

MODELANDO EL RIESGO DE INCENDIOS EN ARGENTINA – UNA CONTRIBUCIÓN A LAS POLÍTICAS DE MANEJO DEL FUEGO

Verónica Caride

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Formosa (UNaF)
Av. Gutnisky 3200, Ciudad de Formosa, Formosa, Argentina
vcaride@conicet.gob.ar / vcaride@unf.edu.ar

Resumen

Recibido: 09/2022

Aceptado: 12/2022

Palabras clave

Manejo del fuego.
Riesgo de incendios.
Políticas de gestión ambiental.
Servicios eco-sistémicos.
Argentina.
Cambio climático.

Según FAO (2021), el 90% de los incendios son explicados por causas humanas. Resulta por tanto fundamental incluir en los sistemas de evaluación de peligro y alerta temprana de incendios forestales y rurales factores antrópicos. Si bien la Argentina posee un sistema de evaluación de peligro y alerta temprana de incendios forestales y rurales basado en el sistema canadiense, sólo estima 1 de sus 3 componentes, el Índice climático del fuego o FWI por sus siglas en inglés (*Fire Weather Index*). El sistema nacional omite el componente de predicción de ocurrencia, más conocido como FOP por sus siglas en inglés (*Fire Occurrence Prediction*), basado en variables antrópicas. Este artículo presenta un modelo econométrico de ocurrencia de incendios para Argentina, incorporando información antrópica a nivel departamental y controlando por variables meteorológicas. El objetivo es generar información que permita desarrollar un sistema que garantice la eficacia y eficiencia en el manejo del fuego. Los resultados alcanzados nos indican que la actividad ganadera, las variables vinculadas a la calidad de vida, la densidad poblacional y la infraestructura vial tienen un impacto significativo sobre la ocurrencia de incendios. Como conclusión se puede afirmar que se recomienda para Argentina que las políticas públicas de manejo del fuego se focalicen en incorporar estrategias de prevención a partir de una mayor concientización y control de los incendios realizados en los establecimientos ganaderos y en aquellas zonas aledañas a los centros poblacionales y accesos viales, así como en mejorar la calidad de vida de las poblaciones rurales.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

MODELING FIRES' RISK IN ARGENTINA – A CONTRIBUTION TO PUBLIC FIRE MANAGEMENT POLICIES

Verónica Caride

*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Formosa (UNaF)
Av. Gutnisky 3200, Ciudad de Formosa, Formosa, Argentina
vcaride@conicet.gob.ar / vcaride@unf.edu.ar*

Abstract

Keyword

Fire management.
Fire risk.
Environmental management policies.
Ecosystem services.
Argentina.
Climate change .

According to FAO (2021), the 90% of fires are explained by human causes. It is therefore essential to include anthropic factors in forest and rural fire hazard assessment and early warning systems. Although Argentina has a forest and rural fire hazard assessment and early warning system based on the Canadian system, it only estimates 1 of its 3 components, the Fire Weather Index (FWI). The national system omits the component of fire occurrence prediction, better known as FOP, based on anthropic variables. This article presents an econometric model of fire occurrence for Argentina, incorporating anthropic information at the departmental level and controlling for meteorological variables. The objective is to generate information that allows the development of a system that guarantees the effectiveness and efficiency in fire management. The results achieved indicate that livestock activity, variables related to quality of life, population density and road infrastructure have a significant impact on the occurrence of fires. In conclusion, it can be stated that it is recommended for Argentina that public fire management policies focus on incorporating prevention strategies based on greater awareness and control of fires carried out in livestock farms and in those areas surrounding population centers and road access as well as on improving the quality of life of rural populations.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

INTRODUCCIÓN

Existe cada vez más preocupación en Argentina respecto a los incendios forestales y rurales, debido a que los mismos se han incrementado e intensificado como consecuencia del cambio climático. Recientemente el país ha experimentado dos incendios de gran magnitud, en la Provincia de Corrientes en enero de 2022 y en el Delta del Paraná en octubre del mismo año. En el primero de ellos el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) estima que ardieron más de 1 Millón de hectáreas, lo que equivaldría al 11.7% de la provincia. En el segundo caso las hectáreas consumidas por el fuego superarían las 375.000 las hectáreas afectadas, con fuertes impactos ambientales y sobre la salud humana debido a la cercanía con grandes centros urbanos.

Diversos estudios destacan la mayor preocupación global debido al incremento e intensificación de los incendios como consecuencia del cambio climático (Liu et al. 2010; Wotton et al. 2010; Moriz et al. 2012). Se prevé que aumente la frecuencia y gravedad de los eventos extremos, lo que producirá una alteración de los regímenes de incendios. Las sequías más frecuentes pueden traducirse en mayor probabilidad de ocurrencia de incendios forestales, así como en un incremento de intensidad, causando cuantiosos daños en términos ambientales, económicos y sociales. Asimismo, cabe destacar que la problemática se hace cada vez más preocupante, dado que la reducción de captación terrestre de carbono intensifica aún más esta tendencia.

Los incendios pueden ser los causantes de la deforestación, degradación de bosques, contaminación del aire y fuentes de agua, erosión y escorrentía excesiva que deterioran los suelos, reducción de captación terrestre de carbono, destrucción de medios de subsistencia, así como de pérdida de biodiversidad, infraestructura y hasta de vidas humanas. Sin embargo, también pueden conllevar beneficios económicos, sociales y ambientales en ecosistemas dependientes del fuego. Es por ello que las políticas públicas de manejo del fuego son esenciales para lograr la mayor efectividad y eficiencia en el uso del fuego, encontrando el equilibrio entre los beneficios que recibe la sociedad y los costos y daños ocasionados por los incendios no deseados.

Una cuestión importante a la hora de implementar una política de manejo del fuego, es diferenciar entre dos conceptos fundamentales, la ocurrencia y la propagación de incendios. Mientras que el primero se refiere a la probabilidad de que exista una fuente de ignición, el segundo incorpora no sólo la ocurrencia de un foco sino también las características del comportamiento del fuego en caso que un foco prospere, las dificultades para el control y los daños que ocasiona. Según el informe de la 32ª Reunión de la Comisión Forestal de la FAO para América Latina y el Caribe (2021), el 90% de la ocurrencia de los incendios a nivel global se deben a causas humanas. Por otra parte, las causas de la propagación de los incendios estarían vinculadas principalmente a factores de combustión, topográficos y meteorológicos; siendo los factores antrópicos únicamente los vinculados a los esfuerzos de supresión. Por consiguiente, mientras que los focos de incendios podrían ser mayormente explicados por causas humanas, la magnitud de los mismos se debería principalmente a causas físicas. Las políticas de manejo del fuego consideran tanto la ocurrencia como la propagación de los incendios y su prevención se realiza a partir de un sistema de evaluación de peligro de incendios, los cuales incorporan tanto variables físicas como antrópicas, al menos teóricamente.

A pesar de su elevada relevancia, los factores antrópicos suelen ser omitidos tanto en los sistemas de evaluación de peligro de incendios como en la bibliografía académica referida a la temática, argumentando la complejidad de predecir el comportamiento humano (Rodrigues, Rivas y Fotheringham, 2014). La mayoría de los trabajos académicos y políticas públicas de manejo del fuego se basan únicamente en factores físicos como el clima, la topografía o la disponibilidad de combustibles. Argentina no es la excepción, ya que su sistema de evaluación de peligro de incendios se basa sólo en uno de los componentes del sistema canadiense, el Índice Meteorológico de Incendios (o FWI por sus siglas en inglés) estimado a

partir de variables meteorológicas. No incorpora el Subsistema de Predicción de Ocurrencia de Incendios (o FOP por sus siglas en inglés) basado en causas naturales y antrópicas. Sin embargo, según Costafreda-Aumedes et al, 2017, en los últimos años la creciente preocupación mundial por los incendios forestales ha desencadenado el desarrollo de modelos de ocurrencia de incendios causados por humanos en muchos países. Según los autores, las principales publicaciones existentes se han realizado para Europa y América del Norte, siendo que las áreas más activas en términos de incendios son América Latina y África, necesitándose mayores esfuerzos en términos de modelación en estas regiones.

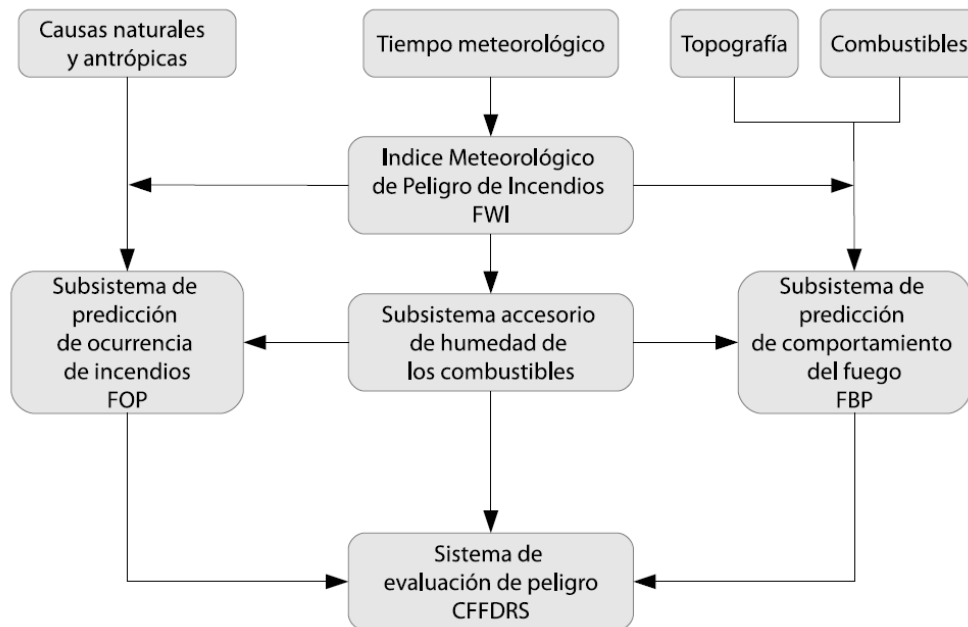
El objetivo de este trabajo, por lo tanto, es contribuir a ampliar el sistema argentino de peligro de incendios a partir de desarrollar un modelo que estime las causas antrópicas en la ocurrencia de incendios y avanzar en la formulación del FOP, con el objetivo de incrementar la eficacia en la evaluación y prevención de incendios para la Argentina. Para ello se generará una base de datos de incendios y de las principales variables explicativas, según la bibliografía existente. Una vez confeccionada la base de datos y realizado un análisis de consistencia sobre la misma, se realizarán estimaciones econométricas, con el fin de establecer cuáles son los factores significativos que afectan la ocurrencia de incendios. Finalmente se presentan los resultados obtenidos y se analizan los mismos a fin de contribuir con la planificación de políticas públicas que permitan alcanzar un manejo sostenible del fuego, aprovechando sus beneficios al mismo tiempo que conservando y enriqueciendo los ecosistemas y volviéndolos más resilientes. En este sentido se destaca la importancia para la conservación de los bosques, y todos los servicios ecosistémicos que éste genera, así como de la biodiversidad existente en ellos. Los beneficios se podrán apreciar tanto a nivel local, provincial y nacional como a nivel global, con menor degradación de tierras, menos daños materiales y pérdida de vidas humanas, así como menores emisiones de gases de efecto invernadero y pérdida de biodiversidad, contribuyendo de este modo a mitigar los efectos del cambio climático.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en la Sección I: Metodología, se comienza con una revisión bibliográfica, a continuación se detallan los datos y su construcción, así como un análisis exploratorio de la base de datos, para finalmente detallar la metodología utilizada y los modelos econométricos que serán estimados. Posteriormente, en la Sección II: Resultados, se presentarán los resultados obtenidos a partir de las estimaciones econométricas realizadas, así como su interpretación y análisis y una discusión de los mismos. Para finalizar la sección se presentan los pasos a seguir en futuros trabajos académicos, los cuales quedaron pendientes en este artículo. Finalmente se presentará la conclusión, en donde se detallarán las principales recomendaciones de políticas públicas de manejo del fuego en base a los resultados de las estimaciones realizadas.

SECCIÓN I: METODOLOGÍA

I.I Revisión bibliográfica

El sistema nacional de peligro de incendios en Argentina se basa en el sistema canadiense. Este sistema contempla 4 factores determinantes para el peligro de incendios: riesgo de rayos y causas humanas, tiempo, topografía y combustible y 3 componentes: FWI, FOP y FBP. A nivel nacional sólo se estima uno de los 3 componente denominado Índice Meteorológico de Peligro de Incendios (FWI) basado únicamente en variables meteorológicas. A continuación se presenta un Diagrama con el esquema canadiense, el cual es adoptado parcialmente en Argentina.

Diagrama I: Estructura del sistema canadiense de evaluación de peligro de incendios

Fuente: 1er Informe Técnico, Programa Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios y Alerta Temprana, Plan Nacional de Manejo del Fuego y Desarrollo Sustentable

En este trabajo nos focalizaremos en evaluar la ocurrencia de incendios debido a causas antrópicas así como en las políticas públicas de prevención de ocurrencia de incendios. Por consiguiente nos focalizaremos en el Subsistema de predicción de ocurrencia de incendios, FOP, presentado en el Diagrama I. Como se mencionó previamente, según la FAO el 90% de los incendios son ocasionados por causas humanas. Por lo tanto, resulta fundamental para la prevención de incendios poder generar información referida a los factores antrópicos detrás de la ignición, ausente en el sistema actual hasta el momento.

No existen hasta el momento trabajos científicos que desarrollen un modelo para predecir la ocurrencia de incendios en base a causas antrópicas (HCF occurrence model, por sus siglas en inglés) para Argentina. El único trabajo disponible (Patricia Egolf de 2017), pero el mismo considera a los incendios como un delito y basa sus estimaciones en un modelo teórico del crimen. Este abordaje no tiene en cuenta la legislación vigente ni los beneficios que trae aparejado el fuego, mencionadas previamente y explicitadas en las “Directrices Voluntarias de Manejo del Fuego de la FAO” (2008), y por lo tanto fue desestimado. Los otros trabajos académicos se centran principalmente en factores físicos (Sánchez S. et al. 2022).

Por lo antedicho, el foco de la revisión bibliográfica estuvo puesto en los trabajos realizados para otros países o a nivel regional o global referidos a causas antropogénicas de los incendios. Los principales y más recientes artículos que realizan una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los modelos HCF de ocurrencia de incendios (Costafreda-Aumedes et al, 2017; Taylor et al., 2013; Plucinski, 2012; Xi et al., 2019) destacan que, pese a que las áreas más activas en términos de incendios son América Latina y África, los principales artículos se refieren a Europa o América del Norte como ser España, Francia, Italia y en Austria. Un artículo destacado para América Latina es el estudio para Brasil de Morello T. et al (2020), el cual a partir de variables socioeconómicas y ambientales a nivel municipal estima un modelo de ocurrencia de incendios.

En la actualidad existen dos tipos de modelos de ocurrencia de incendios: los de corto y largo plazo. Los primeros se basan en estimaciones diarias, semanales o mensuales y los segundos lo hacen en base a información estacional, anuales o de períodos más largos. Estos modelos difieren en sus objetivos, mientras que los de corto plazo generalmente son utilizados para la detección, predicción y planeamiento de ataque y supresión, los de largo plazo son generalmente construidos con fines de prevención de incendios, tratamiento de combustibles, gestión forestal, planificación en el manejo del fuego y protección civil (Costafreda-Aumedes et al., 2017). Según Chuvieco et al. 2008, los modelos de largo plazo son los más frecuentes. Esto se justifica en que la ocurrencia de incendios cambia en el espacio y tiempo y la validación de los índices integrados debe hacerse con series de tiempo de largo plazo, porque los períodos cortos pueden sesgar algunos de los supuestos teóricos necesarios para construir el modelo.

En cuanto a los modelos más utilizados para estimar la ocurrencia de incendios por causas antrópicas para el largo plazo se destacan en la actualidad dos grandes grupos: 1) Los modelos econométricos, basados en modelos de regresión y centrados en analizar la relación existente entre los incendios y ciertas variables consideradas explicativas y 2) Los modelos más complejos basados en inteligencia artificial, enfocadas principalmente en realizar pronósticos lo más precisos posibles. Existe una diferencia importante entre ambos tipos de modelos: mientras los primeros se basan en relaciones teóricas de simple interpretación, los segundos funcionan como cajas negras porque los humanos no pueden comprender cabalmente cómo se llega al resultado y por lo tanto son de interpretación compleja. En el primer grupo de modelos se pueden destacar los modelos econométricos lineales o logísticos, los modelos de Poisson o los Modelos de Econometría Espacial: como ser los modelos de error espacial (SEM por sus siglas en inglés), los modelos espacialmente rezagados (SLM por sus siglas en inglés) o las Regresiones Geográficamente Ponderadas (GWR por sus siglas en inglés). En el segundo grupo podemos encontrar los Modelos de Redes Neuronales o los Modelos Aditivos Generalizados (GAMs, por sus siglas en inglés), entre otros. Dado que el objetivo de este trabajo es obtener un modelo que aporte al diseño de políticas públicas para la prevención de incendios por causas antropogénicas, se optó por el primer tipo de modelos mencionado. Lo que se busca es poder reducir o limitar aquellos comportamientos que iniciaron el incendio y por lo tanto el objetivo principal de este trabajo será analizar los factores que influyen en la ocurrencia de los incendios y no es su propagación¹.

En cuanto a los principales factores antrópicos que afectan la ocurrencia de incendios, la literatura especializada destaca una amplia lista de variables las cuales se pueden agrupar en 5 grandes grupos: i) actividad agropecuaria ii) acceso iii) calidad de vida, iv) turismo v) ecología.

En cuanto al primer grupo de factores los mismos tienen una incidencia positiva sobre la ocurrencia de incendios. Esto es que una mayor actividad agropecuaria incrementa la probabilidad de ocurrencia de una fuente de ignición. En el caso de la ganadería, esto se debe a que los incendios son considerados por los productores como prácticas agrícolas que conllevan beneficios económicos considerables. El fuego puede ser el método más económico para mejorar el forraje, ya que libera nutrientes almacenados en la biomasa y fomenta el crecimiento y el vigor de la vegetación, y por lo tanto incrementa la productividad ganadera. Asimismo, es ampliamente utilizado como una práctica para el cambio en el uso del suelo o el control de plagas y enfermedades. Por otra parte, las quemadas controladas pueden reducir el material de combustión reduciendo la cantidad excesiva de vegetación y por lo tanto reduciendo el riesgo de incendios no deseados. Otras actividades que pueden ocasionar incendios no deseados son la agricultura o la silvicultura. Los argumentos teóricos en estos casos suelen basarse en que las maquinarias utilizadas, sobre todo si son obsoletas, pueden generar chispas durante su utilización y por lo tanto originar incendios no deseados. En este grupo de factores generalmente se destacan indicadores como: stock ganadero, superficie implantada, precios agropecuarios, etc.

¹ En el caso de la propagación, en donde existe una pluralidad de factores e incertidumbres en las relaciones vinculadas entre ellos, los modelos de redes neuronales basados en inteligencia artificial pueden ser los más adecuados.

Respecto al segundo grupo de factores, la literatura incorpora variables que dan cuenta de manera directa o indirecta del acceso del hombre a esos territorios. Toda vez que los humanos toman contacto con bosques, terrenos arbolados, praderas, pastizales, paisajes agrícolas o rurales se incrementa el riesgo de incendio debido al uso que el hombre le da al fuego y a la electricidad para el desarrollo de sus actividades rutinarias (cocina, fuente de calor, etc.). En cuanto a los factores directos la densidad poblacional suele ser una variable ampliamente utilizada. En el caso de los factores indirectos aquellas variables vinculadas a la infraestructura, como ser inventario vial o viviendas suelen encontrarse. Una variable ampliamente utilizada en los trabajos académicos para modelar la ocurrencia de incendios suele ser el tendido eléctrico. En este último caso, la variable da cuenta por sí misma de los incendios a partir de la probabilidad de ocurrencia de chispas a lo largo del tendido. Asimismo, el acceso de la población a la electricidad también incrementa su uso a nivel doméstico y la probabilidad de incendios.

En cuanto a los factores de calidad de vida, el tercer grupo de factores, se destaca que una mejor calidad de vida reduce la probabilidad de incendios. En la literatura se destacan varios motivos para esta relación. Uno de ellos es que en las zonas rurales los habitantes suelen tener dos trabajos de manera simultánea: trabajo para terceros y trabajo autónomo en actividades agropecuarias. Por tanto, un empeoramiento en los ingresos del trabajo para terceros los obliga a volcarse a las actividades agropecuarias, que ya vimos incrementan la probabilidad de incendios por el uso que le dan al fuego en sus prácticas de manejo y otras cuestiones. En cuanto a las variables específicas se destacan aquellas vinculadas al nivel de actividad per cápita, el empleo, la calidad de vida en general, nivel educacional, etc.

El cuarto grupo de factores se refieren al turismo y las actividades que el mismo conllevan. En este caso los incendios suelen ser no intencionales pero igualmente nocivos. El desecho de elementos de vidrio a cielo abierto, fogatas o colillas de cigarrillo mal apagadas en bosques, terrenos arbolados, praderas, pastizales, paisajes agrícolas o rurales pueden ocasionar incendios no deseados que se vuelvan fuera de control y causen cuantiosos daños materiales, humanos y ecológicos.

Por último, cabe mencionar los factores vinculados a las actividades que buscan conservar o degradar la ecología. En este grupo se suelen incorporar las áreas protegidas, la deforestación, etc.

I.II. Datos

En base al análisis realizado a partir de la literatura existente, mencionado en el apartado anterior, se realizó una búsqueda exhaustiva de información con la mayor desagregación espacial y amplitud temporal posible. En cuanto a la variable a ser explicada, cantidad de incendios, se encontraron dos fuentes alternativas: la cantidad de incendios declarados por las provincias a nivel departamental y la cantidad de hotspots georreferenciados a partir de imágenes satelitales publicadas por la NASA. En este último caso se consideraron aquellas captadas por el satélite VIIRS, por ser las que cuentan con una mejor definición. Como se puede apreciar en el Anexo I, ambas fuentes difieren sustancialmente no sólo en la cantidad de incendios sino también en su estructura espacial. Es preciso destacar que en cualquiera de los dos casos pueden existir dificultades y problemas de fiabilidad y que mejorar estas bases de datos requiere de un constante trabajo por parte de las autoridades nacionales y provinciales².

² En el caso de los incendios declarados pueden existir omisiones importantes por falta de relevamiento. En este caso, cabe destacar que desde el año 2020 que no se reporta esta variable en Argentina. En el caso de los incendios captados por teledetección cabe destacar algunas cuestiones metodológicas de relevancia. En primer término, el satélite capta las imágenes únicamente en 2 momentos del día y por consiguiente aquellos incendios que han iniciado y han sido extinguidos en el interín no serán captados. Por otra parte, los hotspots suelen captar fuentes de calor que no son incendios, como por ejemplo algunas empresas industriales que emanan altas fuentes de calor como la siderurgia o la del vidrio, entre otras. También cabe destacar que este tipo de imágenes se presenta por píxeles y por lo tanto puede estar sobreestimando la cantidad de incendios. Debería de realizarse una limpieza por contigüidad temporal y espacial. En un gran incendio que dura varios días, por ejemplo, el satélite contabiliza una gran cantidad de píxeles y días de incendios, a no ser que se realice alguna manipulación de la información para controlar por contigüidad. Inclusive en este último caso la información podría no ser muy precisa, si se han realizado tareas de supresión, pueden visualizarse dos o más focos siendo que el foco fue el mismo.

En cuanto a las variables dependientes, se buscaron los 5 grupos de factores seleccionados en el apartado anterior. A continuación se presenta la Tabla I, con las variables consideradas:

Tabla I: Variables consideradas en la ocurrencia de incendios de Argentina disponibles por departamento

INDICADOR/ VARIABLES	VARIABLE EN EL MODELO	TIPO DE VARIABLE	FUENTE	UNIDAD ESPACIAL	PERIODO	SIGNO ESPERADO
Cantidad de Incendios / Sup. Hotspot / Sup.	INC_SUP HOTS		MAyDS en base a pcias. NASA	Departamento		
Stock bovino / sup EAPs	STOCK_SUP_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	SENASA	Departamento	2015-2019	+
Forrajeras anuales / sup EAPs	FORR_A_SUP_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	CNA18	Departamento	2018	+
Forrajeras perennes / sup EAPs	FORR_P_SUP_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	CNA18	Departamento	2018	+
Superficie Implantada / Sup	SUP_IMP_SUP	ACT. AGROPECUARIA	CNA18	Departamento	2018	+
Oleaginosas / sup EAPs	OLEAG_SUP_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	CNA18	Departamento	2018	+
Cereales / sup EAPs	CER_SUP_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	CNA18	Departamento	2018	+
Bosques Implantados / sup EAPs	BOS_IMP_SUP_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	CNA18	Departamento	2018	+
Cocchadoras / sup EAPs	COC_SUP_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	CNA18	Departamento	2018	+
Tractores / sup EAPs	ETRAC_EAPS	ACT. AGROPECUARIA	CNA18 Pink-Sheet	Departamento	2018	+
Precios de: carne, soja, maíz y trigo	BEEFP, PSOYP, MAIP, WHEAP	AGROPECUARIA	BANCO MUNDIAL	Mundo	2015-2019	+
Kms Tend. eléctrico de AT / Sup	TENELE_SUP	ACCESO	Estimado en base a IGN	Departamento	-	+
Kms viales / Sup	TOTV_SUP	ACCESO	Estimado en base a IGN	Departamento	-	+
Viviendas rurales / Sup EAPs	VIVR_SUP_EAPS	ACCESO	CNA18	Departamento	2018	+
Población / Sup	POBL_SUP	ACCESO	CNP 2010	Departamento	2010	+
Empleo Agrario / Superficie Ocupados	EMPA_SUP	CALIDAD DE VIDA	MDProd en base a AFIP	Departamento	2015-2019	-
Permanentes / Población	OCP_P_POBL	CALIDAD DE VIDA	CNA18 / CNP 2010	Departamento	2018	-
Índice de Calidad de Vida	ICV	CALIDAD DE VIDA	CONICET en base a CNP 2010	Departamento	2010	-
Turismo en EAPs / EAPs	ETUR_EAPS	TURISMO	CNA18	Departamento	2018	+
FFMC, FWI, TEM	FFMC	METEOROLOGICAS	Estimado en base a SMN	Departamento	2015-2019	+

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla I se detalla la composición de la base de datos. En la primer columna se presentan las posibles variables dependientes a ser utilizadas, que como ya se mencionó son 2, cantidad de incendios declarados y hotspots, para posteriormente presentar las variables independientes. En la columna siguiente se presenta su expresión en el modelo y, en la tercer columna, el grupo al que pertenece según la clasificación

presentada previamente. Posteriormente se indica la fuente, la unidad espacial, el período y el signo esperado según la bibliografía existente.

Es preciso aclarar que en la mayoría de las variables se tuvieron que realizar transformaciones para poder arribar a los datos deseados. Por ejemplo, en el caso de los Hotspots, dado que los mismos son puntos, se debieron transformar en cantidad de puntos por departamento. En el caso de las series diarias o mensuales, como es el caso de las variables meteorológicas como ser el FWI y sus componentes, se realizaron promedios. Por otra parte, existen algunas variables que no cuentan con la dimensión espacial o temporal seleccionada, nivel departamental y frecuencia anual para el período 2015-2019. Las variables basadas en datos censales presentan esta característica, ya que sólo se encuentran disponibles para el año del censo respectivo y por lo tanto sus valores se mantienen constantes a lo largo del período de estimación. En este trabajo los datos censales provienen del Censo Nacional Agropecuario de 2018 y del Censo Nacional de Población de 2010³.

Una vez confeccionada la base de datos se realizó un análisis exploratorio de multicolinealidad imperfecta elevada entre las variables explicativas. El objetivo de este paso fue definir aquellas variables que debían ser incluidas en el modelo y aquellas que no, dado que ante la existencia de multicolinealidad elevada los coeficientes estimados pierden precisión. Con un punto de corte considerado del 70% en la matriz de correlaciones las variables con una multicolinealidad elevada fueron las siguientes:

Tabla II: Análisis de multicolinealidad imperfecta elevada

VARIABLE	SUP_IMP_SUP	MAIP	FFMC
CORRELACION > 0.7	OLEAG_SUP_EAPS	WHEAP	FWI
	CER_SUP_EAPS		
	COC_SUP_EAPS		
	ETRAC_EAPS		

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, se decidió considerar sólo las variables expresadas en negrita. En el caso de superficie implantada debido a que la misma podríamos considerar que incluye a las demás o en su defecto se deducen de esta. En el caso del precio del maíz se consideró éste y no el del trigo por su mayor territorialidad. En el caso del Índice de Peligro de Incendios FWI, el mismo no fue considerado debido a que el FFMC tiene mayores fundamentos teóricos en lo relativo al inicio de ignición mientras que el FWI también está más asociado a la propagación.

I.III Metodología

Una vez obtenida la base de datos final se procedió a su análisis para determinar el tipo de modelo posible a estimar. En este sentido cabe destacar que, si bien en un principio se intentó realizar estimaciones con datos de panel, dada la falta de información completa en términos geográficos y de los diversos períodos en la cantidad de incendios declarados, se decidió trabajar con una base de datos desestructurada para el período completo 2015-2019.

³ Cabe aclarar en este sentido que son diversos los trabajos académicos previos que presentan datos censales en bases de datos de panel, como ser el de López et al de 2008, Mancini et al. de 2018, Morello et a. de 2020 y Rodrigues, Rivas y Fotheringham de 2014. Por su parte, en el caso de precios agropecuarios no se cuenta con información departamental y se utiliza la información de precios a nivel global del Banco Mundial. Estos datos pueden ser considerados debido a la existencia de la Paridad del Poder de Compra (PPP, por sus siglas en inglés) para los bienes transables, demostrándose la cointegración de los precios locales con los internacionales.

Se decidió comenzar en este artículo con un Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinario (MCO) a fin de empezar a analizar la información existente con un modelo de sencilla interpretación. El mismo podrá complejizarse a posteriori a partir de la selección de un modelo espacial a partir de las metodologías denominada “de lo particular a lo general” (Véase Herrera 2016, pp. 47). Las especificaciones del modelo fueron las siguientes:

(I) Modelo Lin-Lin

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + e_i$$

Este modelo es el más sencillo de todos y parte de las variables en relación lineal.

(II) Modelo Log-Lin

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + e_i$$

En este modelo semilogarítmico o semilog los coeficientes β son semielasticidades, es decir que expresan el cambio relativo en Y ante un cambio absoluto en el regresor X.

(III) Modelo Log-Log

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{1i} + \beta_2 \ln X_{2i} + \dots + \beta_n \ln X_{ni} + e_i$$

En este modelo los coeficientes β miden la elasticidad de Y con respecto a X, es decir que representan el cambio porcentual en Y ante un cambio de un 1% en X. Esta simplicidad en la lectura de los coeficientes ha hecho muy popular a este tipo de modelos.

Con la especificación definida se procederá a realizar las estimaciones en base a las variables presentadas en la Tabla I. Se irán eliminando aquellas variables cuyo Test t de Student arroje resultados no significativos ($p < 0,05$) o su sentido explicativo no sea consistentes con los fundamentos teóricos y la bibliografía especializada. Las estimaciones serán corregidas por heteroscedasticidad a través del procedimiento de White. De este modo se garantizará la consistencia en las covarianzas de los coeficientes y así poder establecer intervalos de confianza y probar las hipótesis con las pruebas t y F.

Con los resultados finales de las estimaciones de los modelos, se procederá a seleccionar aquel que presente una mejor bondad de ajuste. En primer lugar, se analizará el valor del R^2 y el R^2 Ajustado. Sin embargo, como bien señala Gujarati y Porter 2010, este indicador tiene varios problemas⁴. Por lo tanto, se consideraron adicionalmente dos criterios de información para la selección de modelos, los criterios de Akaike y Schwarz. Una ventaja de estos criterios es que resulta útil no sólo para el desempeño de la predicción dentro de la muestra, sino también para el de la predicción fuera de la muestra de un modelo de regresión, y que imponen un castigo por incluir un número creciente de regresores. Sin embargo, cabe destacar que todos los indicadores antes mencionados sólo pueden ser aplicados para la selección de modelos alternativos en los cuales la variable dependiente es la misma. Por lo tanto, en el caso de que la variable dependiente no sea la misma (el caso del Modelo Lin-Lin) se deberán utilizar diversos criterios analíticos.

⁴ En primer lugar, al comparar dos modelos con base en el coeficiente de determinación, ajustado o no, el tamaño de la muestra n y la variable dependiente deben ser los mismos; las variables explicativas pueden adoptar cualquier forma. Por otra parte, el R^2 mide la bondad de ajuste dentro de la muestra, en el sentido de conocer la cercanía entre un valor Y estimado y su valor real en la muestra dada. No hay garantía de que pronosticará bien las observaciones fuera de la muestra. Por otra parte, el R^2 se incrementa a mayor cantidad de regresores, sin incorporar una penalidad, y por lo tanto no tiene en cuenta el dilema existente entre la bondad del ajuste del modelo y su complejidad.

SECCIÓN II: RESULTADOS

Se comenzó estimando las tres especificaciones mencionadas en el apartado anterior, Lin-Lin, Log-Lin, Log-Log incorporando primeramente todas las variables. A partir de analizar la probabilidad de los Tests t de Student⁵ para cada variable, se eliminaron aquellas que no resultaron significativas, lográndose así las especificaciones reducidas presentadas en la Tabla III del Anexo II. En los resultados preliminares se observa que el Modelo Log-Lin presenta un peor ajuste que el Modelo Log-Log a partir del análisis de los indicadores R², Akaike y Schwarz. A su vez, si bien un gran número de variables resultan significativas, las mismas van en sentido contrario a lo que indica la literatura. Por lo tanto, se decidió considerar los Modelos Lin-Lin y Log-Log y avanzar hacia la especificación final de estos dos modelos. En la Tabla IV del Anexo II se presentan las especificaciones finales. Dado que los criterios de selección de modelos no pueden ser utilizados para elegir entre estos dos modelos, pues la variable dependiente difiere, se analizarán las características de cada uno para tomar la decisión del modelo final a considerar. El Modelo Log-Log posee un mayor número de variables explicativas significativas del signo esperado (1 variable más que en el caso Lin-Lin, el inventario vial por Km²). Asimismo, el coeficiente del stock ganadero en el caso del modelo Lin-Lin es muy próximo a cero, pese a ser significativo, y por lo tanto los resultados de los coeficientes β en este modelo resultan menos confiables que aquellos del modelo Log-Log. Dado que el Modelo Log-Log resulta superior al Log-Lin y al Modelo Lin-Lin por lo antedicho, este fue el modelo final seleccionado.

En base a los resultados del modelo final seleccionado, las principales conclusiones a las que arribamos a partir del análisis econométrico realizado son las siguientes:

- Las variables vinculadas a una mejor calidad de vida reducen la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por lo tanto, una estrategia fundamental a la hora de conservar los recursos ambientales debe ser asegurar mejores condiciones de vida de las poblaciones rurales.
- La actividad ganadera incrementa la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por consiguiente, deben realizarse actividades de concientización y capacitación a los productores ganaderos para poder lograr un manejo sustentable del fuego, aprovechando los beneficios que el mismo ofrece, pero conservando a la vez los recursos naturales, materiales y las vidas humanas.
- El acceso de la población a los sectores rurales a partir de las rutas, caminos y senderos incrementan la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por lo tanto, un monitoreo en los sectores linderos a los caminos resulta fundamental para la prevención de incendios forestales y rurales.
- La presión poblacional incrementa la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por consiguiente, los esfuerzos de concientización, al público en general, debe estar orientados hacia aquellas áreas urbanas lindantes con zonas rurales y de bosques.

Los resultados aquí arribados se condicen con los de Rodríguez, Riva y Fotheringham (2014) para España en términos de variables de acceso humano como aquellas de densidad poblacional. Los autores destacan que ambas son buenos predictores para el riesgo de incendios. En el caso del sector agropecuario, si bien las variables consideradas por los autores también resultan significativas y con el signo esperados, los resultados difieren. En el país ibérico sería la agricultura y no la ganadería la principal causa de incendios. Según los autores, la negligencia y los accidentes en el uso de la maquinaria agrícola y el uso del fuego para limpiar los restos de la cosecha serían factores de gran relevancia. Las diferencias observadas resultan interesantes a la luz de las distintas prácticas agrícolas y tecnológicas implementadas entre Argentina vs aquellas del país del viejo continente. En primer lugar en Argentina, como en otros países de la región, la

⁵ En donde la H⁰: $\beta=0$, en donde se consideró un nivel de confianza del 10% y por lo tanto con una Prob < 0.10 se rechazaría la Hipótesis Nula.

ganadería extensiva y la siembra directa son las principales formas de producción. Estos modelos productivos contrastan con la ganadería intensiva y la agricultura de siembra convencional de España y la mayor parte del continente europeo. Por lo tanto, mientras que el uso del fuego como estrategia de mejora de cultivos se realiza principalmente para la agricultura en España, en Argentina se utiliza para el mejoramiento de pasturas en la ganadería. Los resultados observados por lo tanto resultan coherentes, a priori, con las estructuras productivas de ambos países.

Otro trabajo académico realizado para España, pero sólo para la región de Madrid, enfatiza en la importancia de la densidad poblacional como principal factor determinante para el riesgo de incendios. Estos resultados se explican por las condiciones específicas de esta región, en donde reside la capital del país y por lo tanto resulta ser la más densamente poblada de las regiones españolas en el Continente Europeo. Con 841 habitantes por km², la Comunidad de Madrid se destaca respecto de las otras regiones de manera muy significativa, siendo el promedio del país de 93 habitantes por km². Este resultado, si bien no es comparable con el realizado en este trabajo pues no es de carácter nacional, nos puede dar indicios de la importancia de contemplar las diferencias en términos territoriales de las variables consideradas.

Si bien los resultados presentados en este trabajo confirman que la metodología aplicada y las estimaciones obtenidas son consistentes y lo suficientemente robustas, existen algunos análisis pendientes para futuros trabajos de gran relevancia. En primer lugar, cabe destacar la importancia de explorar la estructura espacial de los datos y se analizará la importancia de incorporar, o no, metodologías de econometría espacial para estimar los modelos aquí planteados. Por otra parte, si bien en las estimaciones realizadas considerando a los hotspots como variable dependiente no arrojaron resultados significativos, la estructura espacial de esta variable podría estar afectando los resultados. Por lo tanto, el primer paso en futuros trabajos se focalizará en lo espacial. Paralelamente se podrá continuar con la búsqueda de variables nivel departamental que puedan estar siendo omitidas en el modelo y sumen poder explicativo. En este sentido se destacan las siguientes: i) Las líneas de media tensión, las cuales se sumarán a las de alta tensión ya consideradas, ii) Otras variables referidas a la actividad turística, y no sólo turismo rural, iii) La incorporación de variables referidas a la ecología como ser la deforestación y degradación forestal, la superficie de áreas protegidas, etc. iv) Incrementar la frecuencia de las variables referidas a las actividades agropecuarias, etc.

Por último, cabe destacar la importancia de explorar la existencia de clusters en el espacio y la realización de estimaciones por regiones. En este sentido, como se puede apreciar en el Mapa II del Anexo I, es notable la concentración de incendios forestales por hotspots en el noreste argentino. Por lo tanto, se podrían realizar análisis exploratorios referidos a las técnicas de clusters como así también estimaciones regionales que permitan obtener un mejor ajuste. La utilización de la variable hotspots, en lugar de la cantidad de incendios declarados, como variable dependiente implicará poder contar con una base de datos completa en términos de panel, lo cual habilitará la realización de un número mayor de metodologías posibles a ser implementadas.

CONCLUSIONES

Existe cada vez mayor preocupación respecto a los incendios forestales y globales debido a que los mismos se han incrementado e intensificado como consecuencia del cambio climático. Esto se vio evidenciado en el caso de Argentina durante el año 2022, en donde ardieron más de 1.3 millones de hectáreas.

Este escenario pone en evidencia la necesidad de avanzar hacia un sistema de manejo del fuego más eficiente en términos de prevención y alerta temprana. Si bien la Argentina posee un sistema de evaluación de peligro y alerta temprana de incendios forestales y rurales basado en el sistema canadiense, sólo estima 1 de sus 3 componentes, el Índice climático del fuego o FWI por sus siglas en inglés (Fire Weather Index). Por lo tanto, omite el componente de predicción de ocurrencia, más conocido como FOP por sus siglas en inglés (Fire Occurrence Prediction), basado en variables antrópicas. Según la FAO, el 90% de los

incendios son explicados por causas humanas y por lo tanto resulta fundamental generar la información necesaria para poder sentar las bases de un FOP para Argentina. Este ha sido el objetivo de este trabajo, el cual, basándose en la literatura existente, ha presentado los resultados de las estimaciones econométricas para el caso de Argentina.

Los resultados alcanzados nos indican que los principales factores antrópicos que inciden en la ocurrencia de incendios son: i) la actividad ganadera, ii) las variables vinculadas a una mejor calidad de vida, iii) el acceso de la población a los sectores rurales a partir de las rutas, caminos y senderos y iv) La presión demográfica. Todos estos factores inciden positivamente, incrementando la probabilidad de ocurrencia de los incendios, excepto las variables vinculadas a la mejor calidad de vida. En base a estos resultados, las recomendaciones que se derivan de este trabajo a fin de lograr un sistema de manejo del fuego más eficiente y sostenible son las siguientes: i) Una estrategia fundamental a la hora de conservar los recursos ambientales debe ser asegurar mejores condiciones de vida de las poblaciones rurales, ii) Deben realizarse actividades de concientización y capacitación a productores ganaderos para poder lograr un manejo sustentable del fuego, aprovechando los beneficios que el mismo ofrece, pero conservando a la vez los recursos naturales, materiales y las vidas humanas, iii) Un monitoreo en los sectores linderos a los caminos resulta fundamental para la prevención de incendios forestales y rurales y iv) Los esfuerzos de concientización al público en general debe estar orientados hacia aquellas áreas urbanas lindantes a zonas rurales y de bosques.

Por último, cabe destacar que si bien este trabajo se constituye en un aporte fundamental para el Sistemas de evaluación de peligro y alerta temprana de incendios forestales y rurales de Argentina, aún existen amplias oportunidades de mejora. Se destaca la oportunidad de mejorar el modelo planteado tanto en términos metodológicos como de información, así como el largo camino que aún queda por recorrer para la formulación de un Subsistema de Predicción de Ocurrencia de Incendios (FOP) para Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anselin L. (Ed.) (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Departments of Geography and Economics, University of California, Santa Barbara
- Arndt N. et al. (2013). Modeling human-caused forest fire ignition for assessing forest fire danger in Austria. *Forest – Biogeosciences and Forestry*, 6, 315-325.
- Chuvieco E et al. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221, 46–58.
doi:10.1016/J.ECOLMODEL.2008.11.017
- Costafreda-Aumedes S., Comas C. y Vega-García C. (2017). Human-caused fire occurrence modelling in perspective: a review. *International Journal of Wildland Fire*, 26, 983-998.
- Egolf P. (2017). Estudio econométrico sobre incendios forestales e incentivos económicos a partir de la ley de bosques en Argentina, *Tesis de Maestría Universidad del CEMA*. Doi:
<http://hdl.handle.net/20.500.12123/1789>
- Elhost P. J. (Ed.) (2014). *Spatial Econometrics From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. Springer
- Gujarati D. N. y Porter D.C. (Ed.) (2010). *Econometría, Quinta Edición*. Mc Graw Hill, México.
- Herrera M. (2016). *Econometría espacial usando STATA. Teoría y aplicaciones*. CONICET-IELDE, Universidad Nacional de Salta.

- Jennings Ch. (1999). Socioeconomic Characteristics and their Relationship to Fire Incidence: A Review of Literature. *Fire Technology*, 35, (1).
- Li Jin, Heap Andrew D. (2011). A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors. *Ecological Informatics*, 6, 228-241
- Li W. et al. (2021). Prediction And Evaluation of Forest Fire In Yunnan of China Based On Geographically Weighted Logistic Regression Model. *Research Square*
- Liu Y, Stanturf J, Goodrick S (2010) Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management* 259, 685–697.
- López A.S. et al. (2008). Integration of socio-economic and environmental variables for modelling long-term fire danger in Sothern Europe. *European Journal of Forest Research*, 127, 149–163.
- Lovelace R., Nowosad J. y Muenchow J. (2019). *Geocomputation with R*. Chapman & Hall, CRC Press.
- Mancini L. D., Corona P. y Salvati L. (2018). Ranking the importance of Wildfires´ human drivers through a multi-model regression approach. *Environmental Impact Assessment Review*, 72, 177-186.
- Martínez J., Chuvieco E. y Koutsias N. (2013). Modelling long-term fire occurrence factors in Spain by accounting for local variations with geographically weighted regression. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 311–327.
- Martínez J., Chuvieco E. y Martín P. (2004). Estuation of Risk Factors of Human Ignition of Fires in Spain by Means of Logistic Regression. *Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View*.
- Morello T.F. et al. (2020). Predicting fires for policy making: Improving accuracy of fire brigade allocation in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, 169, 1-14.
- Moritz MA, Parisien M-A, Batllori E, Krawchuck MA, van Dorn J, Ganz DJ, Hayhoe K (2012). Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere* 3, 1–22.
- Plucinski M. P. (2012). A Review of Wildfire Occurrence Research. *CSIRO Ecosystem Science and CSIRO Climate Adaptation Flagship*.
- Rodrigues M., de la Riva J. y Fotheringham S. (2014). Modeling the spatial variation of the explanatory factors of human-caused wildfires in Spain using geographically weighted logistic regression. *Applied Geography*, 48, 52-63.
- Sánchez S. et al. (2022). Determinación de regímenes de incendios y sequías usando información satelital y meteorológica para Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 39, (1): 1-13.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, Programa Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios y Alerta Temprana. (2012). *Sistema de Evaluación de Peligro de Incendios, Informe Técnicos N° 1 del, Plan Nacional de Manejo del Fuego*. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ambiente-itn1_pnmf.pdf
- Taylor S., Woolford D. y Martell D. (2013). Wildfire Prediction to Inform Management: Statistical Science Challenges. *Statistical Science*, 28 (4), 586-615.
- Vilar del Hoyo L., Martín Isabel M. P. y Martínez Vega F. J. (2011). Logistic regression models for human-caused wildfire risk estimation: analyzing the effect of the spatial accuracy in the fire occurrence data. *European Journal of Forest Research*, 130, 983-996.

Woolford D.G. et al. (2020). The development and implementation of a human-caused wildland fire occurrence prediction system for the province of Ontario, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 51, 303–325.

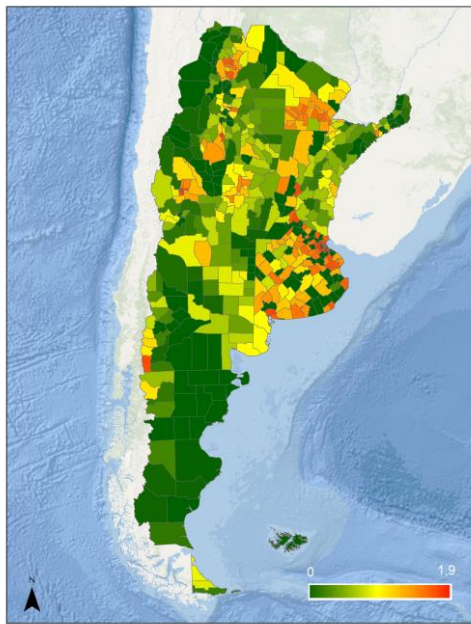
Wotton BM, Nock CA, Flannigan MD (2010) Forest fire occurrence and climate change in Canada. *International Journal of Wildland Fire*, 19, 253–271. doi:10.1071/WF09002

Xi D., Taylor S., Woolford D. y Dean C. (2019). Statistical Modelos of Key Components of Wildfire Risk. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 6:197-222.

ANEXOS

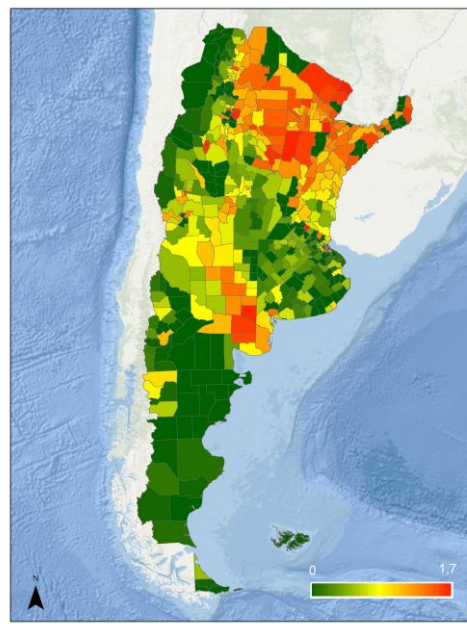
Anexo I: Cantidad de Incendios promedio anuales por departamento para Argentina según fuente – período 2015-2019

Mapa I: Incendios Declarados



Fuente: Elaboración propia en base a: MAyDS

Mapa II: Incendios por Teledetección



Fuente: Elaboración propia en base a: SUOMI VIIRS C2, NASA

Anexo II: Resultados

Tabla III: Resultados Económicos Preliminares de los Modelos Lin-Lin, Log-Lin y Log-Log

BASE:			TOTAL		TOTAL		TOTAL	
MODELO:			LIN-LIN		LOG-LIN		LOG-LOG	
R2:			0.37		0.33		0.50	
R2: AJUSTADO			0.37		0.32		0.50	
Akaike			-1.89		3.73		3.53	
Schwarz			-1.85		3.78		3.56	
VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	SIGNO ESPERADO	COEF	PROB	COEF	PROB	COEF	PROB
C		+			-9.14	0.00		
STOCK_SUP_EAPS	ACTIVIDAD AGROP	+	0.00000000	0.039	0.81	0.00	0.228821	0.000
FORR_A_SUP_EAPS	ACTIVIDAD AGROP	+			-2.64	0.01		
EMPA_POBL	CALIDAD DE VIDA	-	-0.73791800	0.000	0.29	0.00	0.052536	0.000
OCP_P_POBL	CALIDAD DE VIDA	-	-0.30542200	0.000	-8.73	0.00		
ICV	CALIDAD DE VIDA	-	-0.00926600	0.000	6.49	0.00		
TOTV_SUP	INFRAESTRUCTURA	+			2.24	0.00	0.213145	0.096
VIVR_SUP_EAPS	INFRAESTRUCTURA	+	0.09738700	0.027	-5.30	0.01	0.275371	0.000
POBL_SUP	PRESIÓN POBLACIONAL	+	0.00008330	0.000	0.00	0.00	0.653071	0.000
FFMC	METEOROLOGICAS	+	0.15894500	0.033	6.31	0.06	3.952102	0.000
TEM	METEOROLOGICAS	+	-0.00224900	0.001	2.76	0.00	1.812548	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV: Resultados Económicos Finales de los Modelos Lin-Lin y Log-Log

BASE:			TOTAL		TOTAL	
MODELO:			LIN-LIN		LOG-LOG	
R2:			0.37		0.43	
R2: AJUSTADO			0.36		0.42	
Akaike			-1.88		3.68	
Schwarz			-1.85		3.71	
VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	SIGNO ESPERADO	COEF	PROB	COEF	PROB
C		+				
STOCK_SUP_EAPS	ACTIVIDAD AGROP	+	0.00000000	0.053	0.151051	0.000
EMPA_POBL	CALIDAD DE VIDA	-	-0.73120400	0.000	-0.026503	0.065
OCP_P_POBL	CALIDAD DE VIDA	-	-0.27927800	0.000	-0.209863	0.052
ICV	CALIDAD DE VIDA	-	-0.00803600	0.001	-3.108304	0.000
TOTV_SUP	INFRAESTRUCTURA	+			0.305153	0.027
VIVR_SUP_EAPS	INFRAESTRUCTURA	+	0.09809000	0.000	0.309941	0.005
POBL_SUP	PRESIÓN POBLACIONAL	+	0.00008360	0.014	0.486419	0.000
FFMC	METEOROLOGICAS	+	0.09020100	0.000	3.880086	0.000

Fuente: Elaboración propia.