

Cartografía multitemporal de incendios forestales en el Parque Lihué Calel (La Pampa): integración de datos y técnicas

Daila Pombo¹ - Ma. Celeste Martínez Uncal,² - Facundo Cases³

Resumen

Comprender la interacción entre los factores naturales y socio-económicos que determina el régimen de incendios resulta fundamental para poder realizar proyecciones y evaluaciones de impacto cada vez más acertadas. Para ello, es necesario contar con información histórica precisa, sistemática, homogénea y espacialmente explícita sobre la incidencia de este fenómeno. Las bases de datos presentan serias limitaciones en este sentido, por lo que otras fuentes de información, como las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) se han convertido en alternativas óptimas para generar mapas de incendios a diversas escalas espaciales y temporales. Los incendios forestales son un tema recurrente durante los veranos en la región semiárida pampeana. Fines del año 2017, principio del 2018 se observó en la región que los fuegos intensos afectaron grandes superficies agrícolas ganaderas y áreas naturales. Las altas precipitaciones que se dan en primavera y las temperaturas moderadas son los responsables de grandes acumulaciones de material combustible fino en los pastizales y, sumado a ello, la falta de ganado en la región para consumirlo transforma estas áreas en sistemas con alta probabilidad de incendios. La inexistencia de una cartografía suficientemente detallada y exhaustiva que incluya la delimitación espacial del área quemada, especies afectadas, intensidad del daño, entre otros; impide disponer de una valiosa

1 Prof. en Geografía y Esp. en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio del medio ambiente. Prof. Titular de la Cátedra Técnicas en Geografía, Geografía I, Prof. Adjunta de las materias Técnicas en Geografía II y SIG y Teledetección. Es Investigadora Categoría III del Programa Nacional de Incentivos a Docentes Investigadores. Instituto de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa. dailapombo@gmail.com

2 Ing. en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Esp. en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio del medio ambiente y Magister en Análisis y Procesamiento de Imágenes. JTP de la Cátedra Técnicas en Geografía/Técnicas en Geografía I. Instituto de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa. mcelemu@hotmail.com

3 Alumno de la Licenciatura y Profesorado en Geografía. Este trabajo forma parte de su Beca CIN otorgada en junio de 2019 formando parte del Proyecto de Investigación: Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de la provincia de La Pampa: las geotecnologías aplicadas al análisis de su complejidad territorial. Instituto de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa. facucases7@gmail.com

información sobre el conjunto de factores relacionados con el problema de los incendios. En este trabajo, teniendo en cuenta la importancia del uso de las nuevas tecnologías, se analizarán los cambios en el uso del suelo del Parque Nacional Lihué Calel, provocados por los incendios forestales que se desarrollaron en la provincia de La Pampa en el verano 2017-2018. Para esto, se realizará un análisis digital de imágenes Landsat 8 OLI de la zona de estudio con la aplicación Clasificación Semiautomática Plugin (SCP) del software QGIS.

Palabras Claves: Tecnologías de la Información Geográfica (TIG); análisis espacial; incendios forestales.

Multi-time mapping of forest fire in the Lihué Calel Park (La Pampa): integration of data and techniques

Abstract

Understanding the interaction between natural and socio-economic factors that determines the fire regime is essential to be able to make projections and impact evaluations more and more accurate. For this, it is necessary to have accurate, systematic, homogeneous and spatially explicit historical information on the incidence of this phenomenon. The databases present serious limitations in this sense, so other sources of information, such as Geographic Information Technologies (GIT), have become optimal alternatives to generate fire maps at various spatial and temporal scales. Forest fires are a recurring theme during summers in the semi-arid Pampean region. End of the year 2017, beginning of 2018, it was observed in the region that intense fires affected large areas of agricultural livestock and natural areas, which in recent years seemed to be monitored and controlled. The high rainfall that occurs in spring and moderate temperatures are responsible for large accumulations of fine fuel material in the grasslands and, added to this, the lack of livestock in the region to consume it, transforms these areas into systems with high probability of fires. The lack of a sufficiently detailed and exhaustive cartography that includes the spatial delimitation of the burned area, affected species, intensity of damage, among others; prevents having valuable information on the set of factors related to the problem of fires. In this work, taking into account the importance of the use of new technologies, the changes in the land use of the Lihué Calel National Park, caused by the forest fires that developed in the province of La Pampa in the summer of 2017-2018 will be analyzed. For this, a digital analysis of Landsat 8 OLI images of the study area

will be carried out with the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) application of the QGIS software.

Keywords: Geographic Information Technologies (TIG); spatial analysis; forest fires.

Introducción

Junto al interés ambiental del fenómeno de los incendios forestales, parece lógico que la Geografía se ocupe de su estudio si se considera el marcado carácter geográfico de algunos factores de riesgo y algunas de las consecuencias de los incendios. El tipo y estado de la cubierta vegetal, las condiciones climáticas generales y la topografía del terreno determinan la frecuencia e intensidad de los incendios. La actividad humana constituye, igualmente, un importante factor de riesgo (Vélez, 1991). La sociedad es responsable, directa o indirectamente, del inicio de la mayor parte de los incendios que se producen en el país y en la provincia.

El estudio del riesgo y de las consecuencias de los incendios forestales requiere, en la mayoría de los casos, un análisis integrado del territorio, pues un incendio forestal no se genera por la acción de un factor aislado, sino que se deriva de la acción conjunta de un grupo de factores, entre los cuales, la vegetación, tipos climáticos, topografía y actividad humana resultan especialmente significativos (Chuvieco, Martín, Martínez y Salas, 1998, p. 12).

La acción de la sociedad, en el caso de la provincia de La Pampa, a través del parcelamiento de áreas naturales y de la introducción de ganado doméstico ha tenido un fuerte impacto en la dinámica de las comunidades vegetales influenciando así la frecuencia de fuegos naturales. Trabajos recientes, señalan que la recurrencia de los fuegos en el bosque de caldén pasó de ser de 15 años (1787-1879) a 7 años en promedio (1911-1993), y posiblemente su frecuencia aumentó en las últimas décadas. Por eso es necesario contar con información precisa de cada evento, si bien los organismos públicos llevan estadísticas oficiales, y en muchos casos los incendios no se referencian geográficamente, ignorándose su exacta dimensión.

Hoy en día la teledetección se plantea como una alternativa confiable para cartografiar y evaluar áreas quemadas, ya que permite una observación sistemática de toda la superficie y ofrece información espectral sensible a la discriminación de la señal quemada (Heredia et al., 2003), permitiendo además el análisis multispectral del sector afectado.

En el área de estudio se han realizado pocos trabajos en la materia, los cuales son de gran importancia debido a que en el Parque Nacional Lihué Calel (región centro sur de la provincia de La Pampa), se han registrado incendios de diferente magnitud. En la reserva se desarrolla una actividad turística que se concentra, principalmente en primavera-verano, donde se registran las mayores temperaturas y los vientos son intensos y frecuentes, considerándose, este período del año, la época de mayor ocurrencia de incendios.

Por otro lado, la importancia del área de estudio radica en la gran diversidad vegetal y en la concentración de especies endémicas, por lo que el Parque es de suma importancia. De esta manera, el objetivo del trabajo es analizar los cambios en el uso del suelo del Parque Nacional Lihué Calel, provocados por los incendios forestales que se desarrollaron en la provincia de La Pampa en el verano 2017-2018. Para esto, se realizará un análisis digital de imágenes Landsat 8 OLI de la zona de estudio con la aplicación Clasificación Semiautomática Plugin (SCP) del software QGIS.

Para poder estudiar estos cambios, se llevará a cabo una metodología para la delimitación y cálculo de áreas afectadas por incendios, primero caracterizando el área de estudio, luego definiendo los materiales y la metodología a utilizar basados en el análisis digital y visual de imágenes satelitales. Se utilizará un procesador de imágenes y la elaboración de cartografía temática a través de un Sistema de Información Geográfica para lo cual se propone, la utilización de una imagen posterior al incendio sobre la que se aplicó clasificación supervisada para evaluar la vegetación afectada.

No se debe dejar de lado la evaluación del estado actual de las áreas protegidas considerando la evolución del territorio a través del tiempo. De esta forma, la historia ambiental permite identificar las modificaciones resultantes de la interacción sociedad/naturaleza posibilitando abordar la complejidad de las problemáticas. Por ello, el siguiente trabajo tiene como objetivo analizar temporalmente la actual configuración espacial del área protegida de la provincia de La Pampa.

Materiales y métodos

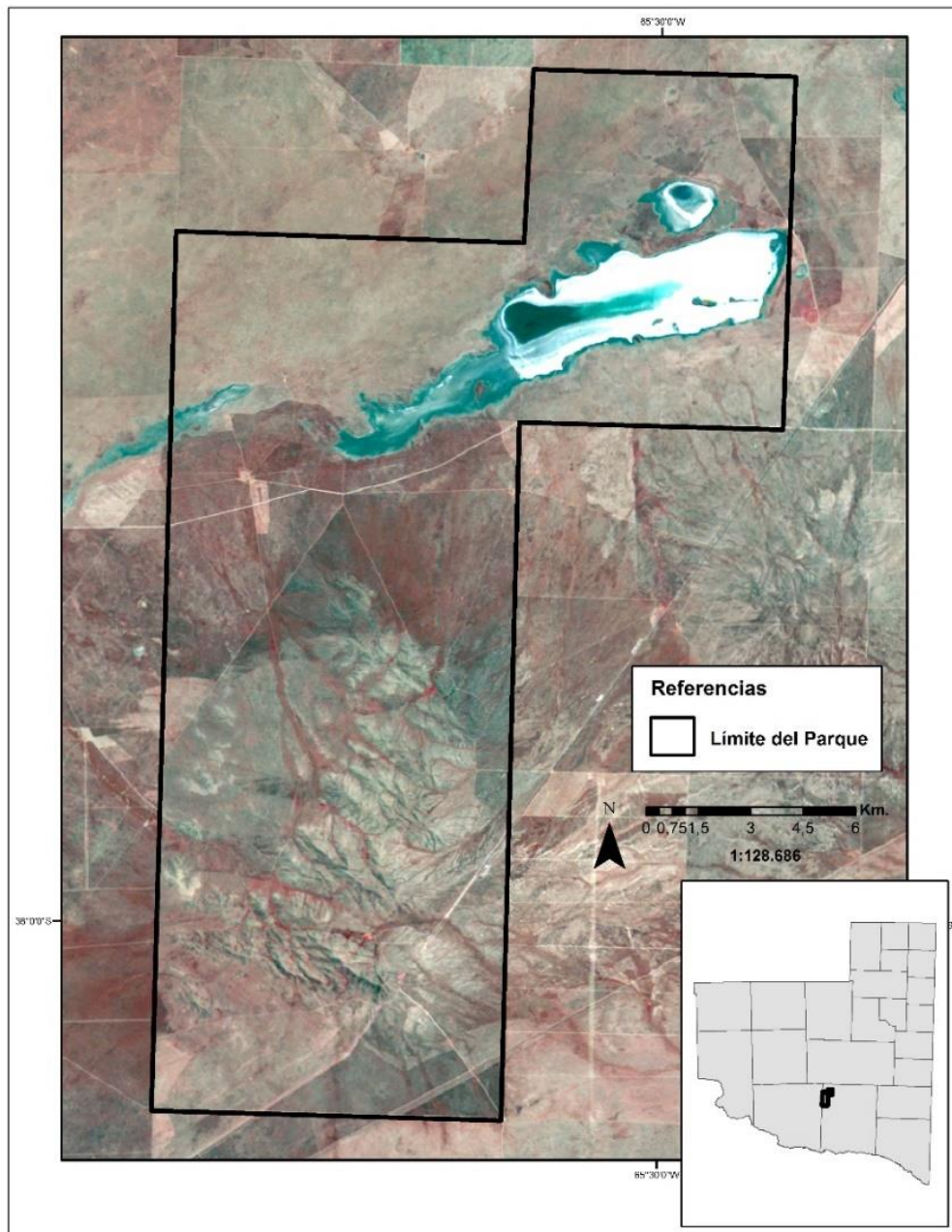
Características generales del área de estudio

La Pampa posee doce áreas protegidas que ocupan una superficie que representan el 0,75% de la provincia. Las mismas se dividen en tres categorías según su manejo, jurisdicción y escala:

parque nacional, reserva provincial y reserva municipal. El único Parque Nacional se ubica en el centro-Sur de la provincia y se denomina Lihué Calel haciendo referencia a las sierras homónimas. Se creó con la finalidad de conservar el paisaje de serranías, así como su vegetación y elementos culturales. Está gestionado por la Administración de Parques Nacionales (APN). Según Cabrera (1976) el área pertenece a la provincia fitogeográfica del Monte. Posee un clima cálido y seco con gran oscilación térmica entre estaciones y las precipitaciones son variables disminuyendo hacia el oeste de 400 a 80mm. El monte se caracteriza por la dominancia de arbustos y presenta un estrato herbáceo conformado por gramíneas perennes (Villagra et al., 2011). El jarillal es la formación clímax de esta zona acompañada por cactáceas y otras especies halófilas propias de los suelos salinos. También existen otros dos paisajes dominantes que son el serrano y el salitral (Subsecretaría de Ecología, Gobierno de La Pampa, 2004).

La superficie inicial del Parque Nacional era de 9.905ha. En el año 1996 se realizaron convenios entre la provincia y nación en la cual la primera le concede a la segunda la jurisdicción del Parque Nacional. Esto tuvo como finalidad ampliar los límites del Parque y de esta forma mejorar el diseño original del área asegurando la preservación de la fauna y la flora autóctona. En el año 2003 se aprobó la Ley 25.755 en la cual se incorporaron 22.395ha sumado un total de 32.300ha. La misma incluyó la ex reserva provincial Salitral Lavalle, lotes bajo dominio de la provincia y bajo dominio privado. La Reserva Provincial Salitral Lavalle abarcaba tres predios con una superficie de 9.400ha. En el interior del Parque Nacional se encuentran otras dos áreas con categorías de manejo diferente como lo son la Reserva Natural Estricta y la Reserva Nacional. La primera se creó en el año 1994 tras el Decreto 453/94 (Decreto 453, 1994) y la segunda se creó en el año 2003 con la ampliación del parque sobre las tierras del Salitral Lavalle. El mismo se localiza en el Noroeste del departamento de Lihué Calel y se caracteriza por presencia de lagunas y salitrales temporarios (Figura N° 1).

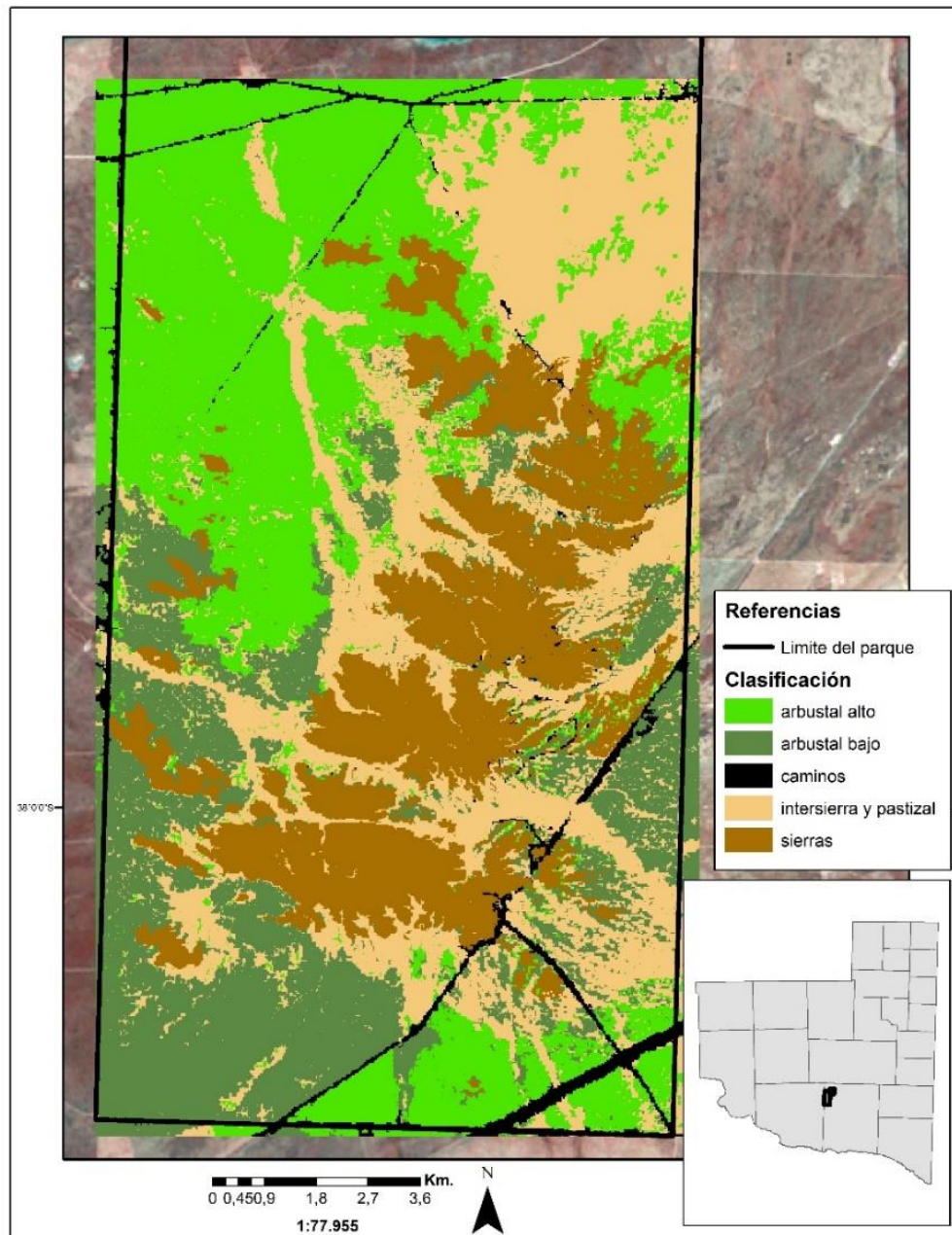
Figura N° 1. Localización del Límite del Parque Nacional Lihue Calel



Fuente: Elaboración María Celeste Martínez Uncal. Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa, 2016. Instituto de Geografía. FCH-UNLPam. En Pombo, D. y Martínez Uncal (2017, p. 189). Elaborado a partir de datos extraídos de la página web del Sistema de Información de Biodiversidad.

Se pueden diferenciar distintos ambientes (Figura N° 2). En el sector de sierras se observan formas cónicas rodeadas de piedemontes planos y escalonados, cuyas pendientes van decreciendo de Sur Sureste. Hacia el Norte se encuentran lomas alargadas intercaladas por depresiones bien marcadas y al Oeste, estas geoformas terminan con la aparición de diferentes salitrales.

Figura N° 2. Diferenciación de los Ambientes del Parque Nacional Lihue Calel



Fuente: Elaboración María Celeste Martínez Uncal. Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa, 2016. Instituto de Geografía. FCH-UNLPam. En Pombo, D. y Martínez Uncal (2017, p. 193).

El microambiente que se forma en las sierras de Lihue Calel, debido a la acumulación del agua, fue aprovechado por el hombre desde épocas prehistóricas y fue muy importante para el desarrollo de la variada flora y fauna. Al pie de las sierras, donde el suelo es más húmedo, crece el bosque de caldén (*Prosopis caldenia*) y la sombra de toro (*Jodina rhombifolia*), mientras que la comunidad vegetal dominante es el jarillal, de jarrilla crespá (*Larrea nítida*), jarrilla hembra (*Larrea divaricata*) y jarrilla macho (*Larrea cuneifolia*). También crecen en el

parque, chañar (*Geoffroea decorticans*), alpataco (*Prosopis alpataco*), molle (*Schinus fasciculatus*) e incienso (*Schinus sp.*). En las sierras existen dos especies endémicas, la margarita amarilla (*Gaillardia cabreræ*), y una pequeña leguminosa (*Adesmia lihuelensis*) que se desarrollan entre los huecos de las rocas. Hay varios helechos, que se encuentran en las fisuras húmedas, claveles del aire, varias cactáceas como el cardón y la puelchana o traicionera (*Cylindropuntia tunicata*), también conocida como opuntia puelchiana, líquenes sobre las paredes rocosas que forman figuras circulares amarillas, anaranjadas y negruzcas (Chebez, 2006).

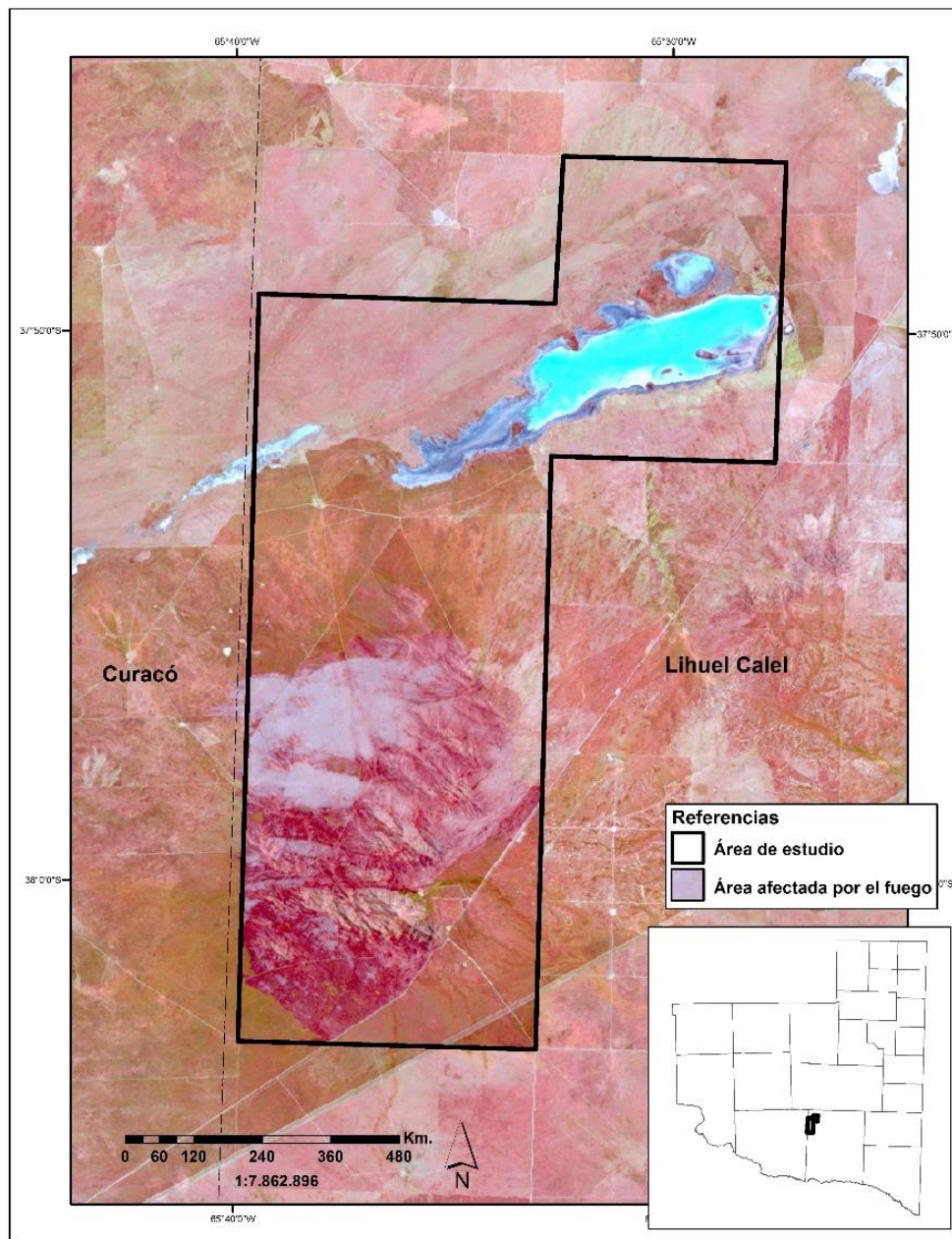
Hasta el último incendio -enero 2018- no se han generado modificaciones importantes en el paisaje del espacio protegido exceptuando los incendios programados para la conservación de la vegetación del monte. Al respecto, en el año 2003 se realizaron quemas prescriptas en la zona y por causas antropogénicas el fuego se expandió afectando el Norte y Sur del área. Dicho evento sucedió dos veces en un lapso de 60 días afectando en primer lugar a poco más de 7.000ha y aproximadamente 600ha en el segundo incendio durante el mes de diciembre (Figura N° 3). La vegetación más afectada fue la del espinal que junto con la flora del monte se encuentran adaptadas al fuego. Se analizaron los efectos de los incendios en el área del parque y como conclusión se estableció que en general “no habrá efectos negativos de magnitud en los sitios con quema leve o media, donde en el corto plazo la vegetación alcanzará una buena cobertura” (Mermoz et al., 2004, p. 16). Los resultados negativos se observan en la mortandad de ejemplares de sombra de toro y caldén que aún hoy no han logrado recuperarse o rebrotar.

Riesgo y peligrosidad de los incendios forestales: Parque Nacional Lihue Calel

Los incendios cobran importancia frente a las consecuencias socioproductivas y económicas que provocan. El fuego ha sido un factor ecológico frecuente en la región del bosque de caldén que ha tenido una influencia muy importante en la evolución de las especies, en la dinámica de la vegetación y en la modelación de los paisajes (Bóo, 1990; Bóo et al., 1997; Martínez Carretero, 1995; Llorens y Frank, 1999).

Originalmente, los fuegos en el caldenal eran provocados, en su mayoría, por descargas eléctricas durante las tormentas estivales cuando disminuía el contenido de humedad de las especies autóctonas y aumentaba la acumulación de material combustible (Medina et al., 2000).

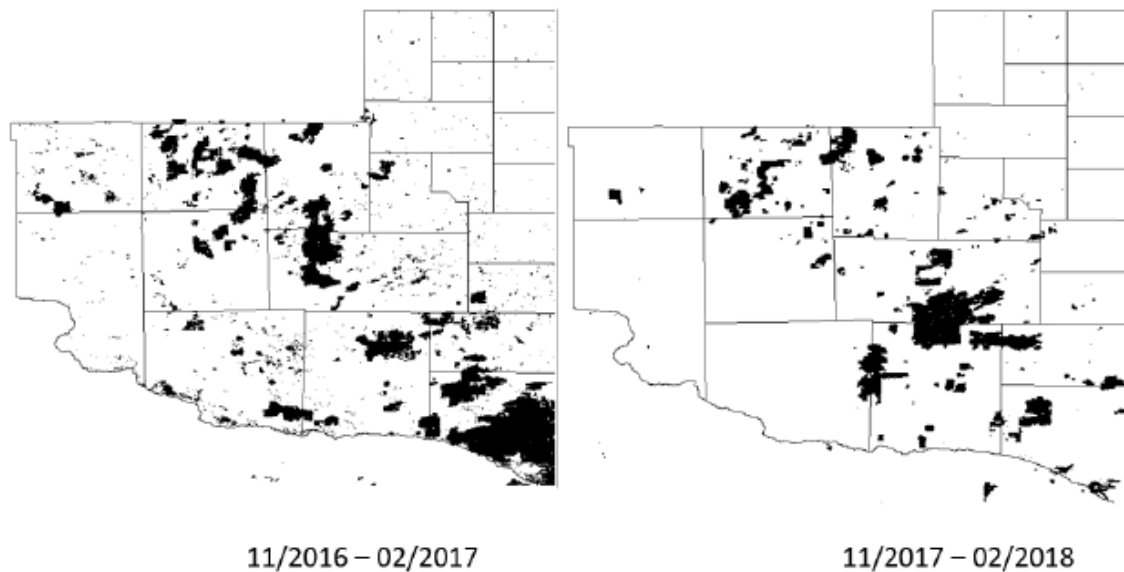
Figura N° 3: Área del Parque Nacional Lihué Calel afectada por los incendios, 2003.



Fuente: Elaboración María Celeste Martínez Uncal. Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa, 2016. Instituto de Geografía. FCH-UNLPam, elaborado a partir de datos suministrados por *U.S. Geological Survey*.

A pesar de los severos incendios ocurridos entre noviembre 2016 y febrero 2018 (Figura N° 4), aún persiste un remanente de 2.4 millones de hectáreas de alto riesgo para la ocurrencia de incendios durante la próxima temporada de fuegos. Esto se debe a la presencia de una importante región no incendiada en más de 10 años, sumado a un proceso de acumulación de forraje durante el último ciclo productivo y a la presencia de áreas arbustizadas de manera generalizada en la región del Espinal (Vázquez, 2018, p. 1).

Figura N° 4: Áreas incendiadas durante las dos últimas temporadas de incendios en la provincia de La Pampa



Fuente: Pablo Vázquez (2018, p. 1).

Sin embargo, este régimen, así como su alcance espacial e intensidad, han sufrido modificaciones a partir de los cambios socioeconómicos que se dieron en la región a fines del siglo XIX (Lerner, 2004). La sustitución de forrajeras bajas por pajas, con el consecuente aumento de combustible fino y senescente, sumado a la arbustización por tala indiscriminada del bosque, ocasionó un aumento en la recurrencia de los fuegos, los que modificaron su estacionalidad y afectaron severamente la vegetación natural y los ejemplares prístinos de caldén (*Prosopis caldenia*).

En general, las superficies afectadas por el fuego en La Pampa son muy importantes, registrándose un promedio de 300.000ha por año en los últimos 5 años⁴. El daño causado por los incendios se refleja en las estadísticas oficiales que indican que entre 1976 y 2001 se quemaron, en La Pampa, 11.289.363ha, 6.476.653m de alambrados y provocaron la muerte de más de 40.000 cabezas de ganado (Lell, 2004). El mencionado autor consigna que, según datos de la Dirección de Bosques de la provincia de La Pampa, que el 40% de los bosques remanentes de caldén están afectados por incendios (Diharce, Herlein y Dillon, 2018, p. 5-6).

⁴ En 1990, se han calculado valores similares (285.000ha/año) con una frecuencia de ocurrencia de 10 años (Lell, 1990). Esta frecuencia pudo haber descendido gracias a la protección dada por la construcción de anchas picadas cortafuegos construidas con el fin de evitar la propagación de incendios y favorecer su control.

Algunas investigaciones (Dillon, 2017) dan cuenta que si bien las causas inmediatas que originan los incendios pueden ser muy variadas en su mayoría -más del 50%- son causados por hechos humanos⁵. Entre las más preocupantes se encuentran las irresponsabilidades privadas y públicas como la falta de mantenimiento y control de las picadas contra incendio⁶ y el mal estado de desmalezamiento de banquetas en rutas y caminos vecinales, la falta de planificación en el control y manejo del fuego, entre otras. Por su parte, las causas naturales provocadas por tormentas eléctricas -caídas de rayos- son proporcionales, como se ha expresado, al grado de combustión que presenta la masa vegetal⁷.

De acuerdo con Beck (1992) y Giddens (1993), entre otros teóricos sociales, la noción de riesgo se relaciona con la probabilidad de resultados imprevistos o de consecuencias perjudiciales no buscadas, que se derivan de decisiones, omisiones o acciones de los actores sociales. Esta idea sustituye a aquellas asociadas con situaciones imprevistas surgidas como resultado de un acto divino, fortuna o fatalidad (Giddens, 1993).

Es importante para poder alcanzar una correcta planificación y ordenamiento del territorio el conocimiento sobre la cobertura vegetal, las temperaturas, precipitaciones, tormentas, la presencia y estado de las picadas en las zonas potencialmente incendiables. El INTA, utiliza imágenes satelitales integradas a Sistemas de Información Geográfica con las cuales se calcula y anticipa las zonas en riesgo de incendio.

Parte de la información se genera con los satélites MODIS AQUA – TERRA (1km2 de resolución). Mediante la combinación de la información de diferentes bandas permiten

5 De ese total, el 60% de los incendios son causados por motivos antrópicos e intencionales (la piromanía, los usos cinegéticos, el vandalismo en general); un 30% ocurre a causa de negligencias o accidentes como pérdidas del control de fuego por quemas agrícolas. Otra de las causas habituales son las colillas encendidas que se arrojan desde una ruta/camino, las hogueras mal apagadas, la quema de basurales, entre otros. Asimismo las chispas mecánicas, que se producen por fricción de materiales ferrosos, pueden transportar suficiente calor para iniciar un incendio. Las latas tiradas en los campos, los vidrios, etc. pueden también provocarlos (Dillon, 2017).

6 Las picadas cortafuego son franjas libres de vegetación que impiden la propagación horizontal del fuego y al mismo tiempo permiten a los brigadistas llegar al lugar del incendio con mayor rapidez y realizar tareas de contrafuego con mayor seguridad. En la provincia de La Pampa la Ley 1354 establece que las picadas deberán ser abiertas y/o conservadas por el propietario, arrendatario, aparcero, usufructuario y/u ocupante y se presume, salvo prueba en contrario la responsabilidad civil de las personas mencionadas que omitan abrir y/o conservar picadas, respecto de las consecuencias dañosas de incendios que afecten sus predios (Ley 1354/1991).

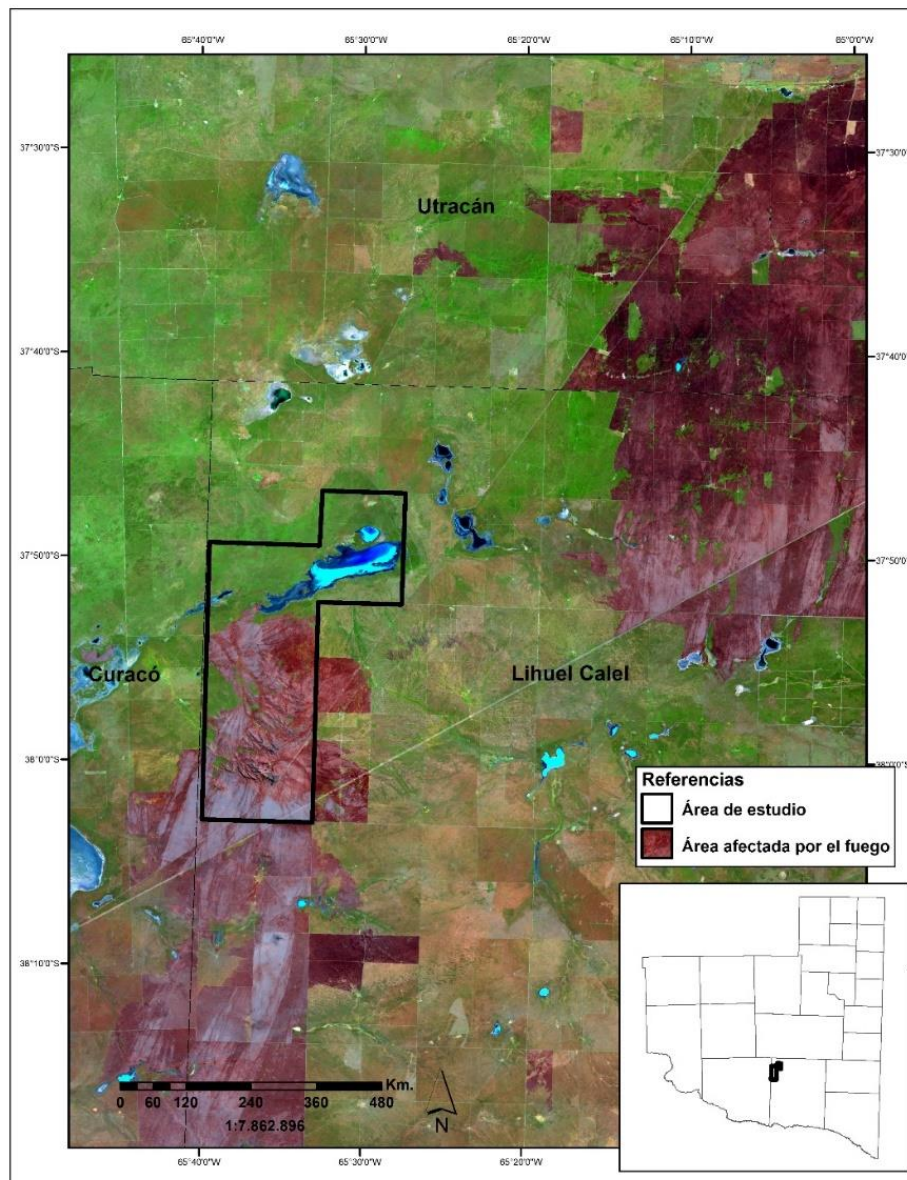
7 En ambientes como los de La Pampa la frecuencia de la intencionalidad de los incendios varía en función de la existencia de importantes masas de vegetación en concurrencia con periodos más o menos prolongados de sequía. En ambientes semiáridos las plantas deshidratadas se van secando y provocan la emisión de etileno, un compuesto químico presente en la vegetación y altamente combustible. De esta manera, tanto las plantas como el aire que las rodea se vuelven fácilmente inflamable y el riesgo de incendio aumenta. Si a estas condiciones se suma la existencia de períodos de altas temperaturas y vientos fuertes o moderados, la posibilidad de que una simple chispa provoque un incendio se vuelven significativa (<https://prevenciondesastres.wordpress.com/causas-fases-y-t.../>).

detectar focos de calor o de altas temperaturas que implican una posibilidad de incendio y obtener la posición geográfica, la intensidad, la hora de detección, el país, la provincia, la división departamental, si pertenece a un área natural protegida y la cobertura vegetal. Esta información se genera de forma automática y es posible enviar un mensaje de texto alertando de estos focos de calor, por ejemplo a Defensa Civil, para que realice su inspección (Fuentes y Bellini Saibene, 2017, pp. 1-2).

En el periodo 2017-2018, los incendios se produjeron en los departamentos Caleu Caleu, Chicalcó, Utracán, Chalileo, Curacó, Guatraché, Hucal, Chalileo y Lihuel Calel cubriendo extensas superficies. Según los informes emitidos por el INTA (Vázquez, 2018), desde el 24/11/2017 hasta el 30/01/2018 se identificaron 7.725 focos de calor mediante sensores, que afectaron un total de 608.263ha afectadas. Uno de los focos afectó 18.000ha aproximadamente, del Parque Nacional Lihué Calel (Figura N° 5), siendo así el incendio más grande ocurrido al NE del departamento Lihuel Calel y el NO de Hucal. Entre el 27 y 28 de diciembre de 2017 arrasó con 98.000ha y cobró dos víctimas fatales en las inmediaciones de la localidad de Bernasconi (Vázquez, 2018).

El clima, pero también la falta de coordinación entre la Nación y La Pampa permitieron que las llamas quemaran gran parte del Parque Nacional Lihué Calel. El incendio destruyó casi 20.000 hectáreas y desde el gobierno pampeano cuestionaron la poca voluntad de cooperación del Ejecutivo nacional, ya que Defensa Civil provincial no pudo entrar al Parque Nacional para ayudar a apagar el fuego, que fue sofocado en las últimas horas. Las llamas que arrasan con el Parque Nacional Lihué Calel intentan ser sofocadas por brigadistas que responden a Parques Nacionales y han sido reclutados de diversos puntos del país, autoridades nacionales impiden el paso de bomberos pampeanos, quienes junto a voluntarios de esta provincia estaban esperando a ser convocados para no permitir lo que hoy es un hecho: la destrucción del Parque. Es clara la falta de coordinación que proviene desde Nación, quien mantiene una disputa política con La Pampa (El Federal, 18 de marzo de 2018).

Figura N° 5: Área del Parque Nacional Lihué Calel y zonas aledañas afectadas por los incendios, 2018.



Fuente: Elaboración Ma. Celeste Martínez Uncal y Daila Pombo. IDE de la provincia de La Pampa, 2018. Instituto de Geografía. FCH-UNLPam, elaborado a partir de datos suministrados por *U.S. Geological Survey*.

El incendio en el Parque Nacional se inició en la mañana del sábado 06 de enero en la zona Oeste afectando unas 18.500ha según los que informó la Administración de Parques Nacionales. “El fuego se habría ocasionado por una chispa que saltó cuando una motoniveladora realizaba picada cortafuego en el Parque” (Figura N° 6) (Plan b, 06 de enero de 2018).

Figura N° 6: Vista aérea del incendio en el Parque Nacional Lihue Calel – 2018.



Fuente: La Arena, 11 de enero de 2018.

Los incendios que siguieron activos varios días debido a que las condiciones meteorológicas eran extremas, con altas temperaturas y viento Norte a 40km/h aproximadamente, fueron combatidos por el personal del área protegida y la Dirección de Lucha Contra Incendios Forestales y Emergencias, así como agentes de los Parques Nacionales Nahuel Huapi, Lanin, Lago Puelo y Laguna Blanca, Defensa Civil local y bomberos voluntarios de General Acha.

Debido al aumento de la superficie del PN y a la rotación del viento durante el primer día del incendio, el extremo norte no fue afectado por las llamas, quedando como un remanente no quemado que actúa como refugio para la fauna y la flora del lugar. Este espacio representa el 33.5% del PN y es un gran parche homogéneo de arbustos inflamables, con potencial para generar otro incendio con gran continuidad, aunque con ciertos límites naturales asociados a los salitrales. Estos antecedentes indican que es preciso avanzar en el manejo del área a nivel de paisaje, promoviendo la heterogeneidad del mismo (Mermoz, Presti y Müller, 2019, p. 14).

Tanto las dimensiones del incendio como la severidad afectarán la recuperación de la vegetación y a su vez la fisonomía que volverá a tomar el ambiente (Kunst *et al.* 2003). Luego del incendio de 2003 se evidencia una recuperación de la vegetación de especies arbustivas por encima de las herbáceas sobreviviendo pocos árboles que no lograron ampliar su

cobertura con nuevos renovales. En el pos-incendio 2018 se muestra una tendencia similar por lo que se espera una arbustización de la superficie afectada (Mermoz, Presti y Müller, 2019).

Metodología

Para el desarrollo de la metodología se analizó el área afectada por el incendio producido en el verano 2017-2018. Por tal motivo, se seleccionó un sector de la imagen Landsat 8 OLI, path-row 229/086 (provista por USGS) del 08 de enero de 2018 (imagen disponible más próxima al día del incendio sin cobertura de nubes) (Figura N° 3).

Antes de comenzar a trabajar en el área quemada, fue necesario eliminar las alteraciones en los niveles digitales (ND) de las imágenes satelitales que no sean debido a cambios reales en la cubierta. Para ello se llevó a cabo la corrección radiométrica, utilizando el procesador de imágenes Envi, donde se transformaron los ND a reflectancia, y de esta manera poder trabajar con variables físicas de significado estándar, comparables en un mismo sensor a lo largo del tiempo o entre lugares. La reflectividad es la relación entre la energía reflejada y la incidente varía entre 0 y 1 y depende de sus características físicas y químicas y de las condiciones de observación (Chuvienco, 2008).

Luego se realizó la corrección geométrica, proceso por el cual se le asignan coordenadas a la imagen, para importar la cartografía a un SIG y calcular el área quemada. La corrección se realizó a través del establecimiento de puntos de control, tomados a través de un GPS en el campo.

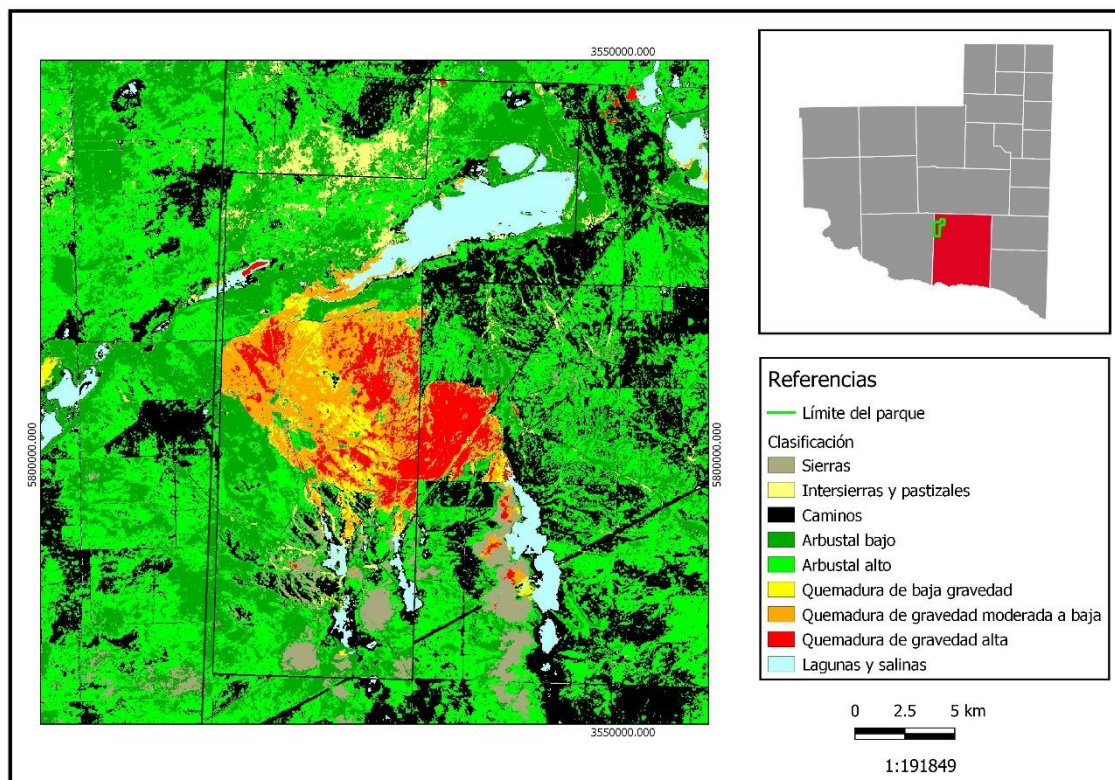
Para la delimitación del área quemada se aplicó una clasificación semi-automática denominada Clasificación Semiautomática Plugin (SCP) del software QGIS. La clasificación digital implica convertir la imagen multibanda en otra imagen donde los ND de cada píxel no se definen por la radiancia sino por la categoría asignada a ese píxel. La clasificación supervisada se basa en el conocimiento de la zona de estudio, producto de los trabajos de campo realizados, este nivel de referencia permite delimitar sobre la imagen áreas representativas de cada una de las coberturas existentes (definición digital de categorías o fase de entrenamiento), las que se convertirán en las categorías que componen la leyenda a través del agrupamiento de los píxeles de la imagen en cada una de las categorías (fase de asignación) (Chuvienco, 2008).

En este caso, las categorías fueron: área quemada (gravedad baja, moderada a baja y gravedad alta), sierra, intersierra y pastizal, caminos, arbustal bajo y arbustal alto y el método utilizado fue el de paralelepípedo. A partir de la clasificación y de la imagen satelital, se analizó el comportamiento espectral de la categoría correspondiente al área quemada, a fin de comprobar que los sectores delimitados pertenezcan a áreas afectadas por el fuego. Las clases correspondientes al área quemada fueron vectorizadas para la extracción de los polígonos, los que fueron importados en el SIG ArcGis 10.3 para el cálculo de su superficie (has), y la elaboración de cartografía temática que incluye la delimitación de las áreas.

Resultados

En el área delimitada por la clasificación (Figura N° 7) de la imagen satelital Landsat 8 OLI se reconocen zonas de vegetación no afectadas por el fuego. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, los sectores serranos de escasa vegetación fueron clasificados como áreas quemadas, lo que dificulta la demarcación del área total, sobreestimando la superficie afectada por el fuego.

Figura N° 7. Clasificación semi-automática de los Ambientes del Parque Nacional Lihué Calel



Fuente: Elaboración Daila Pombo. IDE de la provincia de La Pampa, 2019. Instituto de Geografía. FCH-

UNLPam.

Por otro lado, los sectores correspondientes a arbustal se clasificaron como arbustal bajo y arbustal alto, siendo los que presentaron mejores resultados. Al observarse los valores medios de reflectancia del área quemada para cada banda, se destaca (en la vegetación) en las bandas correspondientes al sector visible del espectro electromagnético (bandas 2, 3, y 4), una pendiente descendente.

En el infrarrojo cercano (banda 5) la reflectividad es baja debido principalmente a la destrucción de la estructura interna de la hoja y a la disminución de la actividad clorofílica. En el infrarrojo medio (banda 6 y 7) los valores fueron elevados por la escasez de agua en la estructura de la planta, producto de la relación negativa entre el contenido de humedad y reflectividad en este sector del espectro electromagnético (Chuvienco, 2008).

Con respecto a la clasificación, se observaron errores de comisión, es decir, que se reconocieron píxeles quemados cuando no fueron afectados por el fuego, situación que se dio no solo dentro del área de interés sino en toda la imagen. Como se mencionó anteriormente, los sectores de escasa vegetación fueron clasificados como áreas quemadas. La clasificación delimitó y calculó el área quemada en 7734,51ha., afectando un 24.7% del área total del Parque Nacional Lihué Calel.

Conclusiones

Para el manejo integral de los Parques hay que generar conocimiento sobre las condiciones del ambiente en diferentes periodos y sobre el régimen de disturbios que lo afectan, resultando así de gran utilidad para obtener patrones de referencia que puedan aportar información para el desarrollo y el planeamiento de usos sustentables de los ecosistemas.

Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se puede concluir que, para analizar áreas quemadas, en un sector serrano de clima templado con vegetación de pastizal, a escala media, es apropiada la utilización de imágenes satelitales Landsat 8 OLI, debido a su resolución temporal (16 días), espacial (30 metros) y radiométrica (bandas en el visible, infrarrojo cercano y medio).

El procesamiento digital de imágenes satelitales permite elaborar información derivada de las bandas originales, resaltando determinados tipos de cobertura, en este caso particular las áreas

afectadas por incendios, las que son posibles discriminar con precisión en función de la respuesta espectral de la vegetación quemada.

Bibliografía

- BECK, Ulrich (1992) *Risk Society. Towards a New Modernity*. Sage, London.
- BOÓ, Roberto (1990) Algunos aspectos a considerar en el empleo del fuego. En, *Revista de la Facultad de Agronomía*, Santa Rosa: UNLPam, N° 5, pp. 63-80.
- BOÓ, Roberto; PELÁEZ, Daniel; BUNTING, Steve; MAYOR, Mirta y ELÍA, Omar (1997) Effect of fire on woody species in central semi-arid Argentina. En. *Journal of Arid Environments* N°35, pp. 87-94. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196385701358> FECHA DE CONSULTA 07-08-2018.
- CABRERA, Ángel Lulio (1976) Regiones fitogeográficas argentinas. En Bellón, C. A. (1976). *Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería*. Tomo 2, fascículo 1. Ed. Acme, Buenos Aires.
- CHEBEZ, Juan Carlos (2006) *Guías de las Reservas Naturales de la Argentina. Zona Centro*. Albatros, Buenos Aires.
- CHUVIECO SALINERO, Emilio; MARTÍN, María Pilar; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Jesús y SALAS, Javier (1998) Geografía e incendios forestales. En *Serie Geográfica*, vol.7, pp. 11-17. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/268441284_Geografia_e_incendios_forestales. FECHA DE CONSULTA 21/02/2020.
- CHUVIECO SALINERO, Emilio (2008) *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Ariel Ciencia, Barcelona.
- DIHARCE, María Carolina; HERLEIN, Micaela y DILLON, Beatriz (2018) Incendios en La Pampa: un análisis en el impacto territorial (2016-2018). Como enseñar estos contenidos en la escuela secundaria. En *V Jornadas Nacionales de Investigación en Geografía Argentina*. Tandil, Buenos Aires.
- DILLON, Beatriz (2017) *El porqué de los incendios en La Pampa. Ocurrencia y consecuencias geográficas*. Apuntes de cátedra: inédito.
- EL FEDERAL (2018) *Las llamas arrasaron el Parque Nacional Lihué Calel*. Disponible en <http://www.elfederal.com.ar/la-pampa-las-llamas-arrasaron-el-parque-nacional-lihue-calel/> FECHA DE CONSULTA 07/08/2018.
- FUENTES, María Elena y BELLINI SAIBENE, Yanina (2017) *Una visión de los incendios en La Pampa con herramientas satelitales*. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_una_vision_de_los_incendios_en_la_pampa.pdf FECHA DE CONSULTA: 07-08-2018.
- IDE *Infraestructura de Datos Espaciales de la provincia de La Pampa*. Instituto de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, UNLPam. Disponible en <https://qgiscloud.com/IDEIGUNLPam/IDEIGUNLPAM/?e=0%2C0%2C0%2C0&crs=EPSG%3A3857>. FECHA DE CONSULTA 25/07/2018.
- GIDDENS, Anthony (1993) *Consecuencias de la modernidad*. Alianza Universidad, Madrid.
- HEREDIA LACLAUSTRA, África; MARTÍNEZ SÁNCHEZ, Susana; QUINTERO, Emily; PIÑEROS, William y CHUVIECO Emilio (2003) Comparación de distintas técnicas de análisis digital para la cartografía de áreas quemadas con imágenes LANDSAT ETM+. En *GeoFocus*, N° 3, pp. 216-234.
- KUNST, Carlos; BRAVO, Sandra y PANIGATTI, José (eds.) (2003) *Fuego en los ecosistemas argentinos*. INTA, EEA Santiago del Estero.
- LELL, Juan (1990) Incendios de bosques en La Pampa. En *Revista Facultad de Agronomía*. Volumen 5. Número 1. 29-33. Santa Rosa: Universidad Nacional de La Pampa.
- LERNER, Pamela (2004) El Caldenal: dinámica de poblaciones de caldén y procesos de expansión de leñosas en pastizales. En Arturi, M.; Frangi, J.; y Goya, J. (eds.), *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*, La Plata: Editorial de la UNLP.

LLORENS, Esther y FRANK, Esther. (1999) *Aspectos ecológicos del estrato herbáceo del caldenal y estrategias para su manejo*. Anguil: AACREA, Subsecretaría de Asuntos Agrarios-Provincia de La Pampa, INTA.

MARTÍNEZ CARRETERO, Eduardo (1995) Los incendios forestales en Argentina. En *Multequina*. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo> FECHA DE CONSULTA 13/02/2018.

MEDINA, Andrea; DUSSART, Esteban; ESTELRICH, Héctor y MORICI, Ernesto (2000) Reconstrucción de la frecuencia de fuego en un bosque de *Prosopis caldenia* Burkart, de Arizona, sur de la Provincia de San Luis. En *Multequina* N°9, pp. 91-98. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/285380152_Reconstruccion_de_la_historia_del_fuego_en_un_bosque_de_Prosopis_caldenia_Burk_de_Arizona_sur_de_la_provincia_de_San_Luis FECHA DE CONSULTA 07-08-2018.

MERMOZ, Mónica; PRESTI, Paula y MÜLLER, Martín (2019) *Informa ambiental del incendio ocurrido en el Parque Nacional Lihué Calel en enero de 2018. Evaluación de la severidad y propuestas de manejo*. Dirección de Lucha Contra Incendios Forestales y Emergencias (DLIFE), Dirección Regional Patagonia Norte (DRPN) y Parque Nacional Lihué Calel. Administración de Parques Nacionales – Argentina.

MERMOZ, Mónica; PÉREZ, Andrea; ROMERO, Martín y RAMILO, Eduardo (2004) *Informe sobre las consecuencias ecológicas de los incendios ocurridos en el Parque Nacional Lihue Calel en Noviembre y Diciembre de 2003*. La Pampa: Administración de Parques Nacionales.

PLAN b (2018) *Parque Lihué Calel: se originó un incendio por una motoniveladora*. Plan b noticias. Disponible en <http://www.planbnoticias.com.ar/index.php/2018/01/06/parque-lihue-calel-se-origino-un-incendio-por-una-motoniveladora/>. FECHA DE CONSULTA 10-08-2018.

POMBO, Daila y MARTÍNEZ UNCAL, María Celeste (2017) *Geotecnologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje por resolución de problemas. Hacia una didáctica de la Geografía crítica y activa*. Santa Rosa: EdUNLPam.

PREVENCIÓN DESASTRE (2018) *Incendios Forestales*. Disponible en <https://prevenciondesastres.wordpress.com/causas-fases-y-tipos-de-un-incendio/> FECHA DE CONSULTA 07-08-2018.

PROVINCIA DE LA PAMPA (1991) *Ley 1354. Prevención y lucha contra incendios en zonas rurales*. Cámara de Diputados de la provincia de La Pampa. Disponible en http://www.produccion.lapampa.gov.ar/images/imagenes/Archivos/Digesto_PDF/Ley_No_1354.pdf. FECHA DE CONSULTA 26/03/2019.

SUBSECRETARÍA DE ECOLOGÍA (2004) *Subsecretaría de Ecología, Gobierno de La Pampa*. Disponible en <https://www.lapampa.gob.ar/informacion-historica-civica-y-geografica-de-la-provincia-de-la-pampa.html>. FECHA DE CONSULTA 20/02/2019.

USGS (2018) *Earth Explorer – U.S. Geological Survey*. Disponible en <https://earthexplorer.usgs.gov/>. FECHA DE CONSULTA 21/11/2018.

VÁZQUEZ, Pablo (2018) *Prevención de incendios en la provincia de La Pampa pronóstico temprano de la peligrosidad. Periodo noviembre 2018-marzo 2019*. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/pronostico-temprano-de-peligrosidad-de-incendios-2018-2019> FECHA DE CONSULTA 07-08-2018.

VÉLEZ, Ricardo (1991). Los incendios forestales y la política forestal. En *Revista de Estudios Agrosociales*, N° 158, pp. 83-105. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_reas/r158_04.pdf. FECHA DE CONSULTA 21/11/2018.

VILLAGRA, Pablo; GIORDANO, Carla; ÁLVAREZ, Juan; CAVAGNARO, Juan Bruno; GUEVARA ARANZAZÚ; SARTAOR, Carmen; PASSERA, Carlos y GRECO, Silvina (2011) Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. En *Ecología Austral*, vol. 21, núm.1, pp. 21-42. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667782X2011000100004: 05 de marzo de 2014. FECHA DE CONSULTA 18/02/2019.

Cómo citar

Pombo, Daila; Martínez Uncal, Ma. Celeste y Facundo Cases (2020) Cartografía multitemporal de incendios forestales en el Parque Lihué Calel (La Pampa): integración de datos y técnicas. *Cardinalis*, 8 (14), 267-286. Recuperado a partir de

