416)	-4.062 (5.071)	-3.946 (5.134)
Nº observac. / Nº de prov.	105/ 12	150/ 16	150/ 16	90/ 10	99/ 10	99/ 10
Método de estimación	Efectos Aleatorios					

Nota: se reportan los coeficientes estimados con *, ** y *** la significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

12. División de las provincias en región Agrícola y Árida-Semiárida.



13. Test de igualdad de tendencias entre regiones.

Variables	Test de tendencias
Intercepto	4.426*** (0.431)
Dnac-lprov (=1)	-.113 (1.509)
Lprov (=1)	-1.434 (1.038)
dnac-lprov *agrícola(=1)	4.389** (2.027)
Lprov*agrícola (=1)	0.122 (1.392)
Nº observ/ Nº de provincias	286/ 22

14. Estimaciones del número de incendios forestales por Efectos Fijos. Modelo III.

Variables	Modelo general	Región agrícola	Resto del país
Constante	49.357 (76.454)	-145.510 (168.869)	Número de observaciones
LeyBN_OTBN (=1)	4.800** (2.060)	-	insuficiente para estimar el modelo
OTBN-2014 (=1)	-	6.681** (2.958)	
Precipitaciones	-.807 (.572)	-.718 (.843)	
TempMax	-.326 (.920)	.187 (1.774)	
Temp80_max	-.058 (.061)	-.122 (.102)	
GDPgr	3.849 (6.158)	5.251 (9.128)	
Desempleo (UE)	26.983 (32.145)	60.695 (49.802)	
Stock ganadero (L)	-.802 (.572)	10.775 (9.538)	
LE_proc	-.056 (1.573)	-.928 (2.179)	
LE_cond	1.370 (4.905)	2.052 (7.606)	
Nº observaciones/	150/	99/	
Nº de provincias	16	10	
Método de estimación	Efectos Fijos		

Nota: se reportan los coeficientes estimados con *, ** y *** la significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.