

# **Asociación Argentina de Economía Agraria**

## **Incendios forestales en Argentina: análisis de incentivos económicos vinculados a los incendios intencionales.**

**Septiembre 2016**

**Categoría:** Trabajo de investigación

*Autor*

**Egolf, Patricia**

[egolf.patricia@inta.gob.ar](mailto:egolf.patricia@inta.gob.ar)

EEA Montecarlo – INTA

Tel: (011) 15-61239430

Av. El Libertador 2472

Montecarlo, Misiones, Argentina

## **Incendios forestales en Argentina: análisis de incentivos económicos vinculados a los incendios intencionales.**

### **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio es analizar empíricamente si la implementación de la Ley 26.331 generó cambios en la estructura de incentivos económicos de individuos, y si esto se tradujo en un efecto adverso que incrementó la incidencia de incendios forestales en Argentina. Para ello, se emplea el modelo de oferta de incendios forestales planteado por Dogandjieva R. (2008), basado en el modelo de elección racional del comportamiento criminal de Gary Becker.

El análisis emplea datos en panel correspondientes a incendios forestales anuales por provincia en el período 2002-2014. Se realizan estimaciones por efectos fijos, lo cual permite controlar las características específicas de cada provincia que no varían en el tiempo.

Los resultados permiten identificar dos efectos diferentes, por un lado el efecto anticipación a la Ley de Bosques Nativos excluyendo de la estimación a la provincia de Buenos Aires (BA), y por el otro el efecto postergación cuando se incluye BA. Ambos efectos son adversos porque evidencian aumentos en los incendios forestales. Sin embargo, este último resultado no debería ser considerado a causa de la alta incidencia de incendios en pastizales vinculados a la actividad agrícola-ganadera en BA y la reducida superficie de bosque que posee esta jurisdicción.

**Palabras claves:** incendios intencionales, incentivos económicos, efectos adversos de políticas.

### **ABSTRACT**

The aim of this study is to empirically analyze whether the implementation of Law 26.331 generated changes in the structure of economic incentives of individuals, and if this resulted in an adverse effect that increased incidence of forest fires in Argentina. In order to obtain this answer, the supply model forest fires posed by Dogandjieva R. (2008), based on the rational choice model of criminal behavior from Gary Becker is used.

The analysis uses data for annual forest fires panel by province in the period 2002-2014. Estimates are made for fixed effects, which allow one to control the specific characteristics of each province that do not vary over time.

The results allow identifying two different effects, on one side the anticipation effect to the Native Forest Law estimation excluding the province of Buenos Aires (BA), and on the other the delay effect when BA is included. Both are adverse effects that show increases in forest fires. However, this last result should not be considered because of the high incidence of fires in grasslands linked to the farming activity in BA and reduced forest area that has this jurisdiction.

**Keywords:** arson, profit motives, adverse effects of policies.

### **CLASIFICACIÓN TEMÁTICA ORIENTATIVA:**

❖ Economía ambiental y de los recursos naturales

# **Incendios forestales en Argentina: análisis de incentivos económicos vinculados a los incendios intencionales.**

## **I. INTRODUCCIÓN**

En los últimos años se observa que la intensidad con la que se propagan los incendios forestales en el territorio argentino ha incrementado, registrándose a partir del año 2007 una tendencia creciente en la superficie promedio quemada<sup>1</sup>. Este fenómeno ha afectado una superficie de bosques nativos de 28.394,3km<sup>2</sup> en el período 2002-2014, lo cual representa aproximadamente un 9,44% de la superficie total de Bosque Nativo estimada en el año 2001<sup>2</sup> para Argentina.

Las causas de los incendios forestales es tema de controversias en Argentina. Han ocurrido diversos incendios sobre los cuales existen posturas que disienten acerca de sus causas, es decir, si se trata de un incendio natural, intencional o por negligencia en el desarrollo de actividades productivas y/o recreativas.

A modo ilustrativo, se pueden mencionar algunos eventos recientes que tuvieron gran repercusión en los medios de comunicación masiva. En la provincia de Córdoba se registraron varios incendios durante el año 2013, en particular en Calamuchita donde las condiciones climáticas (altas temperaturas y fuertes vientos) sumado a un volumen importante de combustible muerto en el suelo ocasionaron una rápida propagación del incendio, afectando aproximadamente 10 mil hectáreas. Ante estos eventos, el ministro de seguridad declaró que las causas de los incendios fueron intencionales o por negligencia, producto de la acción del hombre. Al mismo tiempo, en San Luis y Tucumán se registraban focos de incendios fuera de control como consecuencia de las condiciones climáticas (Infobae-formato digital, 10 de Septiembre de 2013).

En el año 2015 Chubut fue afectada por uno de los incendios forestales más devastadores en la historia Argentina, que alcanzó al menos 30.000 hectáreas de bosque andino-patagónico. En una de sus declaraciones a Télam, el gobernador de Chubut había expresado que los incendios fueron provocados y tenían vinculación con el negocio inmobiliario (Télam, 1º de Marzo de 2015). También, durante el verano de 2016 fuentes provinciales revelaron que se habían producido más de 30 incendios forestales intencionales en esta jurisdicción, sin contar los incendios que ocurrieron en Parques Nacionales (Télam, 15 de Marzo de 2016).

Si bien en muchos casos es difícil discernir cuál fue la causa del incendio, se torna aún más complejo cuando los organismos de control no disponen de especialistas capacitados para investigar los factores atribuibles al inicio de los incendios<sup>3</sup>. Durante el período 2002-2014, según estadísticas oficiales, los distintos incendios han sido enmarcados en su mayoría en causas desconocidas, alcanzando a “explicar” el 67,6% de los incendios ocurridos en todo el país, en segundo lugar los incendios intencionales han oscilado entre el 11,6% y 49,6% durante el mismo período, con tendencia creciente en los últimos años. La variación de los incendios por

---

<sup>1</sup> Esto sucedió a pesar de la implementación del Plan Nacional de Manejo del fuego a partir del año 1996, el cual nace luego de incendios devastadores en la Patagonia con el fin de mejorar el control de esta clase de siniestros.

<sup>2</sup> Datos del primer inventario de Bosque Nativo realizado en Argentina proporciona la superficie existente en el territorio en el período 1998-2001.

<sup>3</sup> En Argentina son los propios bomberos, según la evidencia existente en el lugar donde inició el foco de incendio y factores climáticos, quienes determinan qué causó el inicio del fuego.

negligencia también ha oscilado de forma marcada, con una gran disminución en el año 2014 (8,37%)<sup>4</sup>.

Durante los últimos años Argentina introdujo importantes cambios en su legislación sobre medio ambiente y en particular en lo que respecta a la gestión del bosque nativo. A fines del año 2007 se sancionó la Ley 26.331 de protección de Bosques Nativos (BN), que impuso la obligación de realizar el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) en cada provincia. A través del proceso de OTBN se clasificó la superficie de BN en tres categorías de conservación, las dos categorías de mayor conservación limitan el cambio de uso de la tierra y comprenden entre el 70% y 90% del total de superficie boscosa en las provincias, a excepción de Corrientes y Formosa (Área de Ordenamiento Territorial y Área de Vinculación y Control, 2016). Una característica a destacar en Argentina es que la propiedad de los bosques nativos es predominantemente privada.

Ante un escenario de precios relativos favorables a la agricultura y el avance de la frontera agrícola en los últimos años (Lavalle A. et al 2010), los individuos pueden percibir un elevado costo de oportunidad de conservar el bosque en su estado natural. Esto sucede a pesar de la compensación económica que establece la ley a favor de los propietarios de tierras cubiertas por BN<sup>5</sup>. Sin embargo, proceder vía legal a realizar el cambio del uso de tierra podría ser más costoso que efectuarlo infringiendo la ley, o incluso pueden no estar contemplada por ley la posibilidad del cambio (en la mayoría de los casos están obligados a conservar el BN). Por lo tanto, es clave analizar el cambio que provocó la Ley de BN en la estructura de incentivos económico y su efecto en el comportamiento delictivo relativo a los incendios forestales intencionales.

Aunque, en Argentina existen trabajos que investigan el patrón del uso del fuego y se han desarrollado modelos de comportamiento del mismo, no existen estudios que analizan los factores económicos que inciden en los incendios forestales.

Los trabajos académicos que pusieron énfasis en analizar el vínculo entre factores económicos e incendios intencionales, en general han obtenido resultados que confirman la correlación entre estas variables (Hershberger y Miller 1978; Murrey et. al. 1992). Este resultado permitió extender el análisis hacia los incendios forestales intencionales, surgiendo así estudios que modelan la ocurrencia de incendios forestales según el tipo de uso del suelo e incluyendo variables económicas relevantes que identifican incentivos económicos (Martínez J., Chuvieco E. y Martín P. 2004; Prestemon y Butry 2005; Arima et. al. 2007). A su vez, otros trabajos centraron su atención en analizar cuáles son las variables económicas que demuestran la existencia de incentivos económicos vinculados al delito de los incendios intencionales en Bosques Nativos (Arima et. al. 2007; Dogandjieva R. 2008; Mothershead P. 2012). Finalmente, hay estudios en los que toma relevancia el análisis de efectos adversos generados por ciertas políticas de gestión ambiental inapropiadas, las cuales ocasionan distorsiones en la estructura de incentivos individuales y pueden afectar la incidencia de los incendios forestales (Pazienza P. y Beraldo S. 2004).

---

<sup>4</sup> Estadísticas de incendios forestales 2002-2014. Secretaría de Ambiente y Desarrollo de la Nación.

<sup>5</sup> En la práctica las provincias reciben fondos muy inferiores a lo estipulado por la Ley 26.331 (Minaverry C. y Gally T. 2013) y esto desalienta al propietario a presentar un plan de gestión sustentable para acceder al beneficio.

La hipótesis central que se desarrolla en este trabajo es que existen incentivos económicos que pueden motivar el delito de incendios forestales intencionales. Para ello se analiza empíricamente si la implementación de la Ley 26.331 de Bosques Nativos (BN) generó cambios en la estructura de incentivos individuales y si esto se tradujo en un efecto adverso que incrementó la incidencia de incendios forestales.

En primer lugar, se debe comprobar que cambios en las variables económicas relevantes tienen relación positiva con variaciones de incendios forestales y luego se analiza si la implementación de la ley de BN generó un efecto identificable sobre los incendios forestales. Esto permite comprender en qué medida la ley generó incentivos económicos que convierten al delito de incendios forestales intencionales en una actividad más rentable.

El análisis considera a todas las provincias argentinas y abarca el período 2002-2014. De este modo es posible analizar el período previo a la sanción de la Ley 26.331, durante el cual los individuos pueden anticipar las restricciones que introducirá la ley y modificar a priori su conducta, y también los años posteriores a la implementación de la normativa.

El trabajo se organiza del siguiente modo, inicia con la presentación del modelo teórico de Gary Becker sobre delitos. En segundo lugar se presentan las variables consideradas en el modelo a estimar y datos empleados, y luego el modelo econométrico aplicado. Por último, se muestran los principales resultados obtenidos, se analizan y discuten las conclusiones del trabajo.

## II. METODOLOGÍA APLICADA

### A. MARCO TEÓRICO

El incendio intencional es una actividad considerada ilegal, un delito, que en el caso de los incendios forestales busca afectar deliberadamente áreas rurales con la acción del fuego sin control. Este delito puede estar incentivado por el lucro o por otro tipo de motivos. El análisis planteado busca indagar sobre los incentivos económicos vinculados al delito “incendio forestal intencional”.

Por lo tanto, es necesario recurrir a la teoría económica que estudia el comportamiento delictivo. El modelo de elección racional del comportamiento criminal desarrollado por Gary Becker (1968) es el modelo que mejor ajusta para explicar este tipo de conductas. Gary Becker desarrolla este modelo, bajo el supuesto de individuo racional que maximiza ganancias, con el fin de explicar el comportamiento delictivo y definir qué factores influyen en la decisión de cometer o no un delito determinado.

El enfoque de Gary Becker asume que un individuo estará dispuesto a cometer un crimen si su utilidad esperada es mayor a la utilidad que obtendría de emplear su tiempo y otros recursos para desarrollar una actividad diferente. Entonces, la utilidad esperada de cometer el crimen para un individuo  $j$  queda expresada de la siguiente manera,

$$EU_j = p_j * U_j(Y_j - f_j) + (1 - p_j) * U_j(Y_j)$$

$Y_j$  Es el ingreso de cometer el crimen (botín),  $p_j$  la probabilidad de ir preso,  $f_j$  es la pena equivalente en términos monetarios.

De acuerdo a las derivadas parciales, un incremento de la probabilidad de ser capturado disminuirá los incentivos a cometer el delito, al igual que el incremento en la pena. En cambio un aumento del ingreso proveniente de la actividad ilegal, incrementará los incentivos a cometer el delito.

La decisión individual de cometer o no un crimen se basa en el análisis de la utilidad marginal esperada. Si el individuo espera una utilidad marginal de cometer el crimen mayor a cero, entonces comete el delito. Becker (1968) expresa a partir este planteo la función de oferta de crímenes de un individuo como sigue,

$$O_j = (p_j, f_j, u_j)$$

Donde  $u_j$  es la variable que contiene todos los demás factores que influyen en la decisión individual de cometer un crimen. Si una de las variables definida en la función de oferta cambia, varía el número de ofensas cometidos por el individuo  $j$ .

Para aplicar este enfoque al delito de los incendios intencionales, siguiendo a Dogandjjeva R. (2008) es necesario simplificar la utilidad esperada de cometer el incendio a

$$EU_j = U_j(Y_j - Fp_j),$$

La variable  $Fp_j$  representa tanto la probabilidad de ser arrestado como el costo de cometer el delito, y es reemplazada por aplicación de la ley -“law enforcement”- debido a la escasa disponibilidad de datos. De este modo, la utilidad esperada de un individuo a provocar un incendio depende en qué medida se aplican las leyes, si la aplicación es mayor disminuye el ingreso de cometer el crimen.

La variable ingreso ( $Y$ ), para el caso de los incendios intencionales, está compuesta por un conjunto de elementos representativos de los incentivos económicos a cometer el delito: precio de la tierra, precio del trigo, precio de la soja, entre otras variables que representan cambios en la rentabilidad de actividades productivas alternativas. Entonces, un individuo iniciará un incendio si la utilidad marginal esperada de hacerlo con respecto a un cambio en cualquiera de los componentes de la renta es mayor que cero, mientras el resto de las variables permanecen constantes.

La utilidad marginal esperada de provocar incendios determina el número de incendios intencionales (oferta). Siguiendo el modelo presentado por Dogandjjeva R. (2008), la oferta de incendios forestales queda planteada como,

$$FF_j = f(Y_j, fp_j, u_j)$$

Donde  $FF$  representa la variable dependiente incendios forestales (Forest Fire),  $u_j$  contiene los factores que explican los incendios forestales naturales o accidentales. Cada una de estas variables a su vez es descompuesta en diferentes factores explicativos, únicamente la probabilidad de ser condenado y su costo ( $fp_j$ ) son agrupados en una sola variable denominada cumplimiento de la ley (enforcement law).

## B. VARIABLES DEL MODELO Y DATOS

Con el fin de identificar las variables relevantes que permiten explicar el comportamiento de los incendios forestales, se han revisado diversos trabajos que desarrollaron este análisis en otras regiones y países. Las variables que explican los incendios por causas naturales y accidentales, y las que son empleadas para controlar por contexto socioeconómico son de uso general en la literatura. Pero otras en cambio, como las variables de incentivos económicos lógicamente difieren, y deben ser ajustadas al contexto económico de la región que se pretende analizar. Luego de la selección de estas variables, la función de incendios forestales queda planteada de la siguiente forma:

$$FF = f(\text{IPAA}, L, \text{UE}, \text{PL}, \text{LE}, \text{GDPgr}, \text{Precip}, \text{Temp}, \text{Wind}, \text{Tourism})$$

Las primeras cuatro variables constituyen *incentivos económicos* a provocar incendios forestales, el índice de precio de actividades agrícolas (IPAA)-que considera la participación de los cuatro cultivos agrícolas principales-, stock ganadero (L), nivel desempleo (UE) y nivel de pobreza (PL). Es habitual incluir en este conjunto de variables el precio de la tierra, sin embargo no fue posible considerar esta variable porque no hay datos anuales disponibles para cada provincia en el período analizado.

LE (enforcement law) representa el *costo potencial para el delincuente*.

La 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, mientras que las variables precipitación (Precip), viento (Wind) y temperatura (Temp) corresponden a variables meteorológicas que explican las *causas naturales*.

Y por último, la variable turismo (Tourism) permite controlar la intervención humana involuntaria, y representan las *causas accidentales*.

La variable incendios forestales puede expresarse principalmente de dos formas diferentes: cantidad de incendios en una región y año dado, y la otra es hectáreas quemadas o porcentaje del área quemada en cada región, para cada año dado (generalmente normalizada por superficie total de bosque nativo de la región). La primera es considerada más adecuada para modelar el comportamiento que se analiza en este trabajo, porque es un indicador que depende directamente de la decisión de iniciar un incendio; mientras que la extensión del incendio (representada por hectáreas quemadas) no puede ser controlada por el incendiario (Dogandjieva R. 2008; Michetti M y Pinar M. 2013).

Los anuarios publicados por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de la Nación es la fuente que brinda los datos sobre incendios forestales anuales, por provincia. Es necesario aclarar que la variable número de incendios forestales corresponde a los incendios registrados en zonas rurales y comprende cuatro tipos de vegetación: pastizales, bosques nativos, bosques cultivados y arbustales<sup>6</sup>.

Además, en dichas estadísticas están identificados los incendios que ocurrieron dentro de áreas protegidas como son los Parques Nacionales, pero por diversos motivos han sido excluidos del

---

<sup>6</sup> El motivo por el cual las estadísticas no presentan el número de incendios según tipo de vegetación es porque un mismo incendio puede afectar varios tipos de superficies forestales.

análisis. Uno de las razones es que algunos parques se extienden a más de una provincia y por otra parte, porque se trata de tierras públicas en donde es probable que exista ausencia de incentivos económicos vinculados a incendios intencionales.

La variable número de incendios ha sido normalizada por la superficie de bosque Nativo (medida en ha) existente al año 2001 en cada jurisdicción y luego expresada en logaritmo natural.

En cuanto a las variables de incentivos económicos, el indicador IPAA es construido a partir de las series de precios agrícolas publicada por la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (CREA). El índice de precio de actividades agrícolas pondera el precio de los cultivos girasol, soja, maíz y trigo por la participación de la actividad productiva específica en cada provincia,  $IPAA = p_{\text{girasol}} * \text{share}_G + p_{\text{soja}} * \text{share}_S + p_{\text{maíz}} * \text{share}_M + p_{\text{trigo}} * \text{share}_T$ . La base de datos de CREA también brinda la serie de stock ganadero por provincia. Ambos indicadores son transformados en logaritmo natural.

La información económica sobre niveles de desempleo y pobreza provienen de la Encuesta Permanentes de Hogares continúa (EPH) publicada por Indec y Mecon, ambas disponibles desde el año 2004. En los casos que presentan más de un punto geográfico de referencia por provincia, se ha considerado el promedio simple. Esto último se repite para el indicador de pobreza, que además es publicado en forma semestral por lo que se calcula también el promedio simple para obtener un indicador anual. Para este análisis se empleó el porcentaje de hogares bajo la línea de pobreza porque enfatizamos en las decisiones que toma el jefe de hogar.

Para medir el *costo potencial* que enfrenta el autor del delito (LE), las variables que usualmente se emplean son indicadores de corrupción, o tasa de delito contra la propiedad o incluso presencia de organizaciones ilegales (Dogandjjeva R. 2008; Michetti M y Pinar M. 2013). Si bien, la variable más adecuada a considerar hubiese sido la tasa de delitos contra la propiedad, la información sobre delitos de propiedad fue publicada únicamente hasta el año 2008 por provincia. Se empleó en su lugar un indicador más amplio, que es el número de procesados cada mil habitantes y número de condenados cada mil habitantes por año, en cada provincia. Los datos provienen del Sistema Nacional de Estadísticas sobre Ejecución de la Pena, confeccionados por la Dirección de Nacional de Política Criminal en materia de Justicia y Legislación Penal.

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. Por este motivo se consideró que la recaudación anual del impuesto a los ingresos brutos en pesos constantes es un indicador alternativo para aproximar la actividad económica por provincia. Se ha incorporado entonces la tasa de crecimiento de la recaudación anual de dicho impuesto, medido en pesos constante<sup>7</sup>.

Respecto a las variables meteorológicas, temperatura es desagregada en máxima, mínima, media anuales, y una cuarta opción, mide la cantidad de días en el año que superan lo 80° Fahrenheit (equivalentes a 26,66° centígrados), (Dogandjjeva R. 2008).

---

<sup>7</sup> 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://elhombrecitodelsombbrero.blogspot.com/>.



Se dispone de dos medidas que cuantifican la intensidad del viento, una mide la velocidad en km/hora a 10 metros de altura sobre el nivel del mar y a otra a 20 metros.

La variable precipitación es el promedio anual de milímetros medidos en días pluviométricos<sup>8</sup>. Todos los datos relativos al clima fueron obtenidos del "Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico" (SIGA) del Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA).

Por último, la variable turismo es representada en la literatura por número de personas que acampan en espacios naturales de recreación (Dogandjieva R. 2008; Michetti M y Pinar M. 2013). Es considerado un buen indicador para controlar los incendios causados por negligencia, dado que son comunes los incendios por fogatas que no son correctamente extinguidas, entre otros tipos de negligencia que pueden cometer los turistas y que terminan desencadenando incendios en bosques. Pero, como Argentina no dispone de información sobre número de campistas en áreas naturales por provincia, se consideró un indicador diferente que mide el nivel de ocupación en alojamientos parahoteleros<sup>9</sup>. La fuente de información fueron los boletines publicados por la Secretaría de Turismo de la Nación, sobre el número de habitaciones o unidades ocupadas por mes en los puntos turísticos representativos de cada provincia (medido en porcentaje sobre total de unidades disponibles). Se diseñó un indicador anual para cada provincia, asignando una ponderación total de 0,8 a los meses de mayor flujo turístico (Enero, Febrero, Marzo y Julio) y de 0,2 al resto de los meses.

### C. MODELO ECONOMETRICO

El Programa Nacional de Estadística Forestal confecciona la base de datos de incendios forestales en base a los reportes que realiza cada provincia por lo tanto, en virtud de explotar tanto la heterogeneidad entre individuos como en el tiempo, se emplearán los datos en panel. En principio, las observaciones corresponden a las 21 provincias de Argentina (no están incluidas Capital Federal y provincia de Buenos Aires<sup>10</sup>) y el espacio temporal considerado abarca el período 2002-2014. Estudiar los datos en panel permitirá capturar la heterogeneidad no observable tanto en el tiempo como en espacio.

Con el objetivo de controlar las características específicas de cada provincia que no varían en el tiempo, tales como costumbre, conciencia ciudadana sobre conservación de recursos naturales, entre otras, se realizan estimaciones por efectos fijos.

El análisis de regresión iniciará con un modelo simple, el cual incluye solamente variables meteorológicas, turismo y la variable de control, crecimiento económico. En el siguiente modelo se incorporarán las variables económicas, y luego en un tercer modelo la variable relativa a la aplicación de la ley (procesados o condenados).

Una vez analizado los resultados y seleccionado las variables que son estadísticamente relevantes en la explicación del número de incendios forestales, se procederá a incorporar variables

---

<sup>8</sup> 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.

<sup>9</sup> Establecimientos parahoteleros: hosterías, hospedajes, residenciales, cabañas, bungalows, hostels, albergues, bed & breakfast, pensiones, posadas, lodges de caza y pesca, establecimientos rurales, complejos turísticos y dormis.

<sup>10</sup> La provincia de Buenos Aires no fue incluida porque hasta la fecha no ha finalizado el proceso de OTBN y la superficie de BN que posee es muy reducida.

dummies que representen el cambio en el marco legislativo introducido por la Ley 26.331. En principio, se pueden incorporar cuatro variables dummies diferentes, una corresponde a la sanción de la Ley nacional (Dic 2007<sup>11</sup>), otra a su reglamentación (año 2009), una tercera a las leyes provinciales (a partir de la cual adhieren a la Ley nacional) y una cuarta al decreto a través de cual realiza el OTBN. Estas dos últimas varían por provincia.

Se presume que una vez sancionada la Ley nacional<sup>12</sup>, es de público conocimiento la futura clasificación que se realizará según grado de conservación en las superficies cubiertas por BN en todo el territorio argentino, aunque muchos detalles son conocidos recién con la reglamentación de la ley.

Si bien, es probable que los costos de cometer el delito antes de efectuarse el proceso de OTBN sean menores debido al mayor control que se aplica con posterioridad, no es claro que sea rentable para un individuo cometer el delito de incendiar un bosque intencionalmente sin conocer la categoría de conservación específica del terreno. La categoría que permite el cambio de uso del suelo es únicamente la verde, pero está sujeta a evaluación por parte de las autoridades, lo cual también introduce costos para el individuo que desea desarrollar una actividad económica en tierras boscosas.

En función de esta idea, se pueden plantear dos argumentos posibles: en el primero el individuo evalúa si cometer el delito de iniciar un incendio forestal o no en la etapa previa al proceso de OTBN, “*efecto anticipación*”; mientras que en el segundo, la decisión se define una vez finalizada y establecida por ley provincial la clasificación de las tierras boscosas, al cual denominaremos “*efecto postergación*”. Con el fin de testear estos efectos, se incorporará dos variables ficticias, una que represente la legislación nacional y otra que indique la finalización del OTBN.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros resultados que se comentan en esta sección corresponden al modelo simple, a partir del cual se busca controlar por diferentes factores que representan las causas naturales y accidentales de los incendios forestales. En la estimación de este modelo la única variable meteorológica estadísticamente significativa<sup>13</sup> es lluvia, mientras que las variables turismo y crecimiento económico no lo son. La relación esperada entre lluvia e incendios es negativa, cuánto más llueve menor es la probabilidad de incendios (Dogandjieva R. 2008; Michetti M y Pinar M. 2013), lo cual se verifica en este caso porque el coeficiente estimado para esta variable es negativo. Sin embargo, en las distintas variables referidas a temperatura la relación esperada no se confirma, con signo negativo para temperatura máxima por ejemplo. Por lo tanto, para continuar con la siguiente etapa y adherir al modelo las variables económicas, se consideró solamente la variable dependiente lluvia.

---

<sup>11</sup> Se considera incorporar la variable dummy para la sanción de la Ley 26.331 en el año 2008.

<sup>12</sup> Un detalle que se debe mencionar es la prohibición de autorizaciones para realizar desmontes a partir de la sanción de la ley hasta que las provincias finalizaron la OTBN.

<sup>13</sup> Las variables son evaluadas a un nivel de significancia estadística del 10%.

Con el segundo modelo se pretende indagar el vínculo entre variables referidas a precio de los principales cultivos agrícolas (soja, maíz, girasol y trigo), stock ganadero, nivel de pobreza y desempleo, pero ninguna de ellas resulta estadísticamente significativa. La relación esperada con la variable dependiente es positiva en todos los casos, partiendo del supuesto que los incentivos económicos dependen de la rentabilidad de actividades productivas que representan el costo de oportunidad de conservar el BN. Pero solo desempleo exhibe coeficiente positivo, por este motivo se mantiene el factor desempleo en el modelo para continuar testeando las variables restantes.

En cuanto a las variables relativas al costo potencial de cometer un delito, si bien se verifica el signo esperado, no superan el test estadístico de significancia.

No obstante, cuando se agregan las variables cualitativas para testear el efecto de los cambios en la regulación de tierras cubiertas por BN, se encuentra que las dummies correspondientes a la reglamentación de la Ley 26.331 (año 2009) y a las leyes provinciales (el año de sanción varía según provincia) son estadísticamente significativas. La estimación de sus coeficientes muestra signos contrarios, la reglamentación de la ley nacional presenta signo positivo y las leyes provinciales negativo.

Este resultado estaría capturando el “efecto anticipación” al proceso de OTBN, durante el tiempo que transcurre entre el año 2009 y la aprobación del OTBN por medio de la ley provincial en cada caso<sup>14</sup>. Por lo tanto, una manera de interpretar el incremento del número de incendios en ese período es vincularlo a la decisión de incendiar intencionalmente tierras forestales con el fin de excluir el terreno del alcance de la OTBN. Es decir, el individuo anticipa las limitaciones en el cambio de uso de la tierra que implica la clasificación de tierras según grado de conservación, y toma la decisión sin conocer bajo qué categoría quedará clasificado el terreno. Sin embargo, esta decisión debe estar influenciada por las actividades productivas que el individuo tiene como alternativas a conservar el bosque, sobre lo cual no fue posible encontrar evidencias.

En base a estas deducciones, es necesario advertir que la inclusión de la provincia de Buenos Aires en los modelos estimados cambian de manera notoria los resultados e incluso parte de las conclusiones anteriores se alteran. Al considerar Buenos Aires en las estimaciones, se encuentra que las variables IPAA y stock ganadero son significativas, pero los signos de sus coeficientes son diferentes, para IPAA es negativo y para stock ganadero es positiva. En el caso del IPAA, es contra intuitivo que suban los precios de las actividades agrícolas y disminuyan los incendios, motivo por el cual en los modelos siguientes no se incluyó éste índice.

De todas maneras, a partir de este cambio no encontramos otras variables independientes estadísticamente significativas que expliquen el comportamiento del número de incendios.

Y finalmente, las variables ficticias referidas a la reglamentación de la ley nacional y las leyes provinciales son significativas, pero los signos son opuestos a lo encontrado en los modelos anteriores. Se debe recordar en este punto que se han planteado ambas alternativas como posibles. Esta última se puede interpretar del siguiente modo, el individuo que evalúa cometer el delito de incendiar intencionalmente espera los resultados de la OTBN, razón por la cual el período de transición entre el año 2009 y la finalización de este proceso el número de incendios disminuye; pero, posterior a la aprobación del OTBN a nivel provincial, decide si cometer o no el

---

<sup>14</sup> La única provincia que instrumentó por otra vía legal fue Santa Fe, que realizó la aprobación del OTBN por decreto.

delito. En este caso, aumenta el número de incendios forestales a partir de las leyes provinciales, con lo cual indicaría que a pesar del mayor control por parte de las autoridades de aplicación y el incremento de los costos que esto implica, es más rentable cometer un incendio intencional. A Este caso lo podemos denominar “efecto postergación”.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del último modelo, comparando la estimación sin BA y la estimación con BA.

**Cuadro N°1:** Estimación del modelo con variables dummies relativas a la Ley 26.331 y a la instrumentación legal del OTBN en las provincias<sup>15</sup>.

**Variable dependiente:** número de incendios forestales por 100.000 ha de bosques

<b>Variab</b> les	<b>Modelo sin Buenos Aires</b>	<b>Modelo con Buenos Aires</b>
Intercepto	6.104512 ** (3.074342)	-349.6376 (226.7002)
lluvia	-.82232 * (0.4480664)	-1.233267 ( 1.681072)
desempleo	19.04052 (32.88653)	<i>No se incluye</i>
d_nac	3.196723* (1.870691)	-26.34969*** (6.8779)
l_prov	-4.352528** (1.970837)	20.68425*** (7.385987)
Ln(stock ganadero)	<i>No se incluye</i>	26.66148 (16.1681)
R <sup>2</sup> total	0.0235	0.0985
n (número de provincias)	17	18

Nota: Se reportan los coeficientes estimados, entre paréntesis desvío estándar y (\*), (\*\*) y (\*\*\*) significatividad al 10, 5 y 1% respectivamente.

Sin embargo, se debe destacar que la inclusión de la provincia de Buenos Aires genera ciertos sesgos en las estimaciones, motivo por el cual quizás sea mejor no incluirla. Es posible que debido a la importancia de los incendios en tierras forestales que no son BN en esta jurisdicción, como los incendios en pastizales, la influencia de la actividad agrícola-ganadera gana importancia

<sup>15</sup> Provincias incluidas en el modelo: Catamarca, Chaco, Chubut, Corrientes, Córdoba, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Pampa, Mendoza, Misiones, Río Negro, San Juan, San Luis, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán.

porque estaría ajustando mejor el comportamiento de incendios en este tipo de vegetación y en menor medida en BN.

#### **IV. CONCLUSIONES**

El análisis planteado pretende, a través de una selección exhaustiva de variables explicativas, aislar el comportamiento de incendios forestales intencionales (especialmente ocurridos en bosques nativos) controlando por las demás causas de incendios, e intentar identificar los factores económicos que lo determinan.

En este sentido, también se consideró relevante evaluar como un cambio en el marco regulatorio relativo al cambio de uso de tierras privadas cubiertas por BN afecta la estructura de incentivos económicos de los agentes. El fundamento de incorporar el efecto de la Ley 26.331 en el análisis está relacionado a la escasez de tierra que generan las limitaciones introducidas por esta normativa, y permite testear si esto generó cambios en la estructura individual de incentivos económicos que se tradujo en incrementos de la ocurrencia de incendios forestales.

En los primeros modelos estimados se consideraron variables que controlan por causas naturales y accidentales, y a su vez se testearon cuatro variables económicas: un índice de precios agrícola compuesto que combina las cuatro actividades productivas principales, stock ganadero, índice de pobreza y desempleo.

A pesar de la escasa evidencia empírica respecto al vínculo entre variables económicas e incendios forestales, se encontró que las variables cualitativas introducidas en la estimación con el fin de modelar el efecto de la implementación de la Ley 26.331 explican parte del comportamiento del número de incendios. Si bien, se hallaron resultados que avalan los dos efectos planteados, efecto “anticipación” y “postergación” en los incendios intencionales, el segundo efecto no debería considerarse por posible sesgo en la estimación.

En base a los resultados obtenidos se plantea, como propuesta de estudio, la necesidad de perfeccionar el análisis a partir de modelos regionales. Esto permitirá introducir variables relevantes según región, principalmente variables económicas, y de este modo mejorar así las estimaciones y la explicación del comportamiento de incendios forestales.

Es importante analizar los factores que incidieron en la ocurrencia de incendios que afectaron superficies de bosques nativos, y en particular cómo los patrones de uso y ocupación del territorio han ejercido influencia, de modo tal que sirven de herramienta para la toma de decisiones relativas a su control y prevención. A su vez, es fundamental discernir cuál fue el efecto concreto que generó la implementación de la Ley 26.331 en Argentina durante el período analizado, porque las implicancias del efecto anticipación y postergación difieren entre sí. No es lo mismo que el incendio forestal intencional haya sido una actividad rentable en un período relativamente corto, a que esta actividad se torne más rentable a partir del proceso de OTBN. La duración del impacto adverso es diferente, como también lo es la posibilidad de adoptar medidas para corregir este efecto.

## V. BIBLIOGRAFÍA

Abt, K., Butry, D., Prestemon, J. y Scranton, S. “*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. “*Ley N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Informe de estado de implementación 2014*” (Julio 2014).

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

Arima, E., Simmons, C., Walker, R., y Cochrane, M. “Fire in the Brazilian Amazon: A Spatially Explicit Model for Policy Impact Analysis.” *Journal of Regional Science* 47, no.3 (2007): 541-567.

Becker, G. “Crime and Punishment: An Economic Approach.” *The Journal of Political Economy* 76, no. 2 (Mar. - Apr., 1968): 169-217

Dogandjieva R. “*Forest fires in southern Europe : an econometric investigation of the existence of economic incentives for fire arson*” (2008) Honors Theses. Paper 641.

Hershberger, R. y Miller R. “The Impact of Economic Conditions on the Incidence of Arson.” *The Journal of Risk and Insurance* 45, no.2 (1978): 275-290.

Juliá, M. “*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 (2010), pp. 169-184.

Lavalle, A. et. al. “*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, (2010).

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

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, (2009).

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. “*Forest Fires in Italy: an econometric analysis of major driving factors*”. Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici. Climate Change Impacts and Policy Division, (2013).

Minaverry, C. y Gally, T. “La implementación de la protección legal de los bosques nativos en Argentina” Pensamiento Jurídico, No. Clara María Minaverry, Teresa Gally 35, septiembre - diciembre, Bogotá, 2012, pp. 253-278.

Montenegro, c. et al. “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 (2005).

Mothershead, P. “Geo-spatial Analysis of Socioeconomic Risk Factors Affecting Wildfire Arson Occurrence in the Southeastern United States”. Thesis. North Carolina State University. Raleigh, North Carolina (2012).

Murrey Jr., Joe H., R. Keith Tudor, and Kenneth W. Hollman. “Target Arson: Update 1991. A Study of Selected Old and New Variables.” *Journal of Economics & Finance* 16, no.1 (1992): 47-61.

Pazienza, Pasquale and Sergio Beraldo. “Adverse Effects and Responsibility of Environmental Policy: The Case of Forest Fires.” *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* 11 (2004): 222-231.

Prestemon, J. y Butry, D. “Time to burn: modeling wildland arson as an autoregressive crime function.” *American Journal of Agricultural Economics* 87 no.3 (2005): 756-70.

Soares, R., Batista, A., y Santos, J. “Profile of forest fires in Brazil’s protected areas in the period from 1998 to 2002.” *Revista Floresta* 36, no.1 (2006): 93-100.

Spillman, T. y Zak, T. “Arson: An Economics Phenomenon?” *American Economist* 23, no.2 (1979): 37-44.

Agencia Nacional de Noticias. Nota sobre incendios en Chubut año 2016, disponible en: <http://www.telam.com.ar/notas/201603/139690-chubut-incendios-intencionales-temporada-innforme-servicio-provincial-de-manejo-del-fuego.html> (fecha de consulta: 2 de Septiembre de 2016).

Agencia Nacional de Noticias. Nota sobre incendios en Chubut año 2015, disponible en: <http://www.telam.com.ar/notas/201503/96512-incendio-forestar-chubut.html> (fecha de consulta: 2 de Septiembre de 2016).

Diario digital argentino Infobae. Noticias sobre incendios en el año 2013. <http://www.infobae.com/2013/09/10/1507749-es-dramatica-la-situacion-cordoba-san-luis-y-tucuman-los-incendios-forestales/> (fecha de consulta: 2 de Septiembre de 2016).