



ffyh
Facultad de Filosofía
y Humanidades | UNC



**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA DE LA
LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA**

**CARTOGRAFÍA Y GESTIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS
FORESTALES E INTERFASE EN LA LOCALIDAD DE
SALSIPUEDES, SIERRAS CHICAS, CÓRDOBA**

Autor: Raúl Nicolás Francisco

Director: Ing. Rubén Actis Danna

Tutor: Marcelo Rubén Bustos

Córdoba, Argentina

2016

AGRADECIMIENTOS...

Antes de desarrollar el siguiente informe de mi trabajo final de Licenciatura en Geografía, me gustaría agradecer y reconocer a las siguientes personas e instituciones que hicieron posible que culminaran mis estudios y pudiera llevar a cabo este proyecto que con tantas energías y tiempo invertido he podido finalizar:

Le agradezco principalmente a mis viejos (María y Raúl) y hermana (Deborah) que me bancaron en todo el transcurso de mi carrera y que lo seguirán haciendo...

A mí querida novia (Macarena) que me hizo el aguante en estos últimos dos años en los que lleve a cabo mi trabajo final.

A mi director Ruben Actis Danna, que me propuso la idea de trabajar con la temática de los incendios y que nos guio e impulso estos últimos años a finalizar esta hermosa carrera.

A Marcelo Bustos y Carlos Giovaninni que fueron mis tutores y nexos abriéndome las puertas de la Asociación de Bomberos de Salsipuedes para que yo pudiera desarrollar satisfactoriamente mi experiencia de Practica Profesional Supervisada.

A los chicos de la Dirección General de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes (Ezequiel, Juan y Pablo) que me recibieron cada mañana de los días jueves para que yo desarrollara mi trabajo y despejara mis dudas, con mates y criollos de por medio.

A los miembros del Cuerpo Activo de Bomberos Voluntarios de Salsipuedes que en el lapso de mi práctica me fueron recibiendo en el cuartel, mientras recopilaba la información que me era necesaria.

Al Biol. Juan Argañaraz que me ayudo brindándome toda su experiencia y conocimiento en la temática de los incendios y su cartografía, proporcionándome información muy valiosa para mi trabajo relacionada con los antecedentes de incendios en las Sierras Chicas.

A mis compañeros de carrera Marina Bustos, Elizabeth Street y Ruben Kalmbach que me asesoraron en la finalización de mi informe final.

A Silvana Fernández por todas las recomendaciones y apoyo que nos brinda a los estudiantes en el último tramo de nuestra carrera.

A los demás directivos, profesores y compañeros con los cuales he tenido la suerte de compartir en todos estos años de estudios y que comparten la misma pasión por estudiar la geografía.

A mis amigos de la vida y familiares que me ayudaron a despejar mi mente cada vez que lo necesitaba y no entrar en la locura de los problemas que iban surgiendo.

Por ultimo a todos aquellos que no he nombrado aquí y que seguro me estoy olvidando, pero que han hecho posible de alguna forma que haya llegado a esta instancia de mi vida y al principio de otra etapa.

A TODOS Y TODAS GRACIAS, ¡MUCHAS GRACIAS!

Nicolás Francisco
Córdoba, Marzo 2016

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
PRIMER CAPÍTULO: ASPECTOS TEÓRICOS.....	9
I. EL FUEGO Y LOS INCENDIOS.....	9
II. EL COMPORTAMIENTO DE LOS INCENDIOS.....	10
III. LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LOS INCENDIOS.....	12
IV. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS.....	14
SEGUNDO CAPÍTULO: ÁREA DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES.....	17
I. DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	17
II. ANTECEDENTES DE TRABAJO.....	19
TERCER CAPÍTULO: DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	21
I. LOS INCENDIOS EN CÓRDOBA Y EN SALSIPUEDES.....	21
CUARTO CAPÍTULO: DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE DESARROLLO LA PPS.....	24
I. LA ASOCIACIÓN DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE SALSIPUEDES...24	
QUINTO CAPÍTULO: OBJETIVOS Y DISEÑO METODOLÓGICO.....	27
I. OBJETIVO GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	27
II. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS.....	27
III. TÉCNICAS , HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	31
SEXTO CAPITULO: DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE RIESGO.....	35
I. ESTRUCTURA DEL MODELO DE INCENDIOS.....	35

II. DISEÑO DEL MAPA DE REGISTRO DE INCENDIOS	36
III. DISEÑO DEL MAPA DE RIESGO DE IGNICIÓN.....	37
IV. DISEÑO DEL MAPA DE RIESGO DE PROPAGACIÓN.....	60
V. PONDERACIÓN DE CAPAS CRITERIO Y DISEÑO DE MAPAS FINALES.....	66
SÉPTIMO CAPÍTULO: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	69
I. CARTOGRAFÍA DE REGISTRO DE INCENDIOS FORESTALES.....	69
II. MAPA DE RIESGO DE IGNICIÓN.....	70
III. MAPA DE RIESGO DE PROPAGACIÓN.....	73
IV. MAPA FINAL DE RIESGO DE INCENDIOS.....	75
V. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y CAPACITACIÓN A LOS BOMBEROS VOLUNTARIOS DE SALSIPUEDES.....	79
OCTAVO CAPÍTULO: CONCLUSIONES.....	80
I. INCIDENCIAS Y APORTES A LAS INSTITUCIONES.....	80
II. EVALUACIÓN DE UNA EXPERIENCIA DE PRACTICA PROFESIONAL.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS.....	91
I. ECUACIONES.....	91
II. FOTOGRAFÍAS.....	92
<i>Vegetación.....</i>	<i>92</i>
<i>Basural.....</i>	<i>95</i>
<i>Sede de la Asociación de Bomberos Voluntarios de Salsipuedes.....</i>	<i>95</i>
<i>Capacitación y presentación de resultados.....</i>	<i>96</i>

III. CARTOGRAFÍAS.....99

*Mapa de registro de incendios forestales e interfase de Salsipuedes
(2007-2014)*

Mapa de riesgo de ignición de incendios de Salsipuedes

Mapa de riesgo de propagación de incendios de Salsipuedes

Mapa de riesgo de incendios de Salsipuedes

INTRODUCCIÓN

Los incendios que afectan a superficies forestales y de interfase han reducido significativamente los bosques nativos de la Provincia de Córdoba, sumado a la creciente deforestación y cambios de uso de suelo por la extensión de las fronteras agropecuarias y urbanas. Estudios recientes indican que entre 1999 y 2013, los incendios degradaron el 27,1 % de la superficie de bosques de los principales sistemas serranos de nuestra provincia (Grupo Idea, CONICET, 2015). De esa superficie quemada 294.174 ha, se quemaron dentro del corredor de Sierras Chicas, superficie que representa un 36,2% del total en Córdoba, el mayor de los cuatros sistemas serranos. Dentro de este corredor en su faldón oriental se encuentra la localidad de Salsipuedes, al norte de la ciudad de Río Ceballos y a 35 km de la Ciudad Capital de la provincia. Allí es donde hemos desarrollado nuestra Práctica Profesional Supervisada (PPS) junto con la Asociación de Bomberos Voluntarios de dicha localidad con el objetivo de elaborar un mapa de riesgo de incendios que integre tanto el riesgo de ignición, entendido como el potencial de inicio de un incendio y el riesgo de propagación, reflejando las posibilidades que un fuego tiene de propagarse hacia otras áreas. Para la elaboración cartográfica se utilizaron los sistemas de información geográfica (SIG) basándonos en la metodología de la Evaluación Multi Criterio (EMC), que consiste en la identificación de variables (capas criterio) para resolver un objetivo (la cartografía de incendios). Estas capas son clasificadas de acuerdo al riesgo de incendios que conlleva cada una y luego son evaluadas y jerarquizadas mediante el uso del Proceso de Jerarquías Analíticas (Saaty 1998), en la cual cada capa es ponderada en una matriz de comparación por pares de criterios, para luego obtener un algoritmo de valor que mediante el uso de los SIGs nos proporciona como resultado los mapas de incendios aquí producidos. Este modelo permitió avanzar en la planificación de la gestión del riesgo de incendios, sobre todo en lo que respecta a la prevención de los mismos. Es así que junto con la Asociación de Bomberos y con la colaboración de la Municipalidad de Salsipuedes se pudo llevar a cabo el siguiente proyecto de gestión del riesgo de incendios en Salsipuedes.

Palabras Claves: Incendios, Sierras Chicas, Salsipuedes, Asociación de Bomberos Voluntarios, Cartografía del Riesgo, Sistemas de Información Geográfica, Evaluación Multi Criterio, Proceso de Jerarquías Analíticas.

PRIMER CAPÍTULO: ASPECTOS TEÓRICOS

El fuego y los incendios

Se puede definir al fuego como un fenómeno físico-químico que se caracteriza por el desprendimiento de luz y calor, producido por la combustión de un cuerpo. Para que el proceso de la combustión se inicie y pueda continuar, deben estar presentes tres elementos que constituyen el llamado “triángulo o triada del fuego”, compuesto por: calor, combustible y oxígeno. A su vez, los efectos del fuego pueden clasificarse como de primer o de segundo orden:

“Los de primer orden incluyen los resultados directos del proceso de combustión, como daño y muerte de la vegetación, consumo de combustible y producción de humo, siendo buenos como descriptores de las características de un fuego activo. Los de segundo orden, o efectos post-fuego, incluyen consecuencias del fuego identificables a corto o largo plazo, como la dispersión del humo producido, la erosión y la sucesión de la vegetación” (Lentile et al. 2006; En: Zalazar, 2014:3).

Cada uno de estos elementos es indispensable para la generación de un incendio, por lo que para la mitigación o prevención de los mismos, solo es necesario atacar a uno o más de estos componentes. Por ejemplo, los bomberos cubren los combustibles con tierra para aislarlos del aire y así atacar el factor oxígeno, o utilizan agua y/o inhibidores de combustión para reducir el calor, o por otro lado se pueden crear cortafuegos modificando la estructura de la vegetación circundante a un incendio para que el mismo no se propague en su paso.

“El fuego tiene un papel determinante en la dinámica de los ecosistemas terrestres, mostrándose como uno de los factores de control más determinantes en la selección y adaptación de las especies. Desde épocas prehistóricas, se lo utiliza además como herramienta de gestión del territorio, principalmente para desbrozar en zonas de expansión agrícola y para ayudar a la nitrificación de suelo en vegetación de sabana. Tiene finalmente importantes implicancias atmosféricas, ya que se considera que las quemadas de biomasa suponen casi el 40% de las emisiones totales de CO₂” (Chuvieco et al, 2008:110)

A los incendios se los puede dividir en diversas clases, de acuerdo al contexto geográfico donde se lleven a cabo: urbanos, de interfase, forestales y rurales. Los primeros son aquellos que se llevan a cabo sobre áreas de servicios, viviendas, comercios o sobre artefactos como automóviles siempre dentro de una continuidad urbana, aunque su delimitación es difusa. Cuando este incendio se propaga en áreas contiguas a zonas rurales se lo denomina de interfase, un ejemplo común de estos son aquellos incendios que se desarrollan en las periferias urbanísticas, donde se observa un paisaje mixto entre las viviendas y la vegetación autóctona o plantaciones rurales. A su vez si el incendio se desarrolla en gran proporción en áreas rurales, afectando generalmente a una vegetación del tipo matorrales, arbustales o pastizales, se lo puede denominar incendio rural (Guía sobre la prevención de incendios, Provincia de Córdoba; 2011). Podemos definir a los incendios forestales como aquellos *“fuegos no programados o no controlados, que afectan de diversas formas a las tierras forestales, como recurso protector, económico o recreativo. Estas tierras están definidas como tales en la ley nacional n° 13.273, de defensa de la riqueza forestal”* (Plan de manejo del fuego de la Provincia de Córdoba; 2012).

La conceptualización de los incendios que será tomada en cuenta para nuestro modelo, será aquella que involucre tanto a los incendios forestales, interfase y/o rurales. Solo dejando de lado aquellos originados y propagados en zonas netamente urbanas¹. Por eso de ahora en adelante cuando se haga mención a los incendios, será incluyendo estas tres clases de incendios.

El comportamiento de un incendio

“El análisis de las causas de los incendios forestales es uno de los elementos claves para el establecimiento de una metodología de trabajo y la adaptación de los diferentes índices de la realidad” (Blas Morato y Nieto Massot, 2008:490).

El comportamiento de un fuego va a depender principalmente de tres factores: la topografía, meteorología y el combustible. Estos últimos *“pueden ser alterados o manejados*

¹ Este recorte conceptual será luego especificado cartográficamente, dividiendo aquellas áreas que forman parte de la mancha urbana continua de la localidad de Salsipuedes. Si serán tomadas en cuenta como zonas de riesgo aquellas áreas urbanas que puedan generar un foco de ignición que se propague por zonas de interfase, rural y/o forestal.

por el hombre, no así los topográficos que son inherentes al área de análisis, ni los meteorológicos que son dinámicos” (Kopta & Colombati, 2007: 8; En: Plan del manejo del fuego de la provincia de Córdoba). A su vez dependiendo de la escala espacial y temporal en la cual se estudie un incendio, ya sea desde una perspectiva regional o local, la importancia de cada factor se va a ir modificando.

Para el estudio y determinación de la incidencia de cada factor, se suele considerar a la pendiente, de gran incidencia en la propagación de un incendio, la altitud y la exposición u orientación de las laderas. Estos últimos tienen mayor incidencia en las posibilidades de inicio de un fuego, ya que a mayor altitud, las condiciones meteorológicas cambian, al igual que los suelos. Mientras que las laderas que reciben mayor radiación solar diaria, suelen tener una vegetación más espaciada y una mayor probabilidad de ignición, al contrario de aquellas que se encuentran en la sombra que presentan una vegetación más abundante. En cuanto a los combustibles, poseen una gran variabilidad entre lugares cercanos, asociado a la espacialidad y al tiempo, ya que depende mucho de la estación del año, la humedad del suelo, insolación diaria de los suelos, la topografía y las condiciones meteorológicas, entre otras. Estos últimos a su vez son todavía más dinámicos ya que si bien podemos determinar ciertas condiciones climáticas estacionales y permanentes en distintas ecoregiones, las variables meteorológicas como temperaturas, humedad, precipitaciones, vientos y días consecutivos de sequedad determinan muchas veces las probabilidades de generar un incendio en cualquier lugar.

Uno de los factores quizás más importantes y determinantes en la generación de incendios en la Argentina y en el mundo es el humano (Argarañaz et al 2015; Chuvieco et al, 1998; Carretero, 1995). Para medir su incidencia se suele utilizar las variables de densidad poblacional, la cercanía a carreteras, a basurales y el uso del suelo, entre otras.

“En la actualidad los regímenes de fuego se encuentran altamente influenciados por las actividades humanas, que modifican el número de igniciones y la disponibilidad de combustibles. El resultado de esta influencia se manifiesta en cambios en la frecuencia, severidad y distribución del fuego en el paisaje” (Argarañaz et al, 2015:1).

La gestión del riesgo en los incendios

Según la Real Academia Española (2014), el riesgo es la contingencia o la proximidad a un daño. También se suele asociar al riesgo con el peligro y con las probabilidades de una amenaza. Roger Brunet en *Les mots de la géographie* (1994) define al riesgo como el "*peligro al cual se está expuesto individual o colectivamente en ciertas circunstancias*" (En: Anneas de Castro, 2000:3). Aquí su planteo es más actualizado, ya que considera que el manejo o administración del riesgo es responsabilidad del político, el cual para alcanzar su objetivo necesita del científico. Lavell (2001) ubica al riesgo en un punto más cercano a los desastres, entendiendo a este último como la concreción de los riesgos preexistentes y no como consecuencias de fenómenos climáticos y del orden natural. Así de este modo el autor explica que "*el riesgo se refiere a un contexto caracterizado por la probabilidad de pérdidas y daños en el futuro, las que van desde las físicas hasta las sicosociales y culturales (...) El riesgo es, en consecuencia, una condición latente que capta una posibilidad de pérdidas hacia el futuro*" (Lavell, 2010:2). También explica que estas posibilidades pueden estar sujetas a análisis y medición en términos cualitativos y cuantitativos. Justamente este aspecto es el que nos interesa resaltar, ya que tal como se desarrollará en los próximos capítulos, la medición en términos cuantitativos del riesgo, utilizando también técnicas de carácter cualitativas, nos permitirá elaborar un modelo para la cartografía del riesgo de incendios.

El riesgo de incendios a su vez puede ser definido como el potencial o la probabilidad de ocurrencia de un incendio en un lugar determinado. Para Chuvieco (2007) además se debe considerar la vulnerabilidad que hace referencia al daño potencial que el fuego supondría para un lugar. Para determinar el riesgo de incendios (que más adelante estaremos desarrollando), se puede calcular el riesgo de ignición, que significa el potencial de inicio de un incendio, y el riesgo de propagación que sería la probabilidad que tiene un incendio de extenderse o propagarse por diferentes sectores. Ambos utilizan diferentes variables o factores para su determinación, por ejemplo, para calcular el riesgo de ignición, un factor clave es la vegetación y la proximidad a centros urbanos, ya que de estos depende que un fuego se inicie, a diferencia del riesgo de propagación, donde se vuelven casi determinantes las condiciones meteorológicas como el viento, precipitaciones o humedad del suelo y la presencia de cortafuegos, como ríos, arroyos o carreteras.

“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, 1998:12)

En cuanto a lo que la gestión del riesgo se refiere, Marcano Montilla & Rios (2010) hacen hincapié en que el riesgo no es un producto sino un proceso y en la presencia de un riesgo existente y un riesgo latente o potencial. Estos mismos explican que desde 1972 en las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, pasando por las Cumbres de la Tierra en Río de Janeiro 1992 y Nueva York 1997, que la comunidad internacional se ha preocupado por resolver los desastres y a cómo actuar después de ocurridos, para pasar luego a la necesidad de mitigarlos y en la actualidad más orientado a la ejecución de acciones para la prevención de los mismos, en el cual el paradigma predominante es el de la “gestión”. Este interés resulta de las pérdidas económicas, culturales y naturales que los desastres han provocado en las últimas décadas, ratificando la necesidad de orientar recursos al área preventiva.

Si hablamos de la gestión del riesgo hay que considerar la particularidad del entorno ya sea por las condiciones físico-naturales o la forma de organización social del espacio de una comunidad determinada. En consonancia con Lavell & Mansilla (2003), en los casos de una gestión de riesgos local, se entiende que debe haber un proceso altamente participativo por parte de los sectores sociales locales.

“La gestión de riesgos puede estar definida como un proceso social complejo, cuyo fin último es la reducción o la previsión y el control permanente del riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano económico, ambiental y territorial sostenible” (Marcano Montilla & Rios, 2010:5).

Desde la geografía y muchas otras disciplinas de carácter ambiental y territorial se abordan las problemáticas de los incendios a través de diferentes líneas de trabajo, algunas de estas son: los análisis de factores humanos relacionados con el inicio del fuego, el diseño de índices

meteorológicos del peligro², la determinación del estrés hídrico del combustible hasta los modelos locales del riesgo. En esta última línea de trabajo es donde nos posicionamos para llevar a cabo nuestro modelo cartográfico de riesgo de incendios de la localidad de Salsipuedes. En estos modelos se incorporan todas las variables de riesgo que resultan necesarias para el autor en base a un estudio previo del área a trabajar.

Técnicas y herramientas para la gestión del riesgo de incendios

“Las tendencias actuales para lograr la prevención de sucesos, están dadas por la implementación de tecnologías novedosas que permitan brindar información oportuna para la toma de decisiones” (Marcano Montilla & Rios, 2010:55)

Existen numerosas herramientas para la gestión de riesgos y de desastres. Desde aquellas más clásicas como la observación y medición en campo de movimientos sísmicos o actividad volcánica hasta el uso de información satelital (teledetección) y de los sistemas de información geográfico (SIGs) en distintos fenómenos terrestres. Estas técnicas a diferencia de las anteriores suelen incrementar el trabajo de laboratorio y disminuir el trabajo de campo, sin que una reemplace a la otra. Aquí nos detendremos en el uso específico de los SIGs y de la teledetección como herramientas para la gestión del riesgo de incendios.

Desde la teledetección hay determinados índices (como el FSI-Fire Susceptibility Index) que se basan en la determinación del estado del combustible (temperatura, vigor y humedad del combustible) para computar la probabilidad de ignición y también poder comparar el riesgo de incendio entre regiones. A su vez distintas variables como el biotipo y distribución de la vegetación, contenido de humedad, estructura, zonas afectadas por el fuego, cuerpos de agua,

² En esta línea podemos ubicar a las alertas de incendio que desarrolla la Secretaria de Gestión del Riesgo de la Provincia de Córdoba, desde el Plan de Manejo del Fuego. Las mismas se basan en variables meteorológicas diarias tales como los vientos, temperaturas, humedad, periodos de sequías, etc. Estas serán de vital importancia para nuestro trabajo, que luego será detallado.

infraestructuras urbanas, entre otras, que pueden ser medidas e identificadas mediante el uso de los sensores remotos.



Ilustración 1: El uso de imágenes satelitales para la identificación de incendios. Fuente: Imágenes MODIS en falso color de los incendios en Córdoba, 2013, CONAE.

“La teledetección es considerada una herramienta de gran utilidad para la gestión de incendios forestales, ya que contribuye en cada una de las tres etapas relativas al incendio mediante el aporte de información sobre la condición de la vegetación (pre-fuego), facilitando la detección de incendios activos (durante) y agilizando la discriminación de áreas quemadas y estimación de superficie dañada (post-fuego)” (Zalazar, Laura, 2014:16)

En cuanto a los SIGs, son muchos también las utilidades que poseen en la gestión del riesgo de incendios. *“El empleo de un SIG en la gestión de incendios permite ir más allá de la cartografía de riesgo, para orientarse también hacia las acciones preventivas o la organización de los medios de defensa” (Nunes et al, 1996; En: Chuvieco 1998:13).* Entre las más significativas podemos hacer referencia a la construcción de mapas de riesgo a partir de la superposición de diferentes capas de información o el procesamiento de imágenes satelitales o de información vectorial mediante las aplicaciones que vienen incluidos en estos, como el cálculo de la superficie afectada por un incendio y su representación, la generación de capas de información asociadas a variables meteorológicas como la dirección de los vientos o topográficas como el cálculo de una pendiente. La utilidad de los SIGs estará dada por el objetivo que nos hayamos planteado, aclarando que el uso de los mismos no se plantea como el

fin mismo en un trabajo sobre el riesgo de incendios, sino como una herramienta sumamente útil y valiosa para la gestión del territorio, que puede ser complementada con muchas otras.

SEGUNDO CAPÍTULO: ÁREA DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

Delimitación espacial: la localidad de Salsipuedes en las Sierras Chicas, Córdoba.

La localidad de Salsipuedes se encuentra en el faldón oriental de las Sierras Chicas, en el Departamento Colón de la Provincia de Córdoba. La llamada región de las Sierras Chicas posee una dirección norte-sur con una altitud promedio entre los 500 y 1947 msnm y ocupa la porción semiárida del sector sur del bosque chaqueño. A partir de los trabajos de Gavier (2004) y Zak y Cabido (2002) podemos decir que esta región posee una vegetación hasta los 750 msnm, de bosques bajos dominados por los *Aspidosperma Quebracho Blanco*, *Prosopis Spp* y *Acacias Spp*, mientras que por encima de los 700 hasta los 1200 msnm es dominado por las especies *Lithraea Molleoides* y *Zanthoxylum coco*. En las zonas de matorrales entre los 1000 y 1100 msnm, domina la especie *Heterothalamus Alienus*, y en los pastizales usualmente por encima de los 1000 msnm, domina la especie *Festuca Hierunymi*. De todas maneras la vegetación nativa ha sido fuertemente alterada debido al cambio de uso de suelo en las zonas bajas y a la elevada tasa de deforestación, introducción de especies exóticas invasivas como los siempre verdes y a los reiterados incendios anuales. El clima es semiárido, con un régimen de lluvias monzónico, que promedia los 960 mm anuales y una media de temperaturas en los 16.8 °C³. La mayor parte de estas lluvias ocurren entre los meses de octubre y marzo (primavera y verano). Los inviernos son secos y templados, con temperaturas relativamente altas ya para los meses de agosto y septiembre.

Una de las localidades más afectadas por los incendios en las Sierras Chicas es Salsipuedes. La misma se encuentra a una altitud media de 744 msnm y posee una población estimada de 9003 habitantes (censo año 2008). La localidad de Salsipuedes ha tenido un gran crecimiento urbanístico en las últimas décadas, así como todas las localidades de Sierras Chicas, tales como, Río Ceballos, Mendiolaza, Unquillo, etc. Este fenómeno se debió en gran parte

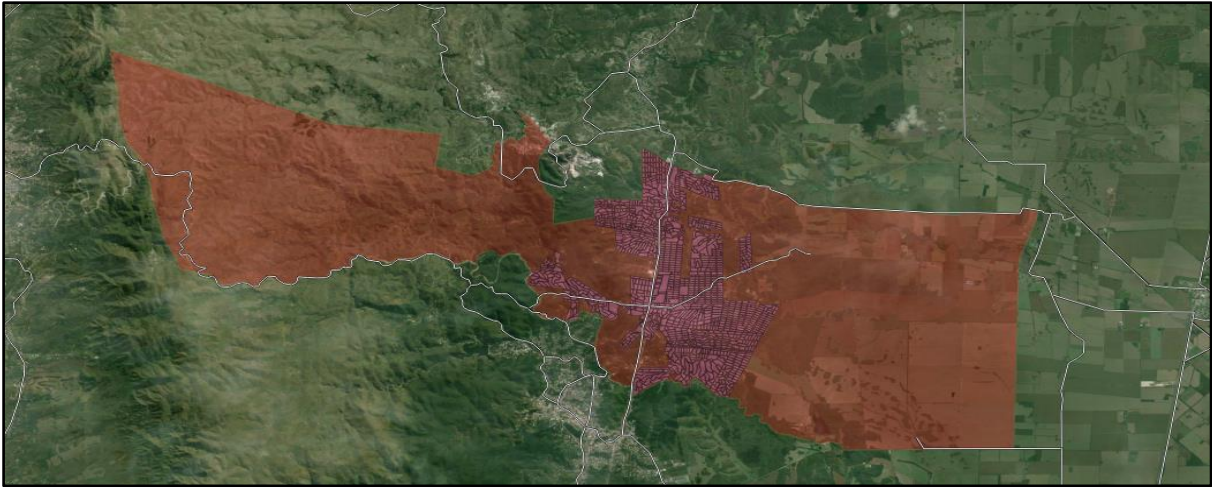
³ Datos extraídos por Mario Navarro, director del Observatorio Meteorológico de Salsipuedes. Datos de precipitaciones de periodo 1988-2012 y datos de temperaturas del periodo 2002-2010 (En: Argarañaz, 2015:3).

gracias a la cercanía con la Ciudad Capital de la Provincia de Córdoba, hecho que provoca que estas localidades funcionen como “ciudades dormitorio”, sumado al mejoramiento de las rutas adyacentes, entre los cuales se destacan la rutas provinciales E53 y la E57, que comunica los sectores este y oeste de las Sierras Chicas.

Es importante resaltar que para la realización de la cartografía de riesgo de incendios, hemos tomado como límites espaciales, el radio pretendido⁴ de la Municipalidad de Salsipuedes, que fuera proporcionado por la Dirección de Catastro del mismo municipio. En la figura 1 se puede ver en rojo el radio pretendido y en violeta el loteamiento que abarca el radio de servicios. Al sur se observa la Ciudad de Río Ceballos, al norte el poblado de El Manzano, al oeste, en el sector occidental de las Sierras Chicas, las localidades de Valle Hermoso y La Falda. Al este limita con el radio pretendido de la localidad de Estación General Paz.

⁴ Llamamos radio pretendido a aquel que fuera planificado por la Municipalidad de Salsipuedes y consensuado con todas las localidades aledañas, mediante un acuerdo provincial en pos de eliminar las “zonas grises” sin ninguna prestación de servicios y áreas jurisdiccionales municipales o comunales que las abarque. Todos estos se encuentran en periodo de aprobación por parte del Gobierno de la Provincia de Córdoba a la fecha de realización del presente trabajo (2015), por lo que los mismos pueden ser modificados, descartados o aprobados en su delimitación. Este radio se diferencia del radio de servicios, aprobado por ley, que abarca todo el territorio de loteamiento oficial de la Municipalidad de Salsipuedes y la prestación de los servicios básicos.

Figura 1: Radio pretendido de la localidad de Salsipuedes y área de estudio del presente trabajo (en rojo)



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de referencia: POSGAR 94. Fecha de elaboración: Octubre, 2014

Antecedentes

Son diversos los trabajos que se han realizado en lo que refiere a la cartografía y gestión de los incendios forestales. Nosotros hemos tomado como referencia aquellos trabajos que mínimamente hacían referencia a la problemática de los incendios forestales y/o de interfase, y a partir de ahí hemos seleccionado aquellos que utilizaban herramientas geoespaciales, tales como los SIGs o imágenes satelitales tanto para prevenir, identificar o modelizar los incendios. Para la construcción del modelo fueron importantes los trabajos de Blas Morato (2008): “*Mapa de riesgos de incendios forestales de la provincia de Caceres*”, Chuvieco et al (2007): “*Generación de un modelo de peligro de incendios forestales mediante teledetección y SIG*”, Abarca y Quiroz (2005): “*Modelo cartográfico de riesgo de incendios en el Parque Nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay*” y Jaiswal et al (2002): “*Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS*”. Estos trabajos fueron de vital importancia para la construcción del modelo de riesgo de incendios utilizado, que más adelante será desarrollado.

A su vez también han sido importantes en la determinación de las variables de nuestro modelo a utilizar, aquellos trabajos que han tenido como área de análisis las Sierras Chicas de

Córdoba en lo que respecta a los incendios y que también utilizaron como herramientas a los sistemas de información geográficos y la teledetección para la medición y/o modelización de incendios. Estos son los trabajos de Quiroga (2015): *“Implementación de un índice de posibilidad de incendios para las Sierras de Córdoba”*, Argarañaz J.P, Pizarro G., Zak M., Bellis L. (2015): *“Fire regime, climate and vegetation in the Sierras de Córdoba, Argentina”*, en el cual se hace un estudio sobre la incidencia de las principales variables de generación de incendios para toda la Sierras de Córdoba. También el trabajo de Zalazar, Laura (2014): *“Herramientas geoespaciales para la gestión de incendios forestales en el Parque Nacional Quebrada del Condorito”*, en el cual se utiliza el software FARSAIT, para la modelización de los incendios. Los trabajos de Argarañaz J.P, Marí N, Landí M., Gregorio G, Bellis L (2012), *“Mapeo automatizado de áreas quemadas en la provincia de Córdoba*, donde se desarrolla más específicamente en la generación de cartografía de las áreas quemadas a partir del uso de softwares específicos (ABAMS) e imágenes satelitales Landsat ETM+.

También se utilizaron materiales publicados por el ministerio de gestión del riesgo de la Provincia de Córdoba, a través del Plan Provincial de Manejo del Fuego, que desde 2002, interviene en la gestión y prevención de los incendios a través de campañas de concientización a la población y capacitaciones a las Asociaciones de Bomberos y Defensa Civil de cada municipio provincial.

Por último, se puede decir, que sirvió de gran experiencia la participación en los diferentes talleres de riesgos, llevados a cabo en Salsipuedes y organizados por la cátedra de Sistemas de Información Geográfico de la Carrera de Geografía de la Universidad Nacional de Córdoba y la Municipalidad de Salsipuedes. En estos talleres se abordaron como temática principal la construcción colectiva de los mapas de riesgo, en el cual por medio de las participación de profesores y estudiantes universitarios, vecinos de la localidad, trabajadores y voluntarios de las distintas dependencias municipales, se fueron georreferenciando las distintas problemáticas asociadas a los riesgos hídricos, tecnológicos, viales, incendios, entre otros. Uno de los objetivos de esta práctica es justamente poder integrar los resultados obtenidos al Proyecto de Mapas Dinámicos de Riesgos Múltiples de Salsipuedes, que abarcaría todos los mapas antes mencionados, incluido los de este proyecto.

TERCER CAPÍTULO: DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Los incendios en Córdoba y Salsipuedes

La problemática de los incendios forestales, se ha convertido en un flagelo global en las últimas décadas, debido a los cambios climáticos que acentuaron ciertas variables meteorológicas como la falta y exceso de precipitaciones y las temperaturas extremas, potenciadas por la determinante influencia del hombre en el uso de los suelos y en los procesos de ignición por causas tanto accidentales como intencionales. Esta problemática no es ajena a nuestro país y en mucho menor medida a Córdoba. Se estima que en Argentina se incendian aproximadamente 250.000 ha de bosques por año, siendo Córdoba una de las provincias históricamente más afectadas. Dentro de esta provincia se ha hecho una zonificación de aquellas áreas que poseen un mayor riesgo de incendios forestales y/o rurales. Según la información del área gubernamental de la Provincia de Córdoba encargada de los incendios, se puede ver cómo el área en la que se encuentran las Sierras Chicas, corresponde a una “zona crítica”. Esta zona posee una estacionalidad de los incendios correspondientes a los meses invernales (julio-septiembre), aunque estudios más recientes indican que estos periodos se han extendido, siendo los periodos comprendidos entre los meses de junio y noviembre, como los meses más críticos en la cantidad de incendios registrados. Estos meses coinciden con los picos de bajas temperaturas y precipitaciones que se registran a partir del mes de mayo hasta agosto. Según los estudios del Plan del Manejo del Fuego de la Provincia de Córdoba, este periodo se caracteriza por la abundante presencia de material vegetal, fruto de la temporada de crecimiento estival, el cual se seca por la falta de agua y por la presencia de heladas que matan a las plantas herbáceas. A esto hay que sumarle las condiciones de humedad y de disponibilidad de combustible seco que se encuentran por los frecuentes vientos de agosto y septiembre y que agravan los incendios porque renuevan el aporte de oxígeno y facilitan su dispersión.

Un estudio del grupo de investigación del Instituto de Diversidad y Ecología Animal (Idea) del Conicet y publicado por el sitio web de divulgación científica de la UNC, “unciencia”, determinó a través del análisis de imágenes satelitales Landsat, que entre 1999 y 2013, se incendió el 27,1 % de la superficie de los cuatro principales sistemas serranos de la provincia

de Córdoba (Sierras Grandes, Sierras Chicas, Sierras del Norte y Cumbre de Gaspar) afectando a un total aproximado de 657 mil ha de cubierta forestal.

Según el mismo estudio, del total de la superficie quemada, un 36,2% corresponde al sector de las Sierras Chicas. Igualmente se aclara que este porcentaje no significa que el área quemada de bosque no se haya regenerado, pero sí que es posible que estos incendios hayan generado cambios en las coberturas de los suelos y en las cuencas hídricas de la región. También y citando el mismo trabajo, se llevó a cabo un mapa de riesgo de incendios de las Sierras Chicas

(ilustración 2), en el mismo se puede observar todo el área de este sector de las sierras cordobesas, juntos con las respectivas clases de riesgos (bajo, moderado y alto). En la nota se explica que para la confección del mismo se utilizaron variables meteorológicas como los niveles de precipitaciones y amplitudes térmicas, variables topográficas como la pendiente y la orientación de las laderas, y aquellas asociadas al factor humano, tales como, la densidad poblacional, las cercanía a

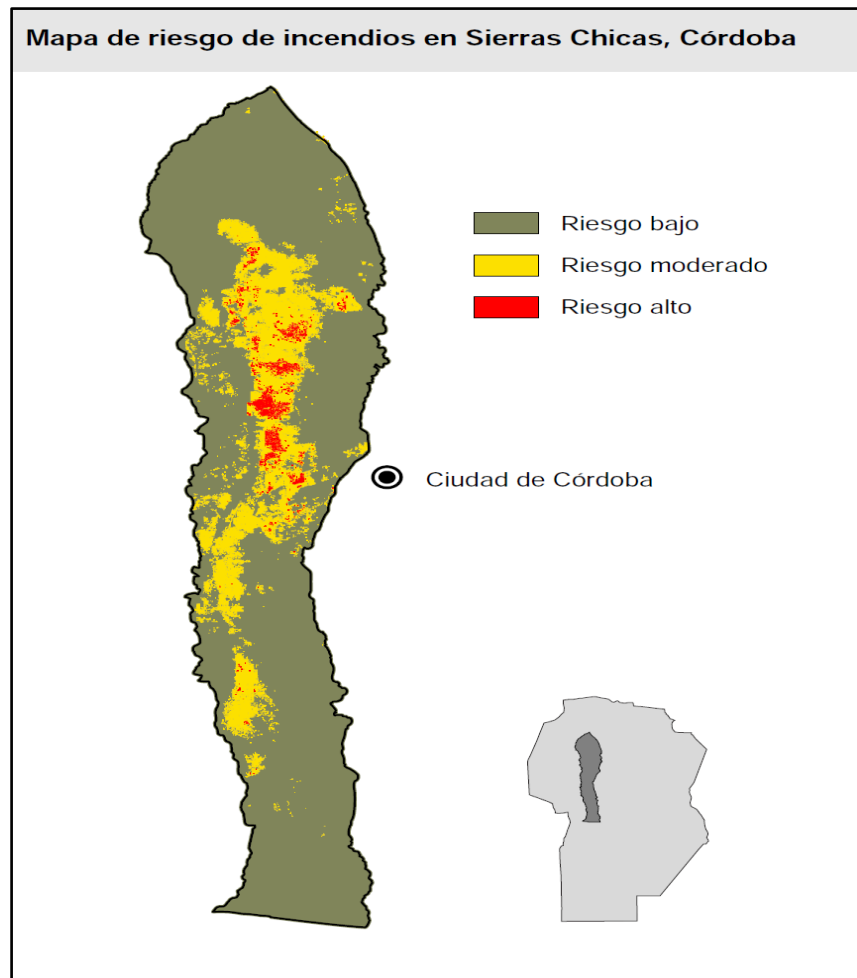


Ilustración 2: Mapa de Riesgo de Incendios de Sierras Chicas. Fuente: Portal web unciniencia a partir de trabajo del grupo de investigación Idea, CONICET. 07/09/15

carreteras y centros urbanos. Aquí se podrán ver similitudes en cuanto a las variables que utilizaremos para nuestro modelo cartográfico y las que se utilizaron en este estudio.

En lo que respecta a la localidad de Salsipuedes, según registros recolectados de los bomberos voluntarios de dicho lugar, en los últimos años (datos solamente disponibles desde el año 2011), se han registrado un promedio de 22,5 incendios forestales-interface anuales, siendo el año 2013 el año de mayor ocurrencia de incendios con 54 incendios registrados. Luego de presentar los resultados, daremos una aproximación de cuáles son las áreas dentro del radio de Salsipuedes, que presentan una mayor potencialidad de riesgo de incendios. A su vez también se darán mayores precisiones sobre datos estadísticos y gráficos en lo que respecta a los antecedentes de los últimos incendios en Salsipuedes, mediante la información que se pudo obtener de la institución donde se llevó a cabo nuestro trabajo: la Asociación de Bomberos Voluntarios de Salsipuedes.

CUARTO CAPÍTULO: DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE DESARROLLO LA PPS

La Asociación de Bomberos Voluntarios de Salsipuedes

Las distintas asociaciones y federaciones de bomberos de Argentina pertenecen al Consejo Nacional de Bomberos Voluntarios de la República Argentina que tiene como algunos de sus objetivos más importantes:

- Asesorar y afiliar a las Federaciones de Asociaciones de Bomberos Voluntarios de la República Argentina
- Prestar colaboración con las autoridades nacionales en todo lo relacionado a la prevención y lucha contra el siniestro
- Organizar, conformar, mantener y financiar de manera permanente el funcionamiento de comisiones técnicas destinadas al estudio de temas específicos del Sistema Bomberil Voluntario Nacional
- Cumplir y hacer cumplir los extremos de la Ley Nacional Nro. 25.054

A su vez nuestra institución se encuentra integrada en torno a la Federación de Bomberos de la Provincia de Córdoba, que agrupa a los 156 cuerpos de bomberos voluntarios de toda la provincia. Esta Federación va a tener como meta primordial el perfeccionamiento técnico, organizativo, estructural y humano de su patrimonio, a través del asesoramiento a las autoridades para la prevención y lucha contra todo tipo de siniestros. La federación y todas sus asociaciones de bomberos voluntarios van a estar regidos por la ley provincial N° 8058, que va a definir en sus artículos las atribuciones, responsabilidades y organización de todos los cuerpos de bomberos de la Provincia de Córdoba (basada en las leyes nacionales), entre las cuales podemos destacar aquellas que reflejan la misión de estos:

- Artículo 1 °) - las actividades de los Bomberos Voluntarios de la provincia de Córdoba es gratuita y constituyen un servicio publico

- Artículo 2 °) - Es misión de las instituciones de Bomberos Voluntarios la prevención y auxilio en caso de incendios, accidentes y otro desastre o siniestro de cualquier origen, debiendo actuar sin requerimiento de autoridad en el ámbito de su jurisdicción. Las autoridades públicas podrán requerir la intervención en emergencias en cuyo caso serán irrelevantes las jurisdicciones. Es también misión del Bombero Voluntario brindar asesoramiento para el control de medidas de seguridad en obras públicas y privadas a solicitud de la autoridad competente. Los Bomberos Voluntarios no podrán intervenir en acciones de carácter represivo

Esta reglamentación estructura el estatuto de la institución en el cual se realizó la Práctica Profesional Supervisada (PPS): La Asociación de Bomberos de Salsipuedes. La misma se encuentra dentro de la regional N° 12, siendo la institución 129 de la Provincia de Córdoba.

La Asociación de Bomberos de Salsipuedes se constituyó el 11 de mayo de 1999 y definió en su estatuto las siguientes finalidades:

- Organizar un Cuerpo de Bomberos Voluntarios y Especialidades, tales como sanidad, orden, transporte, reacondicionamiento, tareas de educación y prevención, cuerpos auxiliares, etc.; llamado Cuerpo Activo.
- Colaborar con organismos específicos en la prevención de incendios, lucha contra el fuego, accidentes y catástrofes, prestando especial colaboración con la Junta Municipal de Defensa Civil.
- Prestar servicios en forma desinteresada movidos sólo por el espíritu de solidaridad.
- Desarrollar un programa de educación civil, divulgación de los peligros que puedan preverse y las medidas elementales de autoprotección, como también difundir las acciones que lleve adelante la Asociación y en forma particular el Cuerpo de Bomberos Voluntarios.
- El mantenimiento y la capacitación permanente de los miembros del Cuerpo Activo.

A su vez la Asociación está dirigida, representada y administrada por una Comisión Directiva compuesta por 10 miembros titulares y 4 suplentes. Los miembros titulares son el Presidente, Vicepresidente, Secretario, Prosecretario, Tesorero, Protesorero, y cuatro vocales titulares. Y los suplentes son cuatro vocales. Estos directivos son elegidos mediante la votación de sus socios, por un periodo de dos años. Es requisito para formar parte de ese comité el haber sido miembros del cuerpo activo de bomberos.

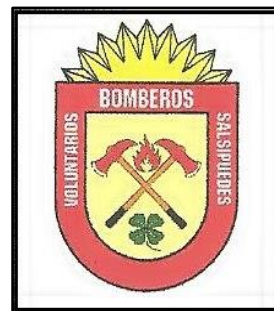


Ilustración 3: Escudo oficial de la Asociación de Bomberos de Salsipuedes. Fuente: Pagina Web Oficial.

El Cuerpo Activo de Bomberos va a estar conformado por aquellos voluntarios, que cumplan los requisitos establecidos por el estatuto de la asociación, y no van a poder ser parte de este cuerpo aquellos que sean integrantes de la comisión directiva. El mantenimiento y conformación de esta asociación se va a completar con el aporte de los socios, que se van a dividir en: activos, bomberos, honorarios y protectores. Esta clasificación definirá la calidad del socio en sus atribuciones, entre aquellos que tengan voz y/o voto en las asambleas y aquellos que puedan formar parte de la comisión directiva.

También es importante mencionar la participación de la Municipalidad de Salsipuedes junto con Defensa Civil del municipio, en la participación de este proyecto. El municipio fue un actor importante en el aporte de información catastral junto con la experiencia de muchos de sus empleados. Los resultados de este proyecto fueron compartidos con ambas instituciones, en pos de una mayor influencia de los productos generados en la gestión pública del riesgo de incendios.

QUINTO CAPÍTULO: OBJETIVOS Y DISEÑO METODOLÓGICO

Objetivos generales y específicos

Como objetivo de orden general nos planteamos elaborar un modelo cartográfico de riesgo de incendios forestales/interfase para la localidad de Salsipuedes, a través de la experiencia de práctica profesional supervisada en la Asociación de Bomberos Voluntarios de dicha localidad. A su vez para la concreción del mismo, nos propusimos la realización de los siguientes objetivos específicos:

- Generar un mapa de riesgo de ignición (RI) de incendios forestales/interfase.
- Generar un mapa de riesgo de propagación (RP) de incendios forestales/interfase.
- Elaborar un mapa de los incendios históricos de Salsipuedes e integrar el mapa de riesgo previamente generado al Proyecto de Mapas Dinámicos de Riesgos Múltiples de Salsipuedes.
- Realizar una evaluación y análisis del desarrollo potencial de incendios en el área de Salsipuedes en base a la cartografía generada.
- Capacitar al personal correspondiente de la Asociación de Bomberos de Salsipuedes en el manejo y actualización del mapa de riesgo de incendios.

Estrategias metodológicas

Según Buzai (2015) la geografía presenta hoy una renovada tradición cuantitativa, a través del uso de los sistemas de información geográfica (SIGs), la teledetección y los aportes de la teoría de los sistemas complejos, cuyo objetivo es encontrar aquellos aspectos generalizables que pueden ser aplicados a diferentes sistemas en distintas temáticas y escalas.

Es por ello que podemos decir que el presente trabajo toma ciertos aspectos de lo que hoy se conoce como geografía aplicada, ya que nos basamos en el análisis espacial cuantitativo del objeto de estudio a partir del uso de los SIGs, con una focalización fuertemente empírica.

Aquí se van a tomar técnicas y métodos de las ciencias biológicas, exactas y sociales entre otras, que van desde la sistematización y clasificación de especies y la utilización de modelos matemáticos hasta el uso de entrevistas semi-estructuradas, observaciones de campo y las posteriores propuestas de ordenamiento territorial. Esta mixtura de técnicas y métodos, se apoyan sobre una metodología de carácter empírico y sistemático, como lo es la: Evaluación Multicriterio (EMC). La EMC es una metodología de aplicación variable e interdisciplinaria, que se entiende como:

“Un conjunto de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, que sirven de soporte a los entes decisorios para describir, seleccionar, evaluar, jerarquizar o rechazar objetos, sobre la base de una evaluación (expresada en puntuación, valores, o intensidades de preferencia), de acuerdo a varios criterios seleccionados en apoyo a la toma de decisiones” (Barredo, 1996; En: Abarca y Quiroz, 2005:4)

En este sentido, la Evaluación Multicriterio es una técnica que permite evaluar factores de afectación de incendios (criterios) aplicando para cada uno una valoración objetiva (mediciones de campo) o subjetiva (percepciones, observaciones o teorías). La ventaja de los métodos de EMC es que facilitan los procesos participativos y ayudan en la toma de decisiones en presencia de conflictos. Por ello es que resulta importante el trabajo previo de definición de las variables (criterios) que se van a tomar en cuenta para la definición del modelo que se quiera aplicar. En el caso nuestro, se llevó a cabo una extensa búsqueda documental y una serie de entrevistas para poder determinar de la manera más aproximada posible que factores son los que inciden en la generación de los incendios de forma general y buscar esas particularidades para nuestra área de estudio. Además la EMC se suele combinar con otra técnica de carácter empírico, proveniente del área de la psicología y la economía, como lo es el Proceso Analítico Jerárquico, *Analytic Hierarchy Process* (AHP) desarrollado por Thomas Saaty (1978), esta *“permite trasladar la realidad percibida por el individuo a una escala de razón en la que se reflejan las prioridades relativas de los elementos considerados”* (Moreno-Jimenez et al, 1998:5). El AHP nos va a servir como herramienta para ponderar las variables o criterios seleccionados, ya que entendemos que cada uno posee un peso diferente en cuanto a la concepción de la potencialidad de riesgo que se le asignaron a cada uno.

A partir de esta base, se construyó el modelo cartográfico de riesgo de incendios, el cual no pretende la muestra de pruebas irrefutables acerca de una problemática que lejos está de agotarse en cuanto a su investigación, ya que solo representa una visión parcial de la realidad concebida por el autor en pos de generar materiales y recursos de ayuda para las instituciones correspondientes y las comunidades locales en el combate contra la problemática de los incendios.

El modelo cartográfico de riesgo de incendios utilizado para el presente trabajo es a su vez una adaptación y simplificación basada en los trabajos de Blas Morato y Nieto Masot (2008), Chuvieco (2008 y 1998) Abarca y Quiroz (2005) y Jaiwal et al (2002). Tal como hemos dicho anteriormente utilizando la Evaluación Multicriterio, nos dispusimos a elaborar y superponer diferentes capas de información (shapes), a un sistema de información geográfico (SIG), cuyos objetivos fueron la elaboración de los mapas de “Riesgo de Ignición”(RI) y “Riesgo de Propagación” (RP) de incendios. Mapas que luego fueron complementados para la elaboración del “Mapa de Riesgo de Incendios de Salsipuedes”.

A cada uno de estos objetivos se los estructuro en diferentes capas criterios (llamamos así a cada capa de información necesaria para la elaboración de cada mapa) que además fueron reclasificadas con los valores asignados, en función del tipo asociado de riesgo: bajo, moderado, alto y muy alto, con su correspondiente codificación para un posible manejo matemático de los datos (tabla 1).

Tabla 1: Esquema de valores de riesgo utilizados para cada capa criterio

Riesgo de Incendio	Codificación
Muy Alto	4
Alto	3
Moderado	2
Bajo	1
Nulo	0 (Null)

Posteriormente las capas criterios ya finalizadas y clasificadas según el riesgo de cada una, fueron ponderadas mediante la metodología de Evaluación de Jerarquías Analíticas (AHP) antes descriptas y utilizada en los trabajos de Blas Morato y Nieto Massot (2008) y Abarca y Quiroz

(2005). En este paso, se realizó la consulta a especialistas en incendios tanto de la comunidad científica, como de la comunidad local, tales como: representantes de la comunidad académica, personal de Defensa Civil Provincial, personal del Plan del Manejo del Fuego (PMF) y a los Bomberos Voluntarios de Salsipuedes, entre otros. Además se utilizó la siguiente escala de valores estándar para esta metodología de ponderación:

Tabla 2: Tabla de valores para criterios de ponderación

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo
3	Dominancia débil	La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro
5	Fuerte dominancia	La experiencia manifiesta que existe una fuerte dominancia de un elemento sobre otro
7	Demostrada dominancia	La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada
9	Absoluta dominancia	Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro
2,4,6,8	Valores intermedios	Son valores intermedios de decisión

Fuente: García et al 2006:109, en base a Saaty (1998).

Luego de ponderadas estas variables, se utilizó una matriz de comparación por pares de criterios, construida a partir de una base de datos Excel, que fue utilizada para saber el algoritmo de ponderación en base a las consultas realizadas y el radio de consistencia (CR). El radio de consistencia es una función que se calculó a partir de valores previamente calculados tales como: algoritmos de ponderación, medición de consistencia, índice de consistencia y el índice aleatorio (este último es un valor estándar que va a corresponder según el número de variables utilizadas). El radio de consistencia a su vez nos permite saber si nuestra ponderación posee un criterio

razonable en cuanto a las comparaciones y se entiende que este no debe ser mayor a 0.1 (Saaty 1998, En: García et al 2006). Posteriormente luego de conocer cada algoritmo de ponderación y ser respaldado por el radio de consistencia se procedió a utilizar la herramienta “Calculadora Raster” del SIG, generando un mapa de riesgo para cada objetivo. Este se obtiene a partir de la suma del valor de cada pixel, que a su vez depende de la clasificación antes asignada en cada capa (1-4) y de la multiplicación de cada uno de estos valores por el algoritmo de ponderación calculado. Así el SIG suma mediante pixeles superpuestos a todas las capas en consideración, otorgándonos como resultado el mapa ya finalizado.

Técnicas, herramientas de recolección y procesamiento de los datos

Entre las técnicas de recolección de datos más utilizadas en este trabajo se destacan: la observación y la toma de fotos en campo para identificar clases vegetales y material combustible, entrevistas semi-estructuradas y abiertas para identificar las variables a construir y para ponderarlas una vez hechas, la búsqueda y descarga de imágenes satelitales LANDSAT 8 OLI y ASTER GLOBAL DEM del servidor de imágenes del Servicio Geológico de los Estados Unidos (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), búsqueda de información vectorial de capas urbanas (calles, amanzanamientos, radio de influencia) proporcionada por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes, fotos e información sobre la vegetación e incendios acontecidos en Sierras Chicas proporcionadas por el Biol. Juan Pablo Argarañaz. Por ultimo destacamos toda la información otorgada por la Asociación de Bomberos de Salsipuedes, en cuanto a los antecedentes de incendios en la localidad y zonas aledañas. Para la identificación de ciertas variables también fue importante la visualización del historial de imágenes satelitales del servidor Google Earth (2015) de la compañía Google inc.

Entre las herramientas y técnicas de procesamiento de la información, resaltamos la utilización del Sistemas de Información Geográfica QGIS versión 2.10 PISA⁵. El mismo resultado

⁵ QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License-, cuya distribución es gratuita y soporta múltiples formatos y funcionalidad de vector, datos raster y base

de apoyo para toda la interpretación de la información vectorial suministrada, generación de bases de datos, procesamiento de los datos raster (imágenes satelitales), generación de nueva información vectorial y cálculos raster en la producción de los mapas finales. Para la generación de los índices de vegetación, se utilizó el software libre de geoprociamiento “SOPI versión 2.6.1”, desarrollado por la CONAE. Por ultimo para la presentación de la información y generación de gráficos se utilizaron las herramientas del Paquete Office 2013 y del software libre Inkscape versión 0.48.

A continuación se resumirán las fuentes de información para cada variable y capa elaborada:

Tabla 3: Variables de riesgo y fuentes utilizadas

Tipo de Riesgo	Tipo de Factor	Variables/Resolución Espacial y Temporal	Fuentes
IGNICIÓN	Humanos	Distancia de carreteras <i>(Radio pretendido/2015)</i>	Capa vectorial construida a partir de vectores de calles y rutas provistos por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes.
		Distancia de centros urbanos <i>(Radio pretendido/2015)</i>	Capa vectorial construida a partir de la interpretación visual de imágenes de centros urbanos en Salsipuedes en Google Earth y observaciones en campo.
		Presencia de basurales <i>(Radio oficial/2015)</i>	Capa vectorial construida a partir de la interpretación visual de imágenes de basurales en Salsipuedes mediante Google Earth y observaciones en campo.

de datos. Al comienzo de este trabajo se utilizó la versión 2.8 con salida a mediados del año 2014 para luego ser reemplazada por la versión 2.10 con la salida a comienzo del presente año (2015).

	Biológicos	Coberturas combustibles de suelo (Radio pretendido/Periodo mayo a octubre 2013-2015)	Elaboración propia de capas raster utilizando índices NDVI de imágenes LANDSAT OLI (mayo a noviembre 2013-2015) de METI y NASA, información documental (Gravier, 2012 y Argarañaz et al, 2015) e interpretación visual a partir de fotos tomadas en campo (2015).
	Topográficos	Orientación de laderas (Radio pretendido/2003)	Capa raster derivada de DEM ASTER GLOBAL de METI y NASA (2003). Incluye 8 clases: N, NE, E, SE, S, SO, O, NO.
PROPAGACIÓN	Humanos	Cortafuegos: Carreteras (Radio pretendido/2015)	Capa vectorial construida a partir de vectores de calles y rutas provistos la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes.
	Biológicos	Coberturas combustibles de suelo (Radio pretendido/Periodo mayo a octubre 2013-2015)	Elaboración propia de capas raster utilizando índices NDVI de imágenes LANDSAT OLI (mayo a noviembre 2013-2015) de METI y NASA, información documental (Gravier, 2012 y Argarañaz et al, 2015) e interpretación visual a partir de fotos tomadas en campo (2015).
		Cortafuegos: Hidrografía (Radio pretendido/2015)	Capa vectorial de cauces obtenidos del servidor SIG250 del IGN (2013) y actualizados mediante interpretación visual de imágenes Google Earth (2015) y observaciones en campo.

	Topográficos	Pendiente <i>(Radio pretendido/2003)</i>	Capa raster derivada de DEM ASTER GLOBAL de METI y NASA (2003). Valores en porcentajes (0 a 100%)
--	--------------	---	--

SEXTO CAPITULO: DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE RIESGO

Estructura del modelo de incendios

Para la elaboración de cada capa criterio, primero se llevó a cabo una búsqueda de antecedentes y una serie de entrevistas para tener en cuenta que información era necesaria para cumplimentar con el objetivo de elaborar un mapa que graficara el riesgo de ignición de incendios y otro para el riesgo de propagación y que sea representativo del área de estudio correspondiente a la localidad de Salsipuedes. Aquí utilizamos como fuentes los trabajos de Argarañaz (2014;2015) para determinar cuáles eran las variables tanto topográficas, humanas, climáticas y de vegetación que había que tomar en consideración para esta zona de las Sierras de Córdoba y el trabajo de Jaiswal et al (2012) “*Forest fire risk zona mapping from satellite imagery and GIS*”, ya que pese a haberse llevado a cabo en un contexto geográfico diferente, utilizaron una metodología similar de solapamiento de capas en un SIG, detallando cada paso hasta la construcción de su mapa de riesgo de incendios. También fue importante la bibliografía y datos estadísticos de la Secretaria de Gestión de Riesgos del Gobierno de la Provincia de Córdoba, que tiene a cargo el Plan de Manejo del Fuego, encargado de elaborar los informes anuales y diarios sobre la situación de riesgo en toda la provincia.

Es por ello, que luego de revisar estos y otros antecedentes y de realizar algunas entrevistas a especialistas en el área, tales como biólogos, ingenieros, geógrafos, personal de bomberos y defensa civil, se pudo determinar cuáles eran las variables más importantes para la construcción de un mapa de riesgo de incendios de la localidad de Salsipuedes, detalladas en la tabla 2⁶. Por

⁶ Dentro de las variables antes consideradas de importancia, se encontraban las climáticas, tales como: dirección y velocidad de los vientos, temperaturas, humedad atmosférica, días consecutivos de sequías. Estas mismas no van a ser tenidas en cuentas para el modelo confeccionado por las siguiente razones: disponibilidad de información, ya que el acceso a las variables climáticas de manera precisa y actualizada es limitado por el costo económico (la recolección de datos es privada en la zona) y geográfico, ya que al tener como área de estudio el radio de una localidad, y no una región, no se justifica la toma de datos climáticos diarios, ya que muchos de estos datos son muy similares a toda la microrregión de Sierras Chicas y centro-norte de la Provincia de Córdoba. A su vez para

último y como parte de los objetivos previamente planteados, se llevó a cabo el mapa de incendios históricos de Salsipuedes en base a la información recolectada, que sirvió de base para la realización de los posteriores mapas de riesgo de incendios.

Diseño del mapa de registro de incendios

El registro o antecedentes de incendios hace referencia a la georreferenciación y cartografía de todo aquel incendio registrado dentro del radio pretendido de Salsipuedes, entre los años 2007-2015. La información para llevar a cabo esta capa fue recolectada en la sede de la Asociación de Bomberos Voluntarios de dicha localidad en base a registros obligatorios de todo los sucesos acontecidos y respondidos por la institución. En los mismos se encontraban datos sobre: tipo de incendio (forestal, interface o urbano), número de planilla, fecha del acontecimiento, tiempo de acción (minutos), dirección aproximada (con indicación de calles si se encontraban dentro del área urbana o en caso contrario con alguna referencia), área o superficie del incendio y la descripción u observaciones del hecho (en la cual muchas veces figuraban los datos anteriores). Estos datos fueron cartografiados y georreferenciados, con la ayuda y consulta del personal de bomberos y de la Municipal de Salsipuedes. Para la cartografía se utilizó el SIG al cual se le añadieron los datos de las superficies y se cargaron todos aquellos incendios forestales e interfase entre los años 2007-2014. Estos datos provinieron del trabajo “Fire regime, climate and vegetation in the Sierras de Córdoba, Argentina “de Argarañaz et al (2015).

A partir de esta información se elaboró el mapa de incendios de Salsipuedes dividido entre aquellos incendios en el cual se representa la superficie afectada para el periodo 2007-2014 (ver anexo III) y aquellos fuegos representados por su ubicación y cantidad (sin la superficie por no contar con estos datos) para el periodo 2011-2014. Debido a que a la fecha de este trabajo nos encontrábamos en el transcurso del año 2015, y que en el mismo año prácticamente no se han registrado incendios de considerable magnitud, es que no hay incendios cartografiados para el

suplir ese déficit de información, se pensó en complementar los resultados de este trabajo con las alertas de incendios que emite la Provincia de Córdoba, que se basan en variables meteorológicas.

presente año. Así como también se puede ver que para ciertas fechas se repiten los datos obtenidos para los años 2011, 2013 y 2014, entendiéndolos como complemento entre cada uno, por las distintas fuentes consideradas. Este mapa nos sirvió como base para la construcción y validación de los siguientes mapas de riesgo de incendios, ya que la coherencia de los resultados, en cierta forma debía coincidir con la frecuencia, ubicación y tamaño de los incendios acontecidos en los últimos años.

Diseño del mapa de riesgo de ignición

El riesgo de ignición es aquel potencial de inicio de un incendio y los principales factores considerados en los modelos de riesgo de ignición son según Sarandon et al ,1992 (En: Abarca y Quiroz, 2005:4): la vegetación, la topografía (elevación, pendiente, orientación de las laderas), los antecedentes de ocurrencia, los factores meteorológicos, proximidad a carreteras, caminos, senderos, áreas urbanas y sitios turísticos. A su vez Jaiswal et al (2002) toma como principales variables para su modelo: el tipo de vegetación, urbanizaciones (distancias de centros urbanos), carreteras (distancias de todo tipo de caminos) y pendientes. Argarañaz et al (2015) considera en adición a las anteriores variables, las distancias sobre los basurales, la densidad poblacional por área y la densidad poblacional en hogares. Entre las variables topográficas considera la altitud (msnm), pendiente (grados), orientación de laderas y la radiación solar (WH/m^2) y por último las variables biológicas como las clases de cobertura de los suelos, y diferentes clases de índices de variación fotosintética (NDVI).

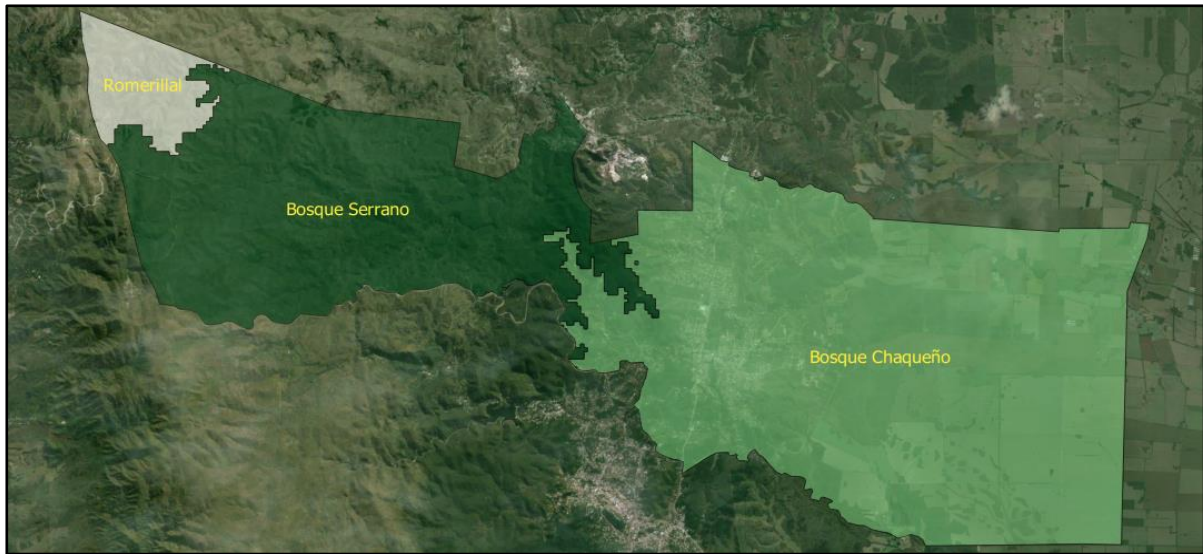
Para la elaboración de nuestro objetivo: “generación del mapa de riesgo de ignición de incendios de Salsipuedes” hemos considerado por medio de la consulta a especialistas y la información disponible a las siguientes variables como nuestras capas criterio: clases de cobertura de suelo (variable biológica), distancias a carreteras, centros urbanos y presencia de basurales (variables humanas) y la orientación de las laderas (variable topográfica). Siguientemente se detallaran las tareas y fundamentaciones correspondientes en la realización de cada una de estas capas criterio:

➤ Variables Biológicas

Coberturas de combustibles

Una de las variables más importantes y sin duda determinantes, tanto en el potencial de inicio de un incendio, como en la propagación, es el tipo de cobertura de suelo presente en el área para el periodo de tiempo analizado. Cuando hablamos de cobertura de suelo, hacemos referencia al tipo de vegetación observada, que funciona como material combustible para la generación de los incendios. Para identificar las diferentes clases de cobertura, hemos utilizado una variada serie de técnicas de relevamiento y procesamiento de información, desde la identificación en campo hasta el uso de índices biológicos a partir de imágenes satelitales. Como capa base de información hemos utilizado la clasificación de coberturas vegetales por pisos altitudinales (figura 2 y tabla 4). Esta se basa en la relación entre la información bibliográfica recolectada sobre los distintos pisos de vegetación presente en la zona (Luti et al., 1979 y Zak et al., 2004; En: Gavier, 2004:6), mapas de elevación digital (DEM), con una resolución aproximada de 90 m y capas vectoriales de uso de la tierra del Instituto Geográfico Nacional. En este mapa de vegetación utilizado se encuentran tres clases de vegetación por pisos altitudinales: Romerillal (1400-1700m), Bosque Serrano (900-1400m) y Bosque Chaqueño (900-200m). A menor altura ya se considera pastizal de llanura, aunque las alturas que utilizamos y que se encuentran dentro del radio de Salsipuedes van desde un mínimo de 584m al este sobre el área de cultivos y un máximo de 1445m sobre la divisoria de aguas del cordón montañoso de las Sierras Chicas.

Figura 2: Vegetación por pisos altitudinales de Salsipuedes



Fuente: Elaboración propia en base a trabajos de Quiroga (2015 y Gavier (2004). Escala: 1:120000. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de referencia: POSGAR 94. Fecha de elaboración: Octubre, 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Esta información sirvió, para entender de cierta manera el tipo de vegetación autóctona presente en el área, pensado para el caso en que nunca hubiera sido modificado por el hombre, y para comprender que especies serían las dominantes en aquellas zonas que no han sido modificadas de gran manera. A partir del trabajo “*Caracterización florística y estructural del Bosque Chaqueño Serrano (Córdoba) en relación a gradientes ambientales y de uso*” de la Biol. Melisa Giorgis (2011), se puede discutir el uso de esta clasificación por pisos altitudinales, hoy puesta en discusión, debido a la no correspondencia estricta de las clases vegetales en campo. Lo que se considera existente hoy es una mixtura entre las distintas clases vegetales, con algunas correspondencias por altura, como los pastizales y los bosques serranos. Es por ello que a partir de este razonamiento se hizo una reclasificación de estos datos, en busca de una mayor precisión posible, por medio de la discriminación en campo y con imágenes satelitales de las especies correspondientes a las clases vegetales utilizadas (tabla 4), y así de esta manera ir modificando el mapa base inicial. A su vez se fue identificando la vegetación exótica y los otros tipos de coberturas de suelo, tales como: centros urbanos, industrias, actividad minera o suelos cultivados. Vale aclarar que todo tipo de cobertura de suelo no perteneciente a suelo vegetal dispone de un valor nulo, ya que esa clase de información será analizada en las siguientes capas criterio, añadiendo que aquí lo que estamos queriendo identificar es la presencia de combustibles vegetales que potencien el inicio o propagación de un incendio, mientras que cualquier suelo

ocupado por infraestructuras urbanas actuaría como cortafuego ante el avance de un incendio (esta variable será tomada en cuenta en el mapa de riesgo de propagación de incendios). En la siguiente tabla se puede observar la clasificación de tipos de vegetación utilizada, con la correspondiente variable altitudinal modificada y las especies predominantes y presentes en el área de análisis:

Tabla 4: Clasificación por pisos altitudinales modificada

Tipos de Vegetación	Alturas Promedio	Especies predominantes
Bosque Secundario de Llanura Pedemontana	Debajo de los 750 msnm	<i>Aspidosperma Quebracho Blanco, Acacia Caven (Espinillo), Acacia Athamentaria (Aromo), Acacia Praecox (Garabato)</i>
Bosque Serrano	700-1150 msnm	<i>Lithraea Ternifolia (Molle), Fagarra Coco (Coco), Heterotalamus Alienus (Romerillo), Eupatorium Buniifolium (Chilca), Salvia Spp.</i>
Pastizal	Superior a 1100 msnm	<i>Festuca Hieronymi, Stipa Tenuissima, Stipa Trichotomia, Paspalum Dilatatum, P. Notatum</i>

Fuente: Luti et al. 1979; Estrabou, 1983; Cabido y Zak, 1999; En: Gavier (2004):6.

En esta clasificación se puede observar la presencia del pastizal como clase vegetal y la exclusión del tipo romerillal, aunque algunas de sus especies son similares. A partir de la información recogida, se determinó que esta clasificación era la que mejor representaba el área superior a los 1100 msnm. Luego de esta primera reclasificación se llevó a cabo un análisis de imágenes satelitales de la plataforma Google Earth, para poder identificar los suelos cultivados

y las distintas infraestructuras urbanas (residencias, industrias, carreteras). En segunda instancia se llevó a cabo la utilización del índice de vegetación con diferencia normalizada, NDVI (Tucker 1979) de una serie de imágenes LANDSAT 8 OLI de los años 2013-2015, pertenecientes a los meses de junio a octubre, correspondientes con la estación de riesgo de incendios para el área analizada. El índice NDVI “*Evalúa simultáneamente la respuesta fotosintética y la estructura celular de la vegetación, generando una buena estimación de variables cuantitativas como la cobertura vegetal, la productividad primaria neta o el índice del área foliar*” (Chuvieco, 1995:318). Sus valores están normalizados entre -1 y 1. Son diversos los trabajos que utilizan este índice y que están relacionados con los incendios. En Blas Morato y Nieto Massot (2008), se lo utiliza para medir la humedad de la vegetación usando imágenes SPOT y MODIS, en Argarañaz et al (2015), se lo utiliza para medir la productividad primaria y la disponibilidad de combustibles utilizando imágenes MODIS. En Chuvieco (2007) es utilizado para medir las áreas quemadas en conjunto con otros índices. En Gavier et al (2012) se lo utiliza a través de una serie de técnicas de teledetección para monitorear e identificar la invasión y expansión de la especie invasora *Ligustrum Lucidum* (también llamado “siempre verde”) en la región de Sierras Chicas.

Para nuestro caso particular, hemos utilizado el índice NDVI para discriminar esta especie exótica característica de las Sierras Chicas y muy presente entre las localidades de Unquillo, Río Ceballos y Salsipuedes (Hoyos, 2007; Gavier et al, 2012) tal como se puede ver en la siguiente ilustración extraída del trabajo de Gavier et al (2012):

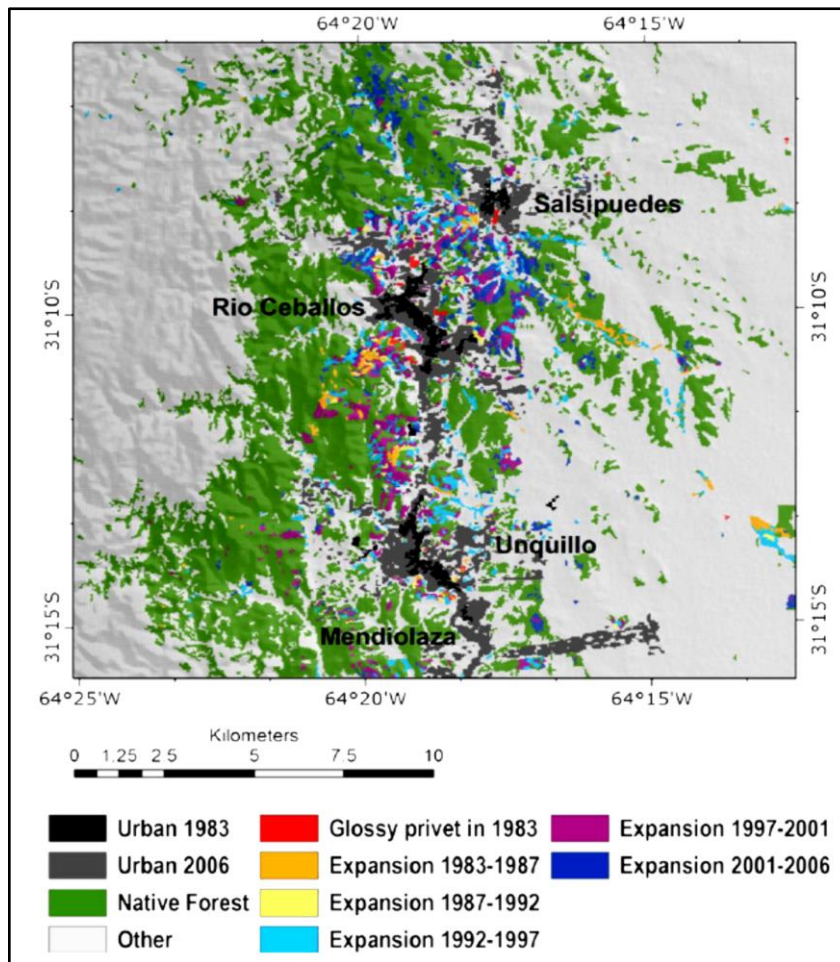


Ilustración 4: Invasión y expansión del siempre verde (glossy privet) en Sierras Chicas entre 1983-2006. Fuente: Gavier et al (2012)

Por medio de este índice, podemos observar como la vegetación exótica es más densa y cerrada, al poseer una mayor absorción del espectro visible y una alta reflectividad en el cercano infrarrojo y en consecuencia un alto valor NDVI (Hoyos et al, 2010; En: Gavier, 2012:137). Así de esta manera por medio de una clasificación supervisada elaborada mediante la herramienta de índices del software SOPI 2.6.1 y la herramienta “calculadora raster” del SIG QGIS 2.10, se realizaron los índices NDVI, utilizando imágenes satelitales en reflectancia. Se emplearon imágenes LANDSAT 8 OLI, debido a la buena disponibilidad, accesibilidad y periodicidad que nos permitió descargar imágenes actualizadas mensuales desde los años 2013 en adelante. Es así que pudimos analizar más detalladamente la reflectancia del índice fotosintético de la vegetación del área analizada y de esa manera poder identificar que clases vegetales eran potencialmente nativas y cuales eran exóticas (mayoritariamente Siempre Verde).

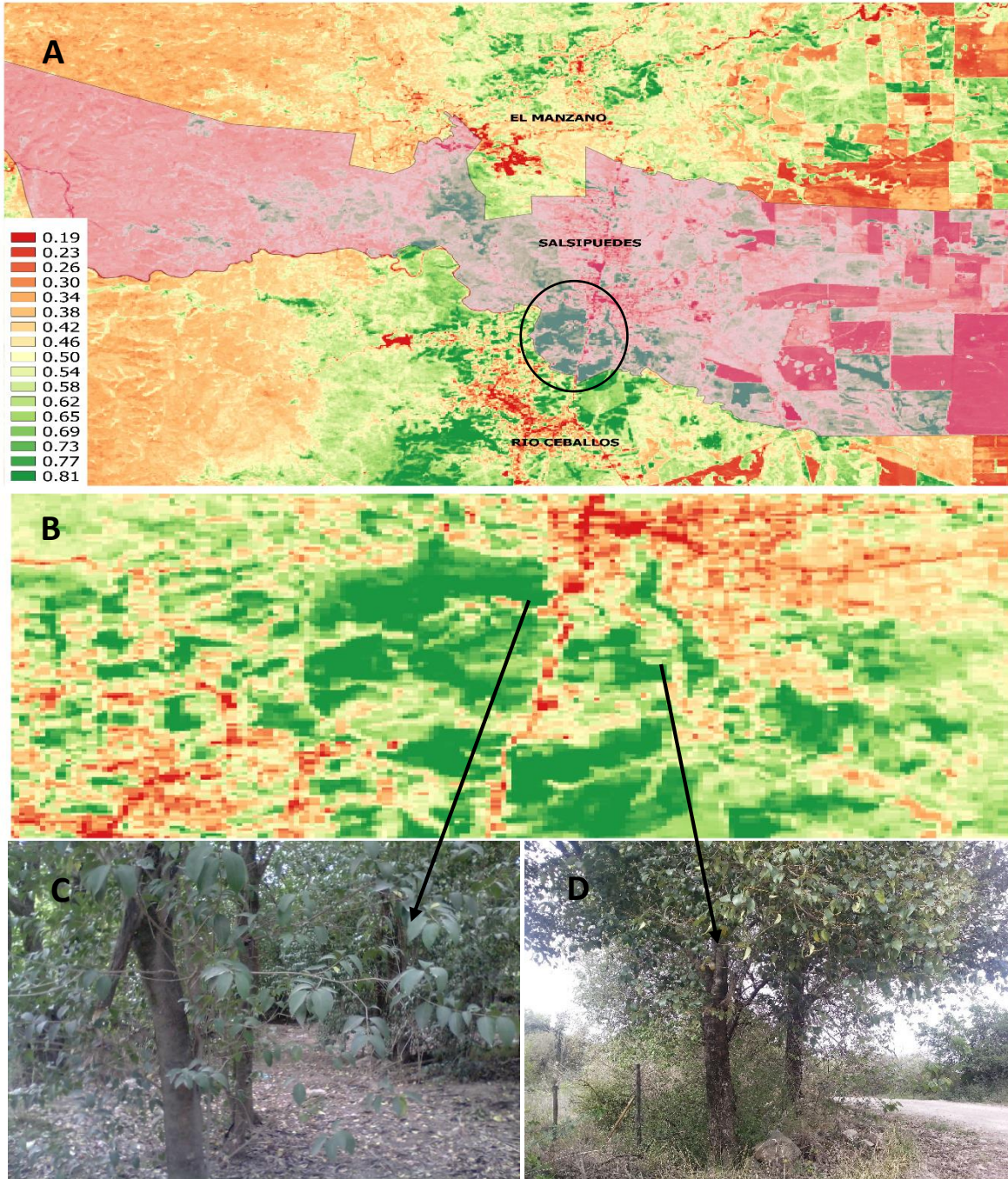
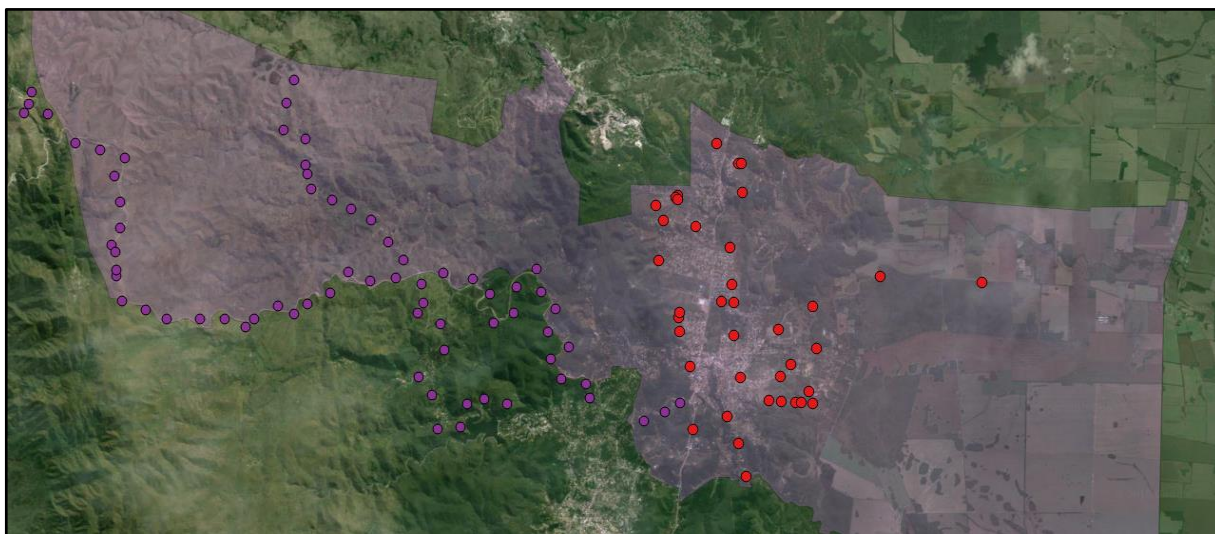


Ilustración 5: Utilización de imágenes LANDSAT 8 OLI para la identificación de especies exóticas (*Ligustrum Lucidum*) por medio de índice NDVI. Gavier et al (2012). A) NDVI de imagen LANDSAT 8, 09-15, Escala 1:90000. B) Imagen ampliada de área afectada por especie *Ligustrum Lucidum* (Siempre Verde), en tonos verdes oscuros (0,73-0,81). C y D) Fotos tomadas en las áreas indicadas correspondientes a la especie *Ligustrum Lucidum* (Siempre Verde). Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10.

En la ilustración anterior se puede observar que la vegetación exótica posee un valor NDVI más próximo al valor 1 (valor máximo), superiores a los 0,73. Mientras que la vegetación nativa de bosque chaqueño presente en el área presenta unos valores aproximados entre los 0,50 y 0,69. Si a estos valores los discriminamos mediante una escala de colores estándar “Red-Green”, facilitamos la identificación visual de estas diferencias, en donde los verdes más oscuros corresponden a la vegetación exótica, y los verdes más claros a la vegetación nativa de tipo chaqueño y serrano, mientras que los naranjas y rojos, corresponden a vegetaciones de tipo pastizales y suelos desnudos respectivamente. Para certificar las apreciaciones anteriores se relevaron áreas de entrenamiento, con el fin de completar la clasificación supervisada. Es por ello que se relevaron unos 38 puntos sobre el radio oficial de Salsipuedes (áreas de interfase) para el periodo de incendios 2015 y se utilizó como referencia 73 puntos tomados por el Biol. Juan Pablo Argarañaz y colaboradores para el periodo de incendios 2013.

Figura 3: Puntos de relevamiento para la identificación de la vegetación



Fuente: En rojo se representan los puntos tomados durante la temporada de incendios 2015 y en violeta aquellos tomados por el Biol. Juan Pablo Argarañaz y colaboradores durante la temporada de incendios 2013. Software: Qgis 2.10. Escala: 1:100000. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de referencia: POSGAR 94 Fecha de elaboración: Septiembre, 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

La elección de los puntos estratégicos a relevar se hizo en base a los datos obtenidos de los registros de incendios ocurridos durante la última década, entendiendo a esas zonas como potenciales de riesgo de incendios y de gran valor en la clasificación de las coberturas combustibles de suelo. Las imágenes tomadas pueden verse en el Anexo II, clasificadas de acuerdo al tipo de vegetación y su ubicación aproximada en el radio de Salsipuedes. Luego de

relevados los puntos y de haber procesado esa información, se elaboró el mapa de coberturas de suelo con la siguiente clasificación:

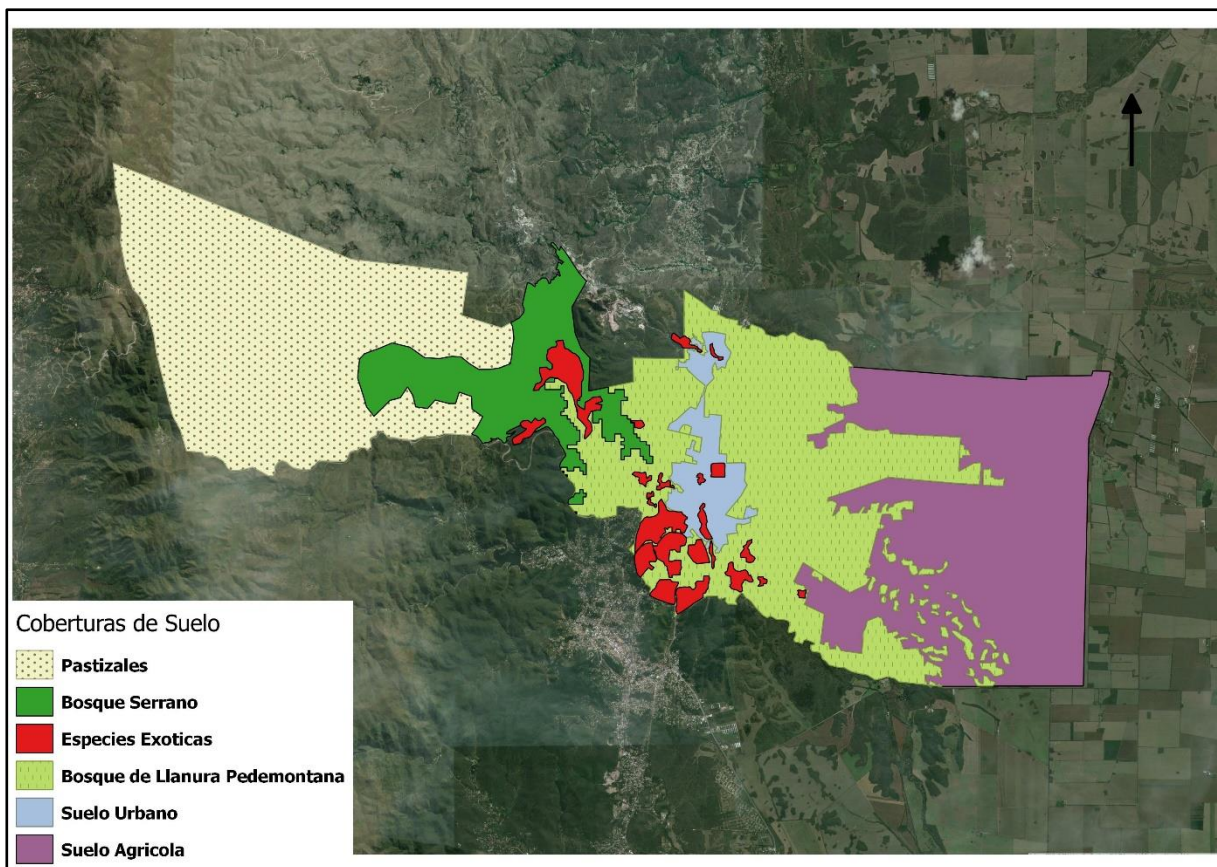
Tabla 5: Clasificación de tipos de coberturas de suelo

Tipo de cobertura de suelo	Altura promedio (msnm)	Especies vegetales predominantes observadas
Suelo Agrícola	575-700	<i>Cultivos de soja y sorgo con parches de Bosque Nativo</i>
Bosque de llanura pedemontana (chaqueño)	600-900	<i>Aspidosperma Quebracho Blanco, Acacia Caven (Espinillo), Acacia athamentaria (Aromo), Acacia Praecox (Garabato)</i>
Suelo Urbano	700-800	---
Especies Exóticas	700-950	<i>Ligustrum Lucidum (siempre verde)</i>
Bosque Serrano	850-1100	<i>Lithraea Ternifolia (Molle), Fagarra Coco (Coco), Heterotalamus Alienus (Romerillo), Eupatorium Buniifolium (Chilca), Salvia Spp.</i>
Pastizal	1000-1700	<i>Gramineas: Festuca hieronymi, Stipa Tenuissima, Stipa Trichotomia, Paspalum Dilatatum, P. Notatum</i>

Fuente: Elaboración propia en base a relevamientos y fuentes consultadas (Luti et al. 1979; Estrabou, 1983; Cabido y Zak, 1999; En: Gavier, 2004:6).

En la tabla anterior se puede observar la clasificación final del tipo de coberturas de suelo en base al proceso de relevamiento y procesamiento de la información antes descrito y a partir del cual se elaboró la información siguiente de “coberturas de suelo o combustibles”:

Figura 4: Coberturas de suelo de Salsipuedes



Fuente: Elaboración propia. Escala 1:120000. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de referencia: POSGAR 94. Fecha de elaboración: octubre, 2015. Imagen de fondo: Google Earth Satélite (2015).

El paso siguiente fue determinar el riesgo de ignición asociado a cada cobertura de suelo, para esto se consultó a especialistas e idóneos en la temática, tales como biólogos y personal de bomberos con gran experiencia previa que dieron su punto de vista acerca de la potencialidad de inicio de incendios de cada cobertura de acuerdo a los niveles de riesgo utilizados en cada capa criterio (tabla 1), también se llevó a cabo una búsqueda documental sobre trabajos previos acerca de la flamabilidad y sensibilidad de diversas comunidades vegetales ante la ocurrencia de incendios (Argarañaz et al 2015; Jaureguiberry 2012; Batista & Biondi 2009). De esta forma la clasificación de riesgo de ignición por cada cobertura de suelo quedo de la siguiente manera:

Tabla 6: Riesgo de ignición según cobertura de suelo

Cobertura de Suelo	Nivel de Riesgo de Ignición	Codificación
Pastizales	Muy Alto	4
Bosque de Llanura Pedemontana o Chaqueño	Alto	3
Bosque Serrano	Alto	3
Especies Exóticas	Moderado	2
Suelo Rural (Agrícola)	Bajo	1
Suelo Urbano	Nulo	0

La anterior tabla nos expresa que los suelos dominados por pastizales, son aquellos de mayor peligrosidad coincidiendo en este aspecto con todas las fuente consultadas y en concordancia con los registros de incendios obtenidos (1999-2015), en donde se observa una alta frecuencia y extensión de los incendios en el lado oeste de las Sierras Chicas y del radio utilizado de Salsipuedes. A su vez agrupamos a las coberturas de suelo de bosque serrano y bosque de llanura pedemontana o chaqueño, ubicadas en sector centro oeste y este del radio (cercanas al área de interfase) como de riesgo alto, debido a que según los bomberos de la localidad, estas especies durante las temporadas de incendios (periodo de secas), adquieren una gran flamabilidad y combustibilidad debido a la predominancia actual de los arbustales por sobre otras especies arbóreas nativas más fragmentadas en su distribución. Un estudio de Jaureguiberry (2012) indica que algunas de las especies encontradas dentro del grupo de “bosque serrano”, tales como el *Celtic Tala (Tala)* y por sobre todo del “bosque de llanura pedemontana o chaqueña”, tales como: *Aspidosperma Quebracho Blanco (Quebracho Blanco)*, *Acacia Caven (Espinillo)*, *Acacia Praecox (Garabato)* poseen los mayores índices de inflamabilidad total⁷, variando entre el tiempo de quemado, la temperatura máxima alcanzada, longitud y

⁷ El índice de inflamabilidad está compuesto por la ignitabilidad (i.e. cuán fácilmente un combustible se enciende), la sustentabilidad (i.e. cuánto tiempo continúa ardiendo), combustibilidad (i.e. cuán rápido se quema) y la consumabilidad (i.e. cuánta biomasa es consumida) (Anderson, 1970; Martin *et al.*, 1994; Hogenbirk & Serrazin-

biomasa quemada. De igual manera este estudio concluye al razonamiento de que son los suelos dominados por gramíneas y plantas herbáceas los de mayor inflamabilidad, seguidos por los arbustales y otras especies arbóreas.

Otros tipos de suelos importantes son los dominados por las especies exóticas, entre las cuales ya hemos destacado la influencia invasora de la especie *Ligustrum Lucidum*, también llamada *Siempre Verde* (Gavier et al, 2012). La misma se encuentra concentrada en el sector sur de la localidad de Salsipuedes, en el área contigua con la localidad de Rio Ceballos y de manera fragmentada en sectores dominados por el bosque serrano al oeste y el bosque de llanura pedemontana al sureste del área de interface. La misma ha sido clasificada como de “moderado riesgo”, ya que en la entrevistas realizadas a personal de bomberos y de defensa civil provincial, nos manifestaban la baja inflamabilidad de la especie “Siempre Verde”, al punto tal, de que ciertos estudios (Batista & Biondi, 2009) lo proponen como cortinas de fuego, por su baja inflamabilidad en ciertas condiciones de intensidad de fuego. Igualmente, estos estudios indican que hay revisar su incidencia en altas intensidades de incendios, a la vez de que los bomberos nos remarcaban la toxicidad del humo y la gran cantidad de hojarasca que esta especie deja en los suelos y que resulta de gran peligrosidad en el inicio y propagación de un incendio. Es por ello que la hemos catalogado con un moderado riesgo (sujeto a verificación futura). Otra cobertura de suelo importante es el área cultivada al este de la localidad, ocupando un espacio significativo de 41.000 km² aproximadamente. Aquí predominan los cultivos de oleaginosas principalmente junto con fragmentos pequeños de bosques chaqueños.

En este sector agrícola del área analizada, el desmonte de bosques nativos para pastoreos y cultivos data desde periodos prehispánicos, produciendo un degradamiento constante de nuestros bosques hasta la fecha (Gavier & Bucher, 2004). Una de las metodologías más recurrentes para el desmonte, debido a su bajo coste y trabajo, es la quema de pastizales y montes nativos. Actualmente su práctica se encuentra prohibida por la ley 8751, que en su Artículo 4 indica que: “*Queda prohibido el uso del fuego en el ámbito rural y/o forestal*”. Es por ello que la potencialidad de inicio de un incendio en áreas netamente rurales tales como las ubicadas al este de la localidad de Salsipuedes, presentan un riesgo bajo de ignición y propagación de incendios. Consultando a los bomberos locales y apoyados en los registros de incendios

Delay, 1995; En: Jaureguiberry, 2012:27). Aquí el autor trabajo con pequeños fragmentos de comunidades vegetales, para lo cual la ignitabilidad adquiere un mayor peso.

históricos contemporáneos, nos manifestaban, las bajas probabilidades de inicio de incendios en esta zona, lo que nos ayudó a tomar esta correspondiente clasificación.

Por último se estableció un valor nulo para los suelos urbanos, debido a que en áreas de mediana y gran densidad urbanística, la posibilidades de inicio de un incendio se explican por accidentes urbanos tales como automovilísticos, hogareños o industriales, lo cual no entra en nuestra metodología de trabajo de consideración de incendios de interface-forestal. La incidencia del suelo urbano en los incendios será tomada luego como un posible cortafuego en el modelo de propagación de incendios.

➤ **Variables Humanas:**

“En la actualidad los regímenes de fuego se encuentran altamente influenciados por las actividades humanas, que modifican el número de igniciones y la disponibilidad de combustibles. El resultado de esta influencia se manifiesta en cambios en la frecuencia, severidad y distribución del fuego en el paisaje” (Argarañaz, Juan P. et al., 2014:1)

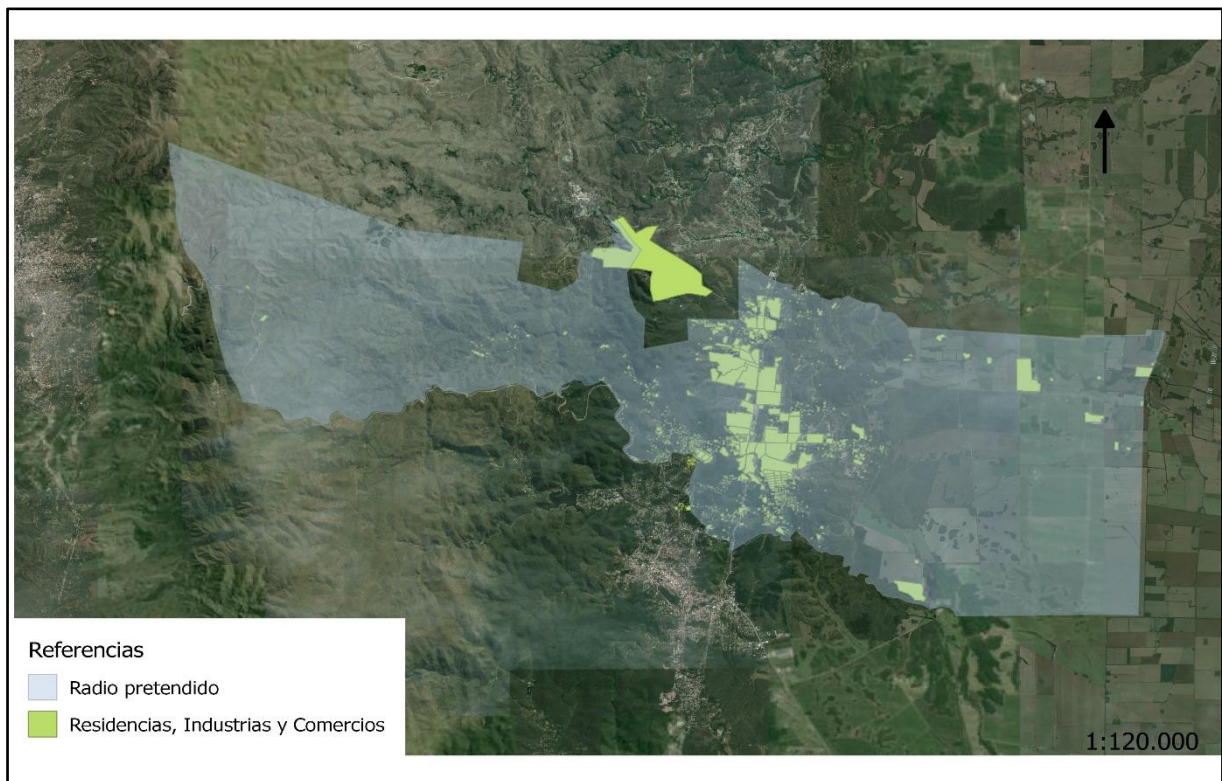
Distancias sobre centros urbanos

La capa criterio “distancia sobre centro urbanos” hace referencia al radio de influencia (en metros), que existe entre una residencia, comercio, industria y su correspondiente nivel de riesgo asignado para cada área de influencia. La misma es utilizada por numerosos autores (Jaiswal et al., 2002; Abarca y Quiroz, 2005; Blas Morato y Nieto Massot, 2008; Chuvieco et al., 2008; Argarañaz et al., 2015) y se explica por la mayores probabilidades que tiene un incendio de generarse en cercanías a un centro urbano, ya sea de manera intencional o accidental por medio de quema de rastrojos, pastizales, fuegos para recreación, etc. *En la actualidad uno de los focos de mayor interés es la denominada área de interfase urbano-rural (IUR), el área donde las viviendas se encuentran rodeadas de vegetación natural* (Radeloff et al., 2005; En: Argarañaz et al., 2015:1). Estas áreas de interfase son las más interesantes para trabajar sobre la influencia del hombre en los incendios, debido a la ubicación de los focos de incendios históricos más recientes, en el cual el contacto con la vegetación y el material combustible aumentan las

probabilidades de generación de inicio de un fuego. Es por ello que antes de llevar a cabo la presente capa criterio, se efectuó un análisis del mapa de registros de incendios (2011-2015) elaborada con anterioridad, más la información sobre incendios en el periodo (1999-2014) del trabajo “*Fire regime, climate and vegetation in the Sierras de Córdoba, Argentina*” de Argañaraz et al (2013), donde se pudo observar que efectivamente, la mayor cantidad de los incendios registrados en los últimos años, se produjeron en las llamadas áreas de interfase (Ver mapa de incendios de Salsipuedes, 2011-2014).

Los centros urbanos fueron cartografiados, mediante la interpretación de imágenes satelitales del servidor de mapas históricos Google Earth (2015), en el cual se crearon polígonos alrededor de estos mismos.

Figura 5: Asentamientos urbanos de Salsipuedes



Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de referencia: POSGAR 94. Fecha de elaboración: Septiembre, 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

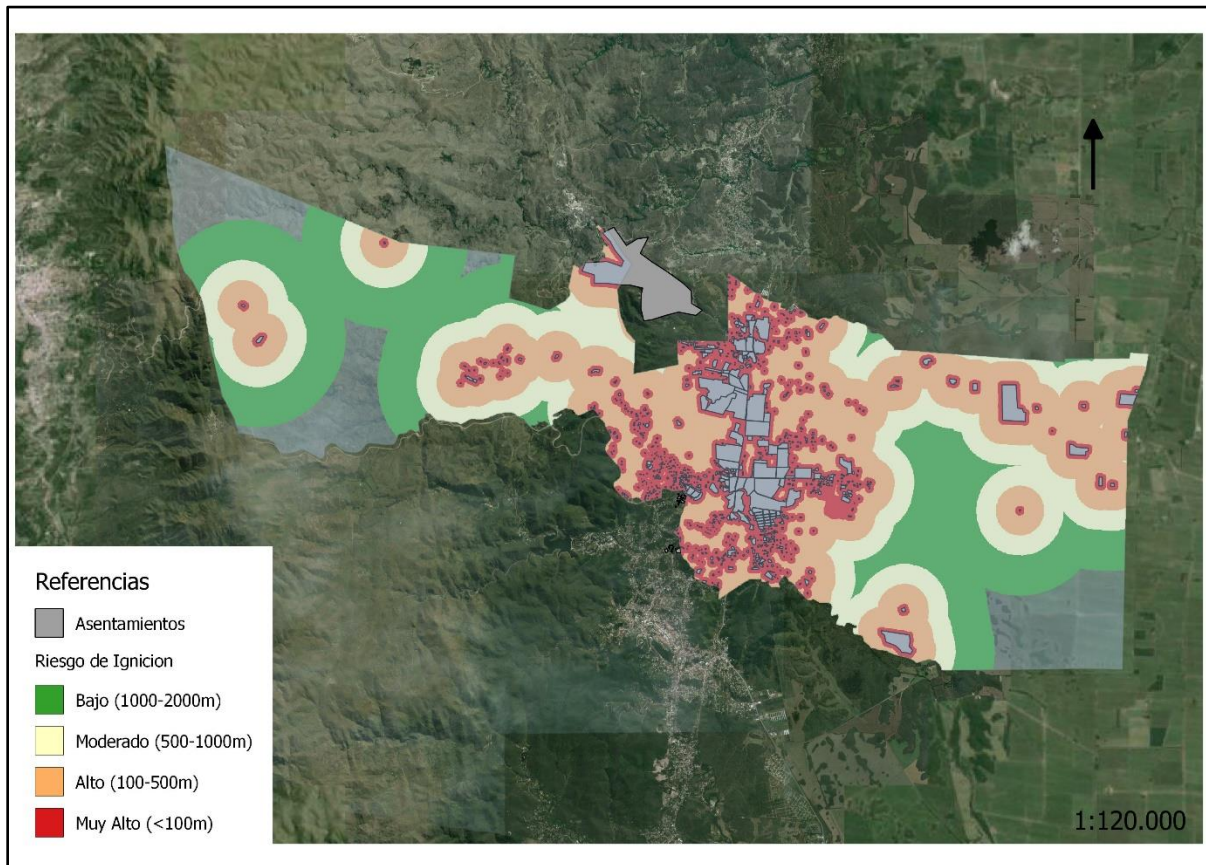
El criterio utilizado para la determinación de los niveles de riesgo de incendios en relación a esta variable, es que a mayor cercanía de un centro urbano, mayor es el riesgo de inicio de un incendio. Por ello se construyó la siguiente tabla a partir de la cual se crearon las áreas buffer de la presente capa:

Tabla 7: Criterios de influencia para los asentamientos urbanos en el riesgo de inicio de un incendio.

Área de Influencia (m)	Nivel de Riesgo	Codificación
0-100	Muy Alto	4
100-500	Alto	3
500-1000	Moderado	2
1000-2000	Bajo	1
>2000	Nulo	0

Luego, se procedió a la creación de áreas buffer mediante la herramienta asignada del SIG, utilizando la clasificación de la tabla anterior. A estas áreas se les asignó una distancia predeterminada, que debió ser rasterizada (ya que toda la capa estaba hecha en base a vectores), para poder asignarle el valor codificado a cada tipo de área buffer, así por ejemplo toda área comprendida entre los 1000 a 2000 metros de distancia de un centro urbano se le asignaba un valor de pixel igual a 1, representativo de su riesgo bajo. De tal manera, que asignados todos los valores se calculó el riesgo de ignición de incendios según la cercanía a los centros urbanos a través de las áreas de influencia:

Figura 6: Riesgo de ignición según cercanía a asentamientos urbanos



Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Fecha: Octubre 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Distancia a las carreteras

“Humanos, animales, movimientos vehiculares y actividades en las carreteras proveen una amplia gama de oportunidades para la creación de fuegos accidentales provocados por el hombre. Los bosques cercanos a carreteras son más propensos al inicio de un fuego” (Jaiswal et al., 2002:5)⁸

El uso de áreas de influencia sobre las carreteras como variable de riesgo de ignición de incendios es utilizada por gran parte de los autores antes mencionados (Jaiswal et al., 2002; Abarca y Quiroz, 2005; Blas Morato y Nieto Massot, 2008; Chuvieco et al., 2008; Argarañaz et

⁸ Cita traducida al español de elaboración propia

al., 2015), donde a partir del uso de un software SIG, se crea una capa de información que contenga todas aquellas rutas (provincial o nacional) o calles (asfaltada o de tierra) que se encuentren dentro del radio del área analizada. En nuestro caso creamos una capa de información a partir de los datos de calles (en formato vectorial) que se encuentran dentro del radio de servicios (en capítulos anteriores se explicó la diferencia entre ambos radios utilizados) que nos proporcionó la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes. Las demás calles que no se encontraban en el radio utilizado, fueron agregadas a la capa creada mediante la observación de imágenes satelitales del servidor Google Earth (2015) y observaciones en campo.

A su vez para discriminar las rutas más importantes se utilizó la información en formato vectorial de carreteras que descargamos de la plataforma SIG250 del Instituto Geográfico Nacional. A partir de toda esta información se crearon tres capas de información correspondientes a las tres clases de caminos utilizados: rutas provinciales, caminos asfaltados o consolidados y caminos de tierra o no consolidados. A partir de esta clasificación se fueron cartografiando cada una de estos caminos a partir de la información antes mencionada.

Para la diferenciación de caminos de asfalto o consolidados y caminos de tierra o no consolidados nos basamos en las observación de imágenes satelitales y la consulta a personal municipal, esto sirvió para diferenciar a los caminos de más alto tránsito y de mejor estado de conservación y de aquellos de menor circulación y mayor deterioro. Por ejemplo consideramos a la Av. Belgrano, el camino a Estación General Paz, y demás avenidas de importancia para cada barrio, como ejes de circulación permanente, sin llegar a tener la magnitud que poseen las rutas provinciales E-53 y E-57 (“camino del cuadrado”). De la misma forma, todos los demás caminos no considerados en estas dos primeras clasificaciones, fueron categorizados como no consolidados debido a que son vías secundarias para cada sector de la ciudad y el acceso a ellas muchas veces se encuentra interrumpido por la falta de mantenimiento y/o por fenómenos naturales.

Luego se procedió a crear áreas buffer correspondientes a la distancias entre cada una de las clases de caminos antes descriptos y un área de influencia determinada (tabla 8). Estas áreas de influencia corresponden a los cuatro niveles de riesgo asignados para cada capa criterio. La elección de estas escalas de riesgo, se basa en los trabajos antes mencionados, debido a que la presente capa criterio no responde a condiciones geográficas particulares de cada lugar, sino que

responden a condiciones generales que se explican por las mayores probabilidades de generación de incendios en las cercanías a las carreteras. A su vez podemos observar que las escalas de riesgo de incendios “muy alto” se encuentran dentro del radio de los 50 metros de las rutas principales, mientras el riesgo “alto” se localiza en los intervalos 50-100, 25-50 y 0-10 metros de las rutas, caminos consolidados y caminos no consolidados respectivamente. De la misma forma, y con intervalos variables se clasificaron las tres clases y su respectivo grado de riesgo de incendio.

Tabla 8: Criterios de influencia en el inicio de un incendio debido a proximidad de carreteras.

Tipos de Caminos	Áreas de Influencia (m)	Clase de Riesgo	Codificación
<i>Ruta Provincial</i>	0-50	Muy Alto	4
	50-100	Alto	3
	100-150	Moderado	2
	150-200	Bajo	1
<i>Camino Consolidado</i>	0-25	Alto	3
	25-50	Moderado	2
	50-100	Moderado	2
	100-150	Bajo	1
<i>Camino no Consolidado</i>	0-10	Alto	3
	10-30	Moderado	2
	30-50	Bajo	1

En la ilustración 5 se puede observar la clasificación en áreas buffer discriminado por una escala de colores Yellow-Red, siendo la intensidad de riesgo más alta en los rojos. En la imagen se observa como la influencia de la Ruta Provincial E-57 es mucho mayor que la de ciertas calles principales como la Av. Belgrano y la Av. Jonas Salk y de la misma forma la menor influencia de los caminos no consolidados adyacentes. Por último en el figura 7 se observa el riesgo de incendios según la proximidad a las carreteras, que luego será rasterizado según la codificación descripta en la tabla 8.

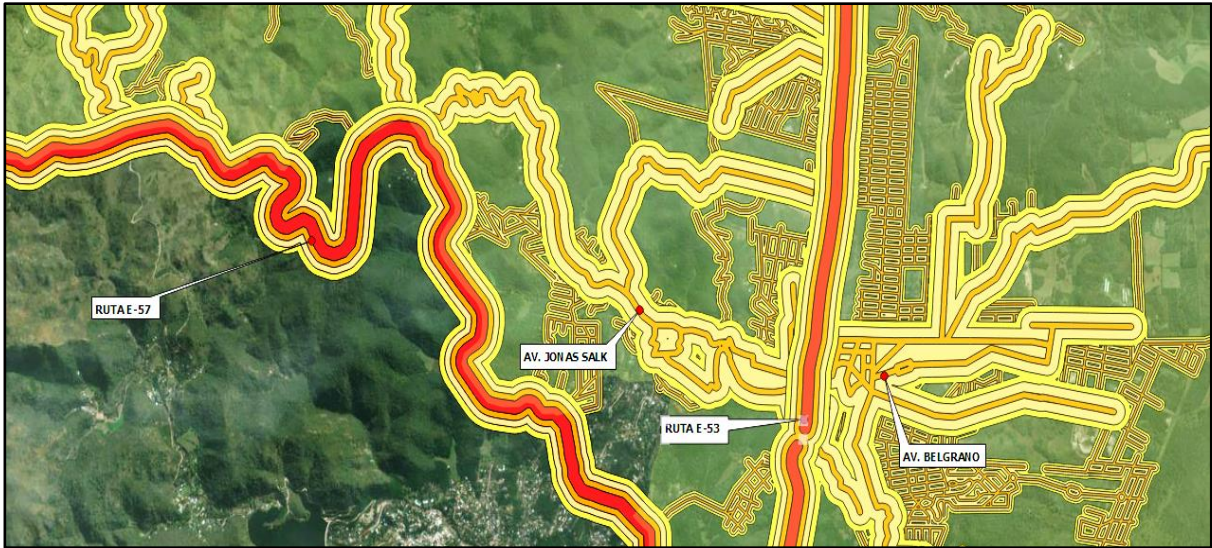
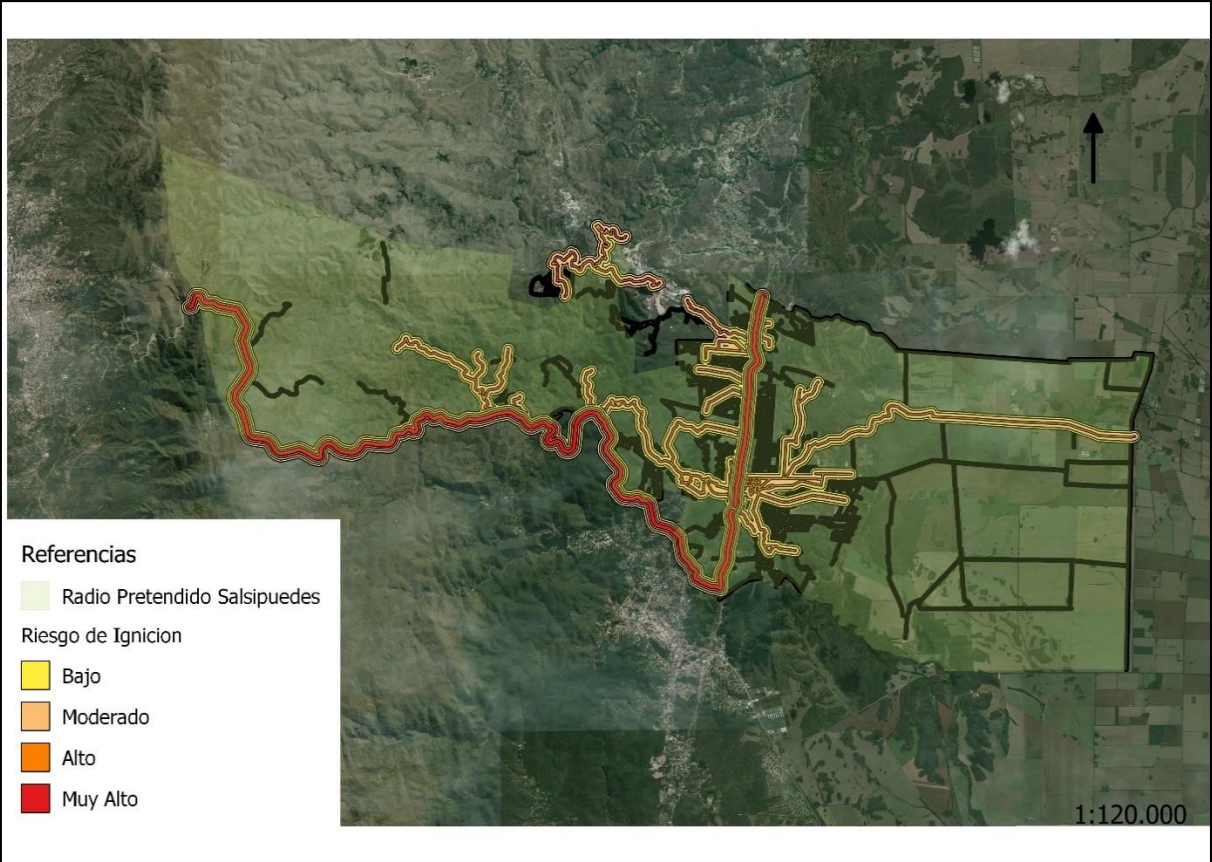


Ilustración 5: Imagen ampliada de áreas de influencia de carreteras según el riesgo de ignición y las vías principales. Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Figura 7: Riesgo de ignición según proximidad a carreteras.



Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Fecha: Octubre 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Presencia de basurales

La presente variable, también es utilizada por algunos de los autores consultados (Blas Morato y Nieto Massot, 2008; Chuvieco et al., 2008; Argarañaz et al., 2015), como un factor muy importante en el análisis del riesgo de incendios, esto se debe, a la gran cantidad de incendios registrados, en las cercanías a zonas de vertederos de desechos urbanos. *“Las variables humanas más importantes que explican la frecuencia de los incendios son la densidad poblacional y la distancia sobre los depósitos de basuras (Argarañaz et al., 2015:6)⁹”*.

La elección de utilizar esta variable, también se basa, en el análisis de los antecedentes de incendios en Salsipuedes, transmitido por habitantes de la comunidad y por los mismos datos recolectados de la Asociación de Bomberos (ver localización de incendios en el mapa de incendios local. Periodo 2011-2014). El hecho de la práctica irracional y no controlada de quema de desechos, sumado a condiciones climáticas extremas, puede hacer de estas áreas de proximidad a los basurales un foco de ignición sumamente importante. El basural de Salsipuedes se encuentra al este, en el área de interface, allí es donde se transportan todos los desechos producidos por la comunidad local y de algunas localidades aledañas. A su vez es uno de los pocos basurales a cielo abierto en la región, y su impacto negativo tanto visual, ecológico y sanitario es mencionado por cada habitante de la comunidad al que se le pregunta:

“La cercanía a los basurales es sin duda uno de los factores preponderantes en los incendios, en Salsipuedes son frecuentes ahí, ya que el basural a cielo abierto se prende constantemente, se dan de manera subterránea y su toxicidad debido al humo es peligroso para que los mismos bomberos actúen” (Palabras de Carlos Giovaninni, jefe del cuerpo activo de bomberos de Salsipuedes, Entrevista efectuada en el mes de noviembre de 2015).

Para cartografiar esta variable, lo que se hizo, fue crear una capa de polígonos en el SIG que representara el basural mediante la interpretación de imágenes de Google Earth y observaciones en campo (ver fotos en anexo II). Entendemos aquí (basándonos en la consulta a los bomberos de la localidad y en similitud con las fuentes antes utilizadas), que a diferencia de

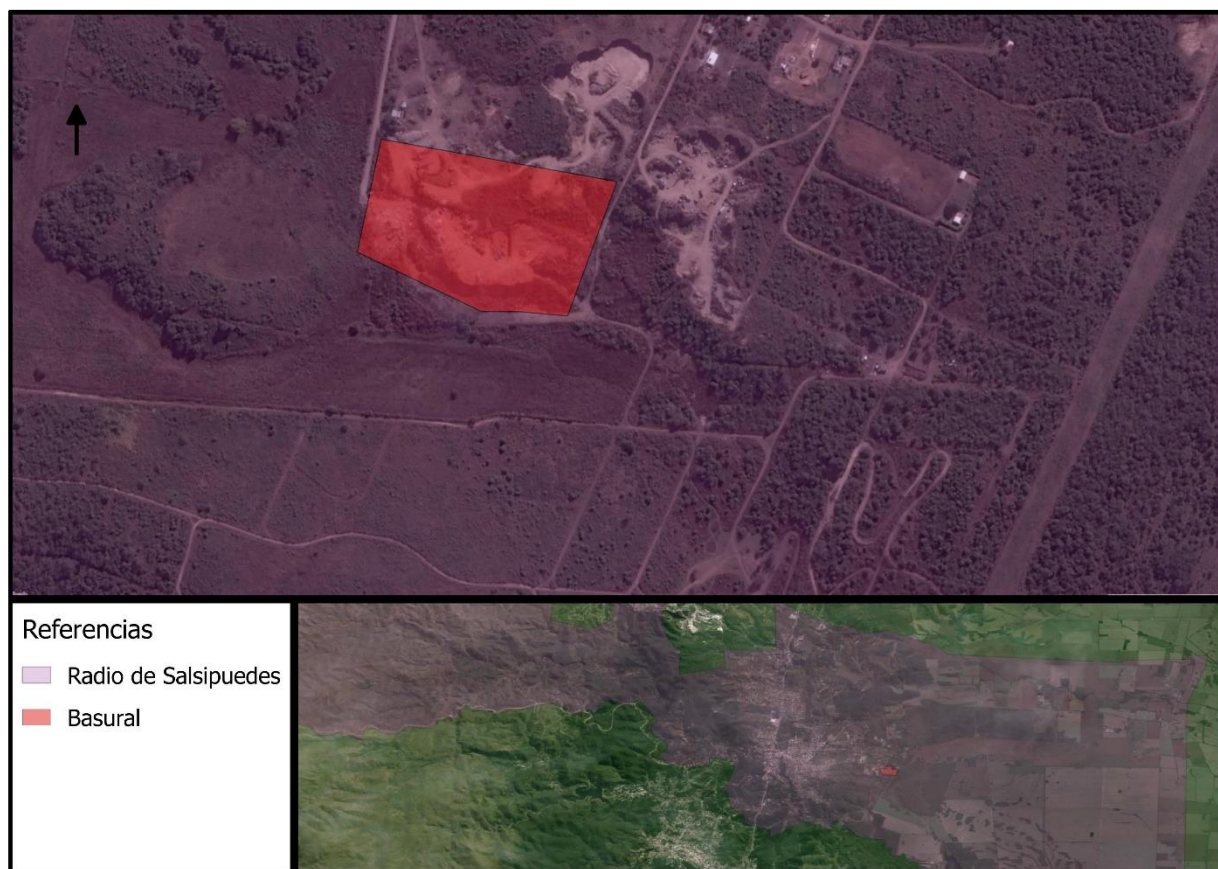
⁹ Cita traducida al español de elaboración propia

las capas anteriores, solo habrá un nivel de riesgo (tabla 9), que es el de máximo riesgo, debido a que los fuegos en el área son muy recurrentes, tomando en cuenta solo iniciados dentro de la columna de basura, tanto la que se encuentra enterrada, como la que se encuentra expuesta. Es por ello que una vez vectorizada el área del basural, se lo rasteriza, otorgándole el código 4 de riesgo a ese sector.

Tabla 9: Niveles de riesgo de inicio de incendios según presencia de basurales

Área de Influencia	Nivel de Riesgo	Codificación
Presencia de Basural	Muy Alto	4

Figura 8: Presencia de basural en Salsipuedes



Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Escala 1:5000. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Fecha: Octubre 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

➤ Variables Topográficas

Orientación de Laderas

La orientación de las laderas, es una variable topográfica, de gran incidencia en la generación de un foco de ignición, esto se encuentra relacionado con la exposición a la radiación solar en la que se encuentra una de las caras de un relieve montañoso. Según los documentos del Plan de Manejo del Fuego (2014), las laderas que reciben mayor radiación solar, presentan una vegetación más espaciada, en tanto que en las más sombrías la vegetación es más abundante. En el hemisferio sur, las exposiciones norte son las que reciben mayor radiación y las sur lo hacen en menor cantidad.

Para la elaboración de esta capa, se partió de la descarga de una imagen satelital ASTER GLOBAL DEM del año 2003, descargada desde el sitio oficial del Servicio Geológico de Estados Unidos, para luego ser procesada mediante el software QGIS 2.10, obteniendo una imagen raster de la orientación de las laderas (aspect). Esta luego fue reprocesada, añadiéndole los 4 puntos intermedios respectivos. Se utiliza esta división que establece 4 referencias adicionales a los puntos 4 cardinales tradicionales. Aquellos relieves que presentaban una pendiente nula, no entraron dentro de esta clasificación, sino que eran puestos como valores nulos. De la misma forma se llevó a cabo la cartografía de orientación de laderas con la clasificación correspondiente mediante el SIG y la imagen satelital descargada (ver figuras 9 y 10).

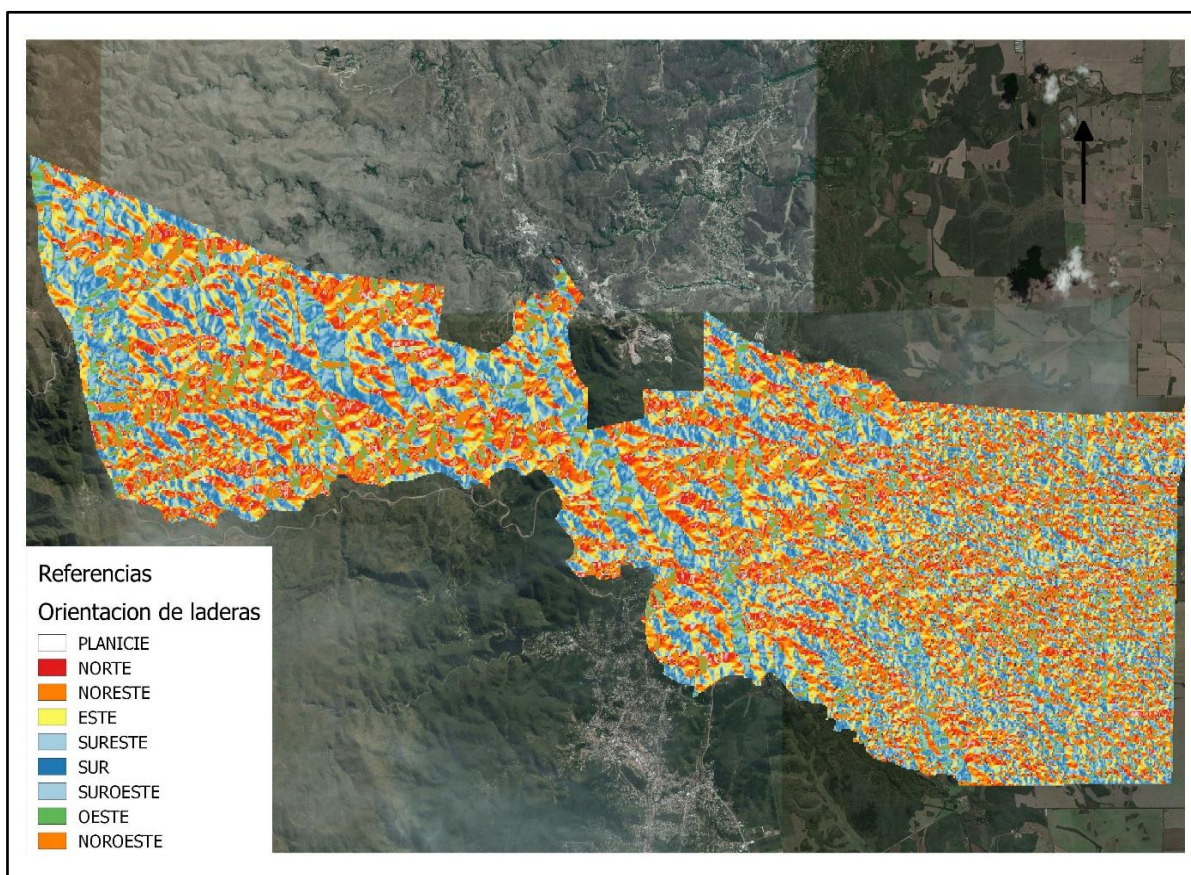
Tabla 10: Puntos cardinales según orientación de laderas, grados, nivel de riesgo y codificación correspondiente.

Puntos Cardinales	Orientación	Nivel de Riesgo	Codificación
Norte (N)	338°-22°	Muy Alto	4
Noreste (NE)	23°-67°	Alto	3
Este (E)	68°-128°	Moderado	2
Sureste (SE)	129°-157°	Bajo	1
Sur (S)	158°-202°	Bajo	1
Suroeste (SO)	203°-247°	Bajo	1

Oeste (O)	248°-292°	Moderado	2
Noroeste (NO)	293°-337°	Alto	3

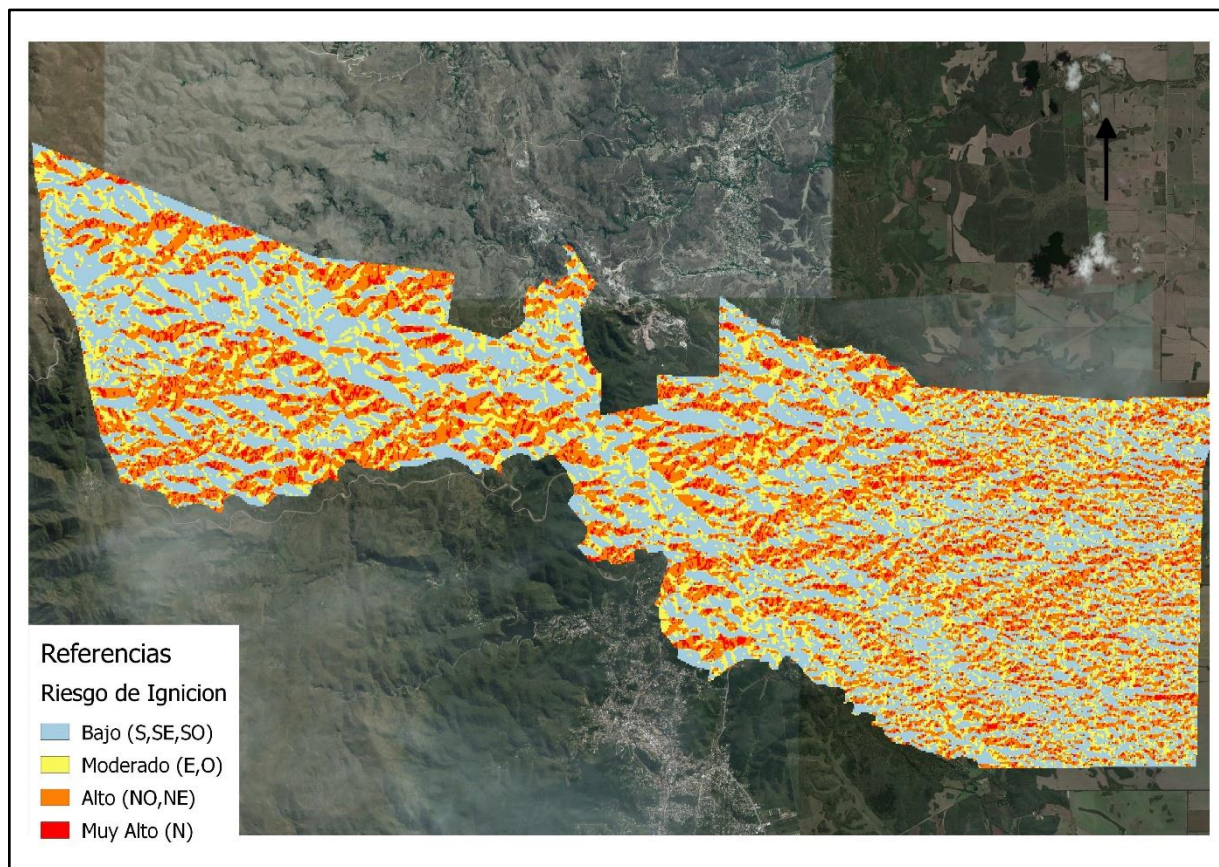
Luego de clasificar las laderas y sus respectivas orientaciones cardinales, nos dispusimos a reclasificar esta capa de acuerdo al riesgo de inicio de incendios que puede conllevar cada punto (dicho al valor de cada pixel), el nivel riesgo se determinó a partir de las fuentes antes consultadas que utilizan esta variable en sus evaluaciones. A su vez, a cada uno de los niveles de riesgos correspondientes, se le añadió un valor numérico de pixel (tabla 10) para luego proceder a la rasterización y construcción del mapa de riesgo de ignición según la orientación de las laderas:

Figura 9: Orientación de laderas según puntos cardinales



Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Escala: 1:100000. Fecha: Agosto 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Figura 10: Riesgo de ignición según orientación de laderas de Salsipuedes



Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Escala: 1:100000. Fecha: Agosto 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Diseño del mapa de riesgo de propagación

El riesgo de propagación de incendios es aquel potencial de intensidad y velocidad que tiene un incendio para evolucionar en un área determinada según sus características intrínsecas. Para Todd (1979; En: Abarca y Quiroz, 2005) las variables que influyen en el comportamiento de un incendio son: el grado de combustibilidad de la vegetación (tipo de vegetación, cantidad, contenido de agua), la topografía (elevación, pendiente, configuración de valles y orientación de laderas), factores meteorológicos (vientos, humedad relativa, temperatura, pluviosidad). En Blas Morato y Nieto Massot (2008) consideran como variables a los siguientes: factores naturales (combustibles, pendiente, orientación, insolación, altitud, precipitación, temperaturas, NDVI), factores humanos (carreteras) y factores históricos (gravedad).

Estos factores inciden en el fuego ya iniciado y al igual que en el anterior objetivo, serán divididos en diferentes capas-criterio. De acuerdo a las fuentes consultadas y a las características propias del área de estudio, las capas-criterio que integran el presente mapa de riesgo fueron: cobertura de combustibles (factor natural) y la pendiente (factor topográfico). A su vez también se trabajó con criterios limitantes: la hidrografía y los caminos, como factores que restringen la propagación de un fuego. La no elección de las variables climáticas-meteorológicas ya fue explicada en el anterior apartado, mientras que para ciertas variables como la altitud y la orientación de las laderas, no encontramos una justificación significativa para su inclusión, por su muy baja incidencia según fuentes consultadas.

Las tareas y actividades llevadas a cabo por cada capa específica según el tipo de variable fueron:

➤ **Variable Natural**

Cobertura de Combustibles

Para la presente capa criterio se utilizó la misma información y clasificación que para la capa de riesgo homónima del mapa de riesgo de ignición, por lo que se respetaron todos los resultados obtenidos (ver figura 4). No obstante la ponderación de esta capa fue específica para el objetivo de propagación.

➤ **Variable Topográfica**

Pendiente

La pendiente es la inclinación del terreno e influye sobre la intensidad con que llega la radiación del sol a la superficie de la tierra. “*Los fuegos se propagan más rápidamente pendiente arriba y más lento pendiente abajo*” (Jaiswal et al, 2002:3)¹⁰. Esto se debe a los vientos locales

¹⁰ Traducción propia

ascendentes y descendentes que se desarrollan sobre las pendientes, influyendo sobre la velocidad y la propagación de un incendio.

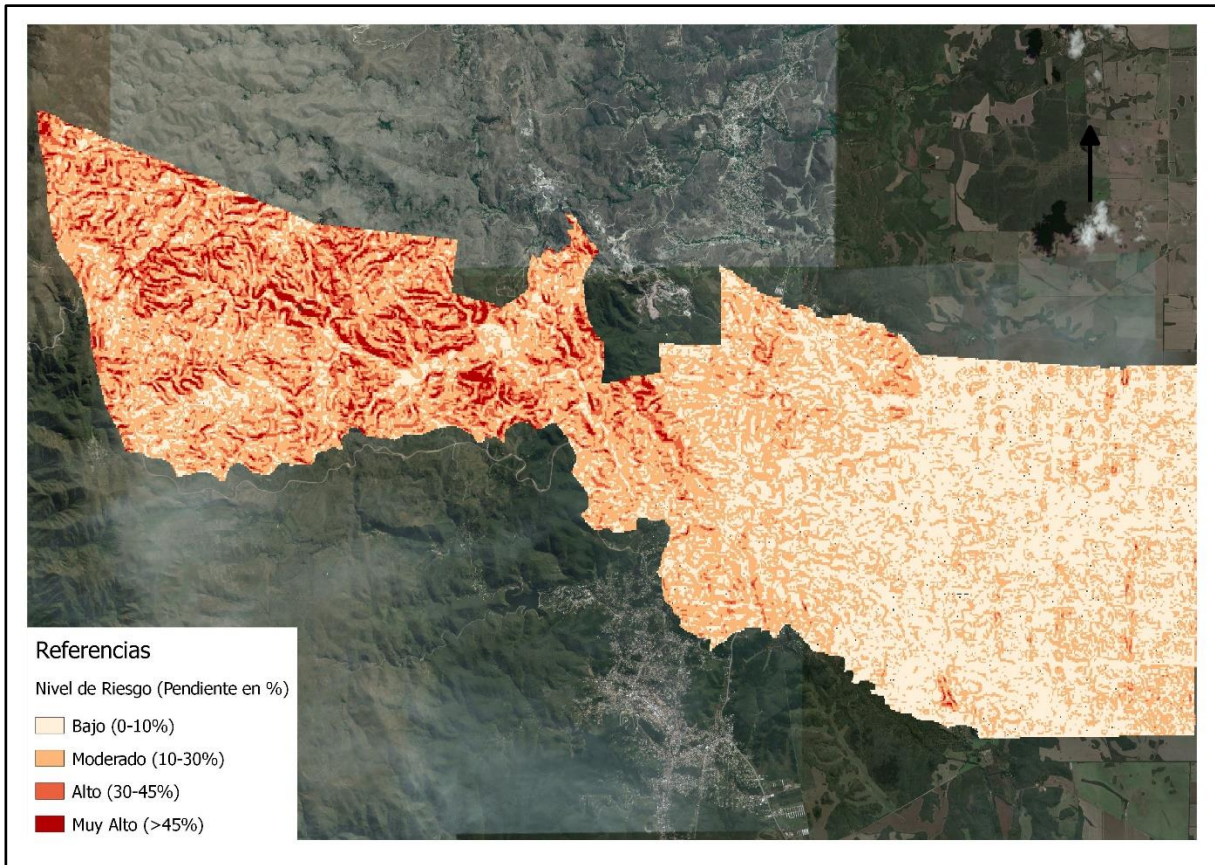
Para determinar la pendiente del área estudiada, se utilizó una imagen raster ASTER GLOBAL DEM (METI & NASA, 2003), que por medio de las herramientas topográficas del SIG, se conformó el mapa de pendientes a utilizar (figura 11) y cuyos valores fueron reclasificados de acuerdo al riesgo:

Tabla 11: Porcentaje de pendientes y su respectiva clasificación de riesgo de propagación de incendios

Pendiente (%)	Nivel de Riesgo	Codificación
0-10	Bajo	1
10-30	Moderado	2
30-45	Alto	3
>45	Muy Alto	4

La anterior clasificación se elaboró en base a los antecedentes antes descritos (Abarca y Quiroz, 2005; Blas Morato y Nieto Massot, 2008) y la consulta a los bomberos de la localidad y especialistas en el tema. Así de esta manera se determinó con un “riesgo bajo” a aquellos relieves con pendientes menores a un 10%, ubicados en gran parte en el sector este del área de estudio. Los relieves con pendientes entre un 10% y un 30%, fueron clasificadas con “riesgo moderado”, y se ubican dispersadas en todo el radio. Mientras que las pendientes comprendidas entre un 30% y un 45% fueron catalogadas como de “riesgo alto”, a la vez que las mayores a 45% como de “muy alto riesgo”. Estas últimas se encuentran en su gran mayoría en el sector oeste y centro del área de estudio sobre el faldón oriental de las Sierras Chicas.

Figura 11: Riesgo de propagación de incendios según la pendiente en Salsipuedes



Fuente: Elaboración propia. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Escala: 1:100000. Fecha: Septiembre 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

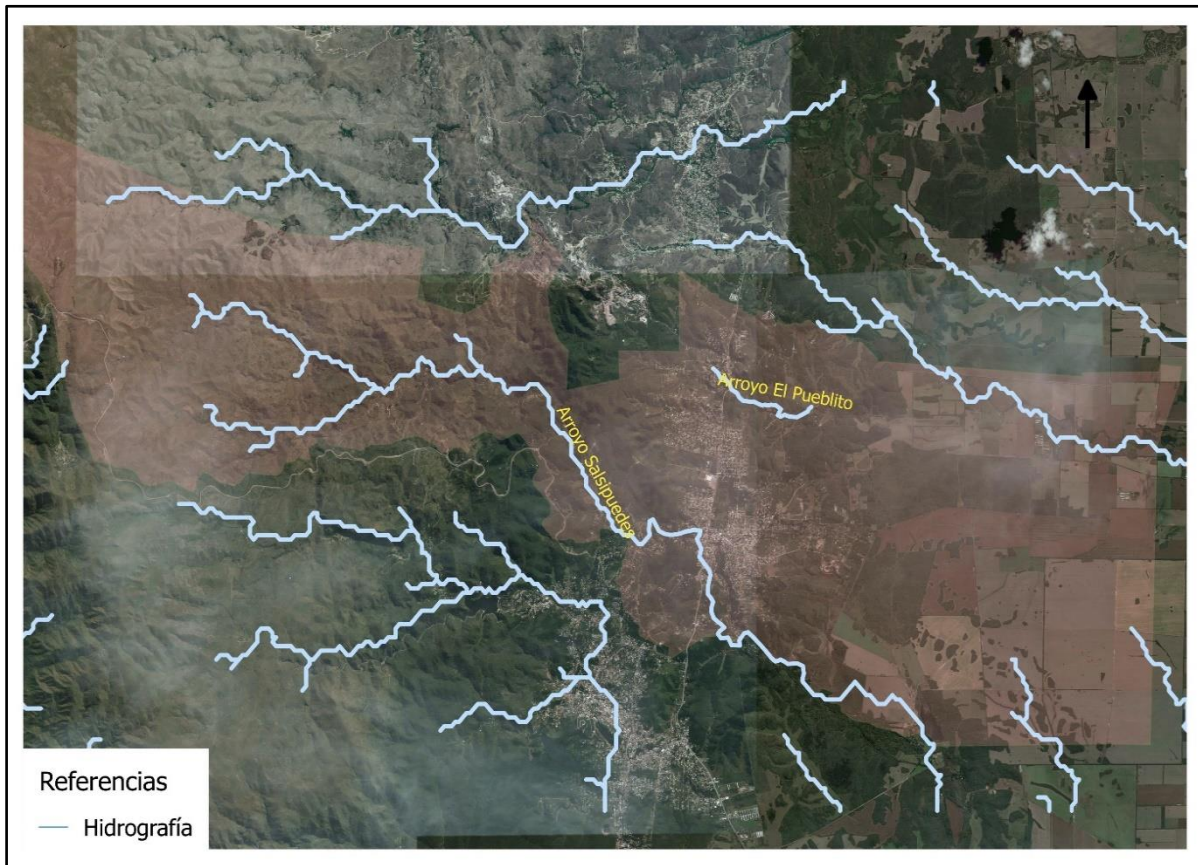
➤ Cortafuegos

Hidrografía

La hidrografía hace referencia a todo aquel río o arroyo que se encuentra dentro del radio pretendido de Salsipuedes. A esta capa se la incluye como cortafuego, debido a que los cauces actúan como un factor limitante en la propagación de un incendio, lo que significa que es la única variable utilizada (junto con los caminos) que posee un valor de riesgo igual a 0 y que en su cálculo con las demás variables, sea cual sea la sumatoria de riesgo, siempre el valor será nulo.

Para identificar la hidrografía se utilizó la información vectorial de “Cursos de Ríos” descargada del servidor SIG250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la capa vectorial “Drenajes” proporcionada por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes. Toda esta información fue respaldada y modificada con la colaboración de los bomberos de Salsipuedes. La modificación fue necesaria, ya que la información de los cauces del área cambia durante la temporada de incendios, debido a que se encuentran secos en gran parte del año, y su aparición depende de condiciones meteorológicas puntuales. Es por ello que entendiendo a la hidrografía como un recurso de contención de los incendios, es importante contar con la certeza de la presencia de estos ante la ocurrencia de un evento de estas características durante la temporada regular de incendios. Luego de cargada esta información a nuestro SIG, se elaboró la cartografía hidrográfica de Salsipuedes (figura 12), que luego fue rasterizada, otorgándole un valor de pixel correspondiente al nivel de riesgo 0.

Figura 12: Hidrografía de Salsipuedes

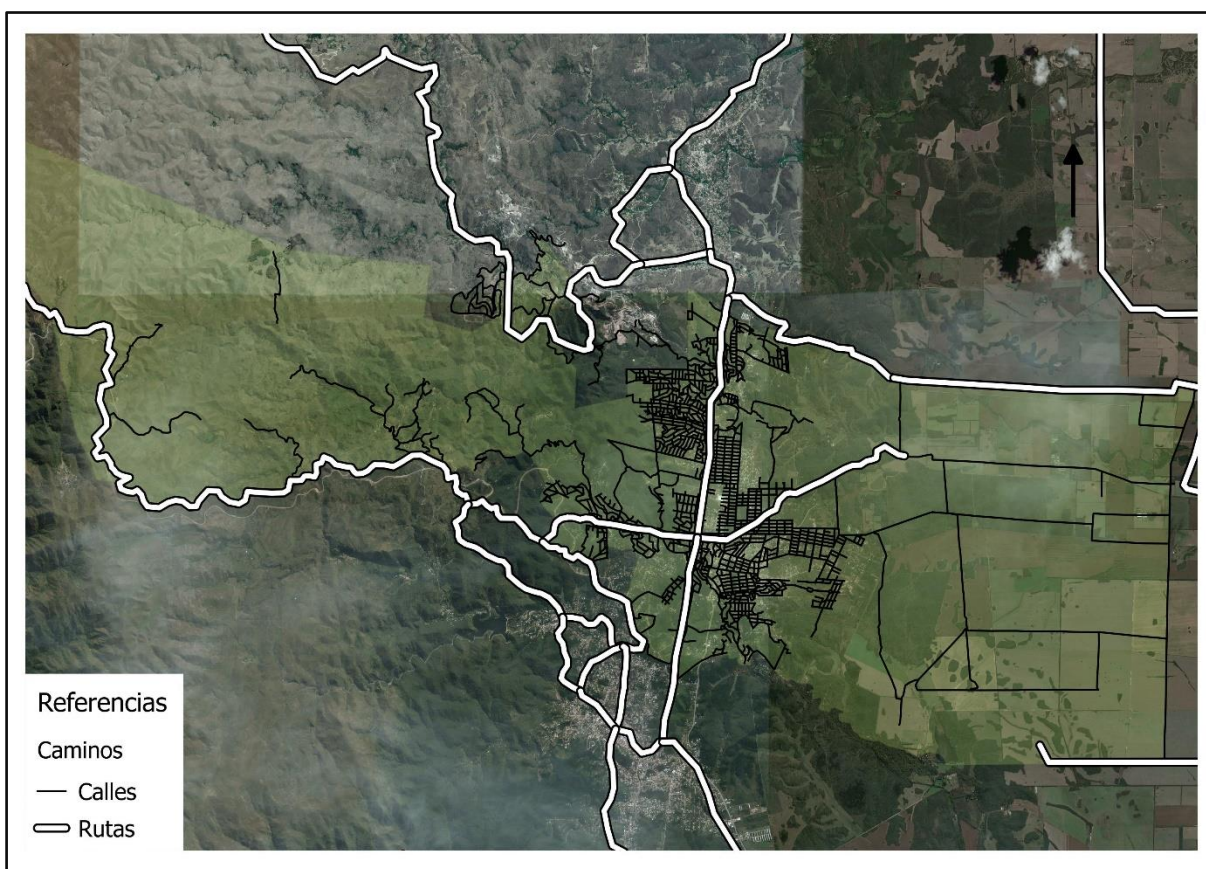


Fuente: Elaboración propia en base a información vectorial “Cursos de Ríos” del SIG250 y capa modificada de “Drenajes” de Salsipuedes suministrada por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Escala: 1:100000. Fecha: Septiembre 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Caminos

Para la presente capa se utilizó la misma información que para la homónima capa del mapa de riesgo de ignición. La diferencia aquí es que no se construyeron áreas de influencia, sino que para representar los cortafuegos, solo fueron necesario los trazos lineales de los caminos (calles asfaltadas, de tierra y rutas). En la etapa de rasterización, a cada carretera se le atribuyó un valor de píxel 0, lo cual corresponde a la nulidad de la propagación de un incendio, por el efecto contenedor que estas poseen antes el avance de los fuegos. A su vez la presencia de caminos, colabora con el accionar de los bomberos, por la accesibilidad ante la mitigación de un incendio. De esta manera se construyó el mapa de caminos como cortafuego de incendios:

Figura 13: Carreteras de Salsipuedes.



Fuente: Elaboración propia en base a Información vectorial "Caminos" del SIG250 y capa modificada de "Calles" de Salsipuedes suministrada por la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes. Software: Qgis 2.10. Proyección: Gauss-Krüger. Sistema de Referencia: POSGAR 94. Escala: 1:100000. Fecha: Septiembre 2015. Imagen de fondo: Google Earth (2015).

Ponderación de capas criterio y diseño de mapas finales

Luego de la elaboración de cada capa criterio se procedió a la ponderación de cada una de ellas por pares de criterios según cada mapa de riesgo. La misma se realizó utilizando la metodología de las Jerarquías Analíticas (Saaty, 1998) antes descripta, a partir de la cual se fueron ponderando y jerarquizando cada una de estas variables en una matriz de comparación por pares de criterios diseñada específicamente para cada mapa de riesgo. Estas se completaron gracias a la colaboración y consejo de los bomberos de la localidad de Salsipuedes, personal de Defensa Civil de la Provincia de Córdoba y miembros de la comunidad académica. A partir de estas opiniones y el criterio propio en base a las fuentes consultadas y las experiencias de campo se construyeron las siguientes matrices de comparación por pares de criterios en base a la metodología AHP para cada mapa de riesgo:

Tabla 12: Matriz de ponderación por pares de criterios para riesgo de ignición de incendios

	Cobertura de Combustibles	Proximidad Asentamientos	Proximidad Caminos	Orientación Laderas	Valor Ponderado
<i>Cobertura de Combustibles</i>	1	0.5	0.5	3	0.20
<i>Proximidad Asentamientos</i>	2	1	2	5	0.44
<i>Proximidad Caminos</i>	2	0.5	1	3	0.28
<i>Orientación Laderas</i>	0.3	0.2	0.3	1	0.08

Razón de consistencia: 0.03

Tabla 13: Matriz de ponderación por pares de criterios para riesgo de propagación de incendios

	Cobertura de Combustibles	Pendientes	Caminos	Hidrografía	Valor Ponderado
<i>Cobertura de Combustibles</i>	1	2	-	-	0.67
<i>Pendientes</i>	0.5	1	-	-	0.33
<i>Caminos</i>	-	-	-	-	-
<i>Hidrografía</i>	-	-	-	-	-

Razón de consistencia: 0.0

La tabla 12 nos muestra por ejemplo que según el criterio acordado (tabla 2), la variable cobertura de combustibles posee una fuerte dominancia sobre la variable orientación de laderas y una débil insignificancia frente a las variables humanas de proximidad a asentamientos y caminos. A su vez la proximidad sobre los asentamientos muestra una clara dominancia sobre las otras, adquiriendo un valor de ponderación de 0.44, seguido por los caminos con un valor de 0.28, las coberturas de combustibles con 0.20 y por último la variable topográfica de orientación de laderas con una marcada insignificancia respecto a las demás con un valor de 0.08. Estos resultados se explican por la gran influencia que ejercen las variables humanas en los procesos de ignición de incendios, cuestión que fue remarcada por cada uno de los consultantes. A su vez también se destacó la importancia que tiene la presencia de los combustibles, como factor de ignición. La importancia de las laderas si bien fue resaltada por los Bomberos de Salsipuedes, en comparación con las demás variables quedó disminuida a una baja implicancia, sobre todo en una escala de análisis local y mayormente de tipo urbana y de interfase. Para el mapa de riesgo de ignición es importante aclarar que la variable presencia de basurales no fue incluida dentro de la ponderación, ya que, en el área de estudio solo pudimos reconocer un sector de vertido de desechos, y la unanimidad sobre el riesgo máximo que implica la presencia de basurales no controlados, hizo que consideráramos al basural de Salsipuedes como una variable

aparte con riesgo máximo (valor pixel 4) añadiéndola al resultado final de la ecuación para este mapa de incendios (ver ecuaciones a y b en Anexo I).

Para la ponderación de las variables del mapa de propagación de incendios, solo se utilizaron dos variables para la comparación por pares de criterios, debido a que aquellas correspondidas a los cortafuegos, aplican en sumatoria, luego del resultado de la anterior ecuación (ver ecuaciones c y d en Anexo I). En la tabla 13 se puede ver que la capa criterio cobertura de combustibles es considerada con una leve predominancia sobre la influencia de las pendientes, de acuerdo a las entrevistas realizadas a los actores antes mencionados, adquiriendo para la primera un valor de 0.67 y para la segunda un valor de 0.33.

Por último para la integración de los mapas de riesgo de ignición y riesgo de propagación de incendios, se les otorgó una ponderación de igual importancia a cada uno, siendo la sumatoria de cada uno de la siguiente manera:

$$\underline{\text{Mapa final de Riesgo de Incendios} = (\text{Mapa RI} * 0.50) + (\text{Mapa RP} * 0.50)}$$

SÉPTIMO CAPITULO: RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se presentaran los análisis de los resultados obtenidos correspondientes a los objetivos planteados: “mapa de registro de incendios forestales/interfase para Salsipuedes (2007-2014)”, “mapa de riesgo de ignición de incendios de Salsipuedes”, “mapa de riesgo de propagación de incendios de Salsipuedes” y por ultimo aquel planteado como nuestro objetivo principal: “mapa de riesgo de incendios de Salsipuedes”. Estos productos generados pueden visualizarse en el Anexo III en un formato A3. A su vez los mapas de riesgo han sido modificados de tal manera que puedan apreciarse los distintos niveles de riesgo según el color asignado, de igual manera vale aclarar que la mejor forma de aprovechar esta información es mediante el uso de los SIGs en su visualización, ya que solo de esa forma se puede acceder a información a escalas más grandes y así poder tener análisis más precisos.

Cartografía de registro de incendios forestales

Por medio de la metodología descrita en los capítulos 5 y 6, se obtuvo la cartografía de incendios ocurridos en Salsipuedes (ver mapa 1 de Anexo III) diferenciados entre aquellos mediante los cuales poseíamos datos por superficie (2007-2014) y aquellos proporcionados por la Asociación de Bomberos Voluntarios que representaban la ubicación y frecuencia de los mismos (2011-2014).

En el mismo se puede observar que los datos recogidos sobre aquellos incendios por superficie afectada (ha), indican incendios forestales de gran magnitud para los años 2008 y 2011, en el sector oeste del área urbana sobre el faldón oriental de las Sierras Chicas y grandes incendios de interfase para el año 2013, el cual es recordado como el más crítico de la última década en la Provincia de Córdoba en materia de incendios. También se puede observar que la gran mayoría de los incendios suceden en áreas de interfase, tales como los cercanos a los barrios “Cerro del Sol” y “El Pueblito” al este de área urbana, en cercanías al barrio “Villa Silvina” al sur y sobre todo en la zona comprendida en cercanías al basural municipal. Esta área que abarca un radio aproximado de 48 ha alrededor del basural contabiliza un total de 9 incendios de considerable magnitud desde el año 2011 hasta el año 2014. Siendo este dato mucho más amplio,

ya que según palabras de los bomberos de la localidad, allí diariamente se producen incendios subterráneos que al no expandirse a residencias cercanas, no son atendidos por el personal de dicha institución debido al peligro que conlleva la mitigación del hecho por la toxicidad del humo emanado por los residuos allí contenidos.

Mapa de Riesgo de Ignición de Incendios

Luego de haber elaborado las capas criterio con su respectiva clasificación de riesgo correspondiente a las cinco variables consideradas (coberturas de combustibles, proximidad a asentamientos urbanos y caminos, orientación de laderas y presencia de basurales) y de haberle asignado el algoritmo de ponderación correspondiente a través de la matriz de comparación por pares de criterio, se obtuvo como resultado el mapa de riesgo de ignición de incendios representado en formato raster en su contenido

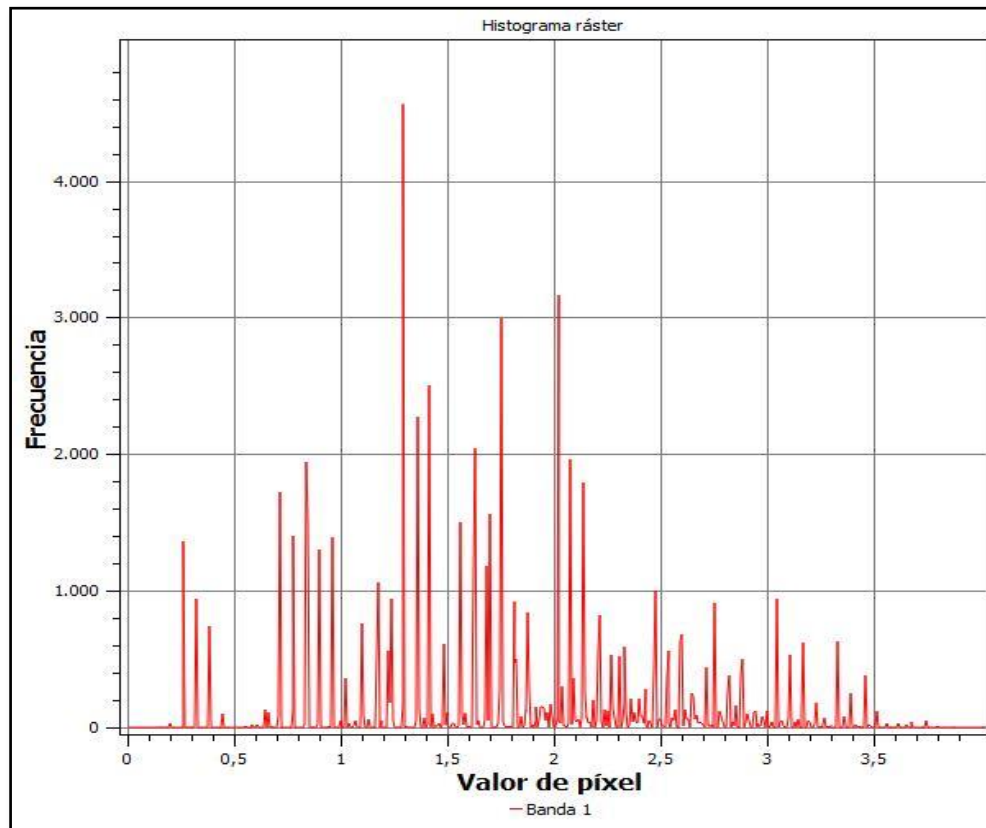
Para la construcción del mapa se utilizó la siguiente clasificación estándar para determinar el nivel de riesgo de acuerdo al valor numérico de cada pixel:

Tabla 14: Los niveles de riesgo y sus respectivos valores numéricos de pixel para el riesgo de ignición

Nivel de Riesgo	Valor Numérico de Pixel
Nulo	0
Bajo	0.1-1.5
Moderado	1.5-2.5
Alto	2.5-3.5
Extremo	3.5-4

En relación a la anterior clasificación y al mapa de riesgo de ignición, se construyó el siguiente histograma que refleja la frecuencia de los valores antes asignados en toda el área de análisis:

Grafico 1: Histograma de frecuencias raster para el mapa de riesgo de ignición.

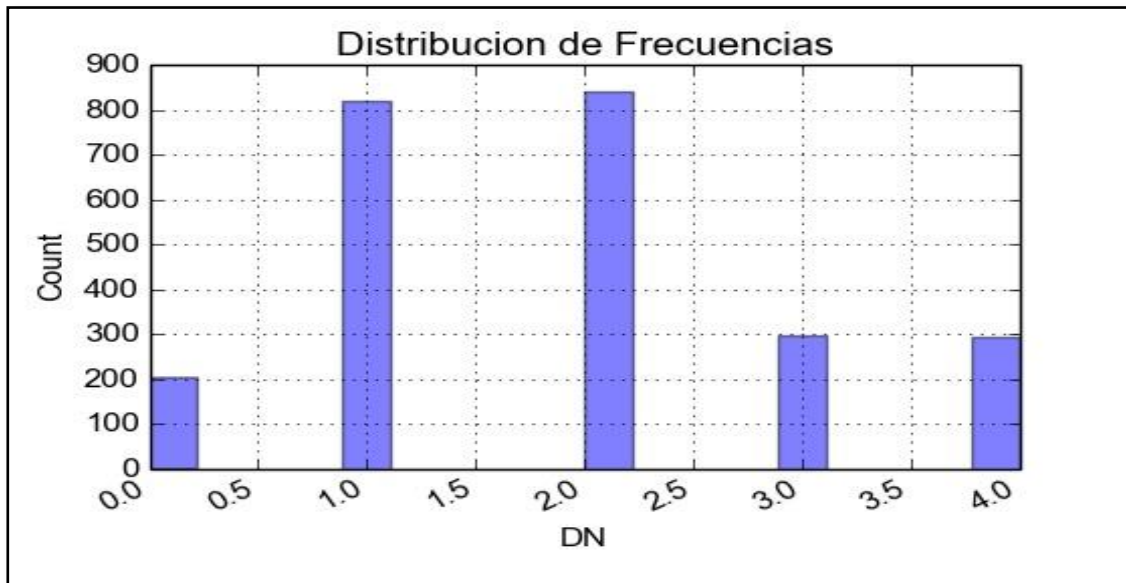


En el anterior gráfico se puede observar que los valores ubicados entre 1.3 y 2 son aquellos de mayor frecuencia. Aquí entonces vemos que la clase de riesgo de ignición “moderado” es la predominante, seguida por los valores de riesgo bajo, comprendidos entre 0.2 y 1 principalmente. El histograma también nos muestra que el valor de píxel promedio (media) es 1.75 (riesgo moderado).

Vectorizando el mapa anterior podemos obtener una visión más homogénea de los datos, ya que el SIG en la transformación de los datos, redondea los valores de píxel si superan los valores intermedios de 0.5 de cada franja. Así obtenemos valores normalizados en 5 categorías: 0 (riesgo nulo), 1 (riesgo bajo), 2 (riesgo moderado), 3 (riesgo alto) y 4 (riesgo extremo), obteniendo nuestro “mapa de riesgo de ignición de incendios” (ver mapa 2 de anexo III)

De esta manera podemos resumir los resultados obtenidos en la siguiente tabla de acuerdo a los valores normalizados de las 5 categorías antes descriptas:

Tabla 15: Distribución de frecuencias de valores normalizados para riesgo de ignición de incendios.



En la tabla 15 podemos observar, tal como decíamos anteriormente, que aquellos valores identificados con los riesgos bajo y moderado (1 y 2 respectivamente) son los que se repiten con mayor frecuencia, seguido por los valores pertenecientes a los riesgos alto y extremo (3 y 4 respectivamente), en un 60% menos que los anteriores.

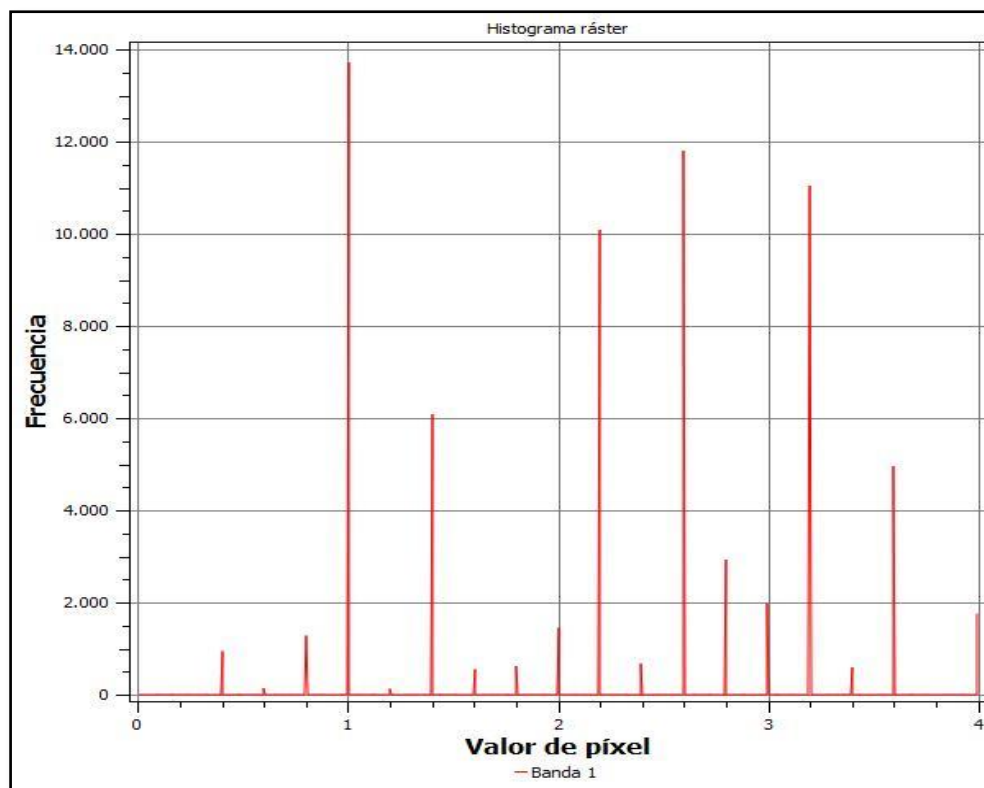
De acuerdo a los resultados antes presentados podemos concluir que aquellas zonas que representan un mayor riesgo de ignición (probabilidades de inicio de un incendio) son aquellas ubicadas en el sector urbano-interfase de Salsipuedes, allí encontramos valores que rondan los 2,5 y 3,5 de riesgo promedio. Mientras que los valores de riesgo extremo se encuentran en primer lugar sobre el basural municipal, en segundo lugar en contigüidad a la ruta E-53 en el sector sur de ingreso y norte de salida a la localidad. También encontramos estos valores en cercanías a la ruta E-57, en cercanías al poblado de “Candongá” y distribuidos sobre el sector oeste del faldón oriental de Sierras Chicas, los cuales se explican por la presencia de viviendas en medio de bosques serranos y áreas de pastizales.

Mapa de Riesgo de Propagación de Incendios

Para el mapa de riesgo de propagación se elaboraron las capas criterio de: cobertura de combustibles, pendientes, caminos e hidrografía con su respectiva clasificación de riesgo correspondiente. Luego de haberle asignado el algoritmo de ponderación a cada una de estas variables, a través de la matriz de comparación por pares de criterio, se confecciono el mapa representado en formato raster.

Los valores de pixel que se utilizaron para definir las 4 clasificaciones de riesgo son los mismos que se mencionan en la tabla 14. Mientras que aquí también se elaboró el histograma correspondiente a la distribución de las frecuencias de los valores calculados:

Grafico 2: Histograma de frecuencias raster para mapa de riesgo de propagación

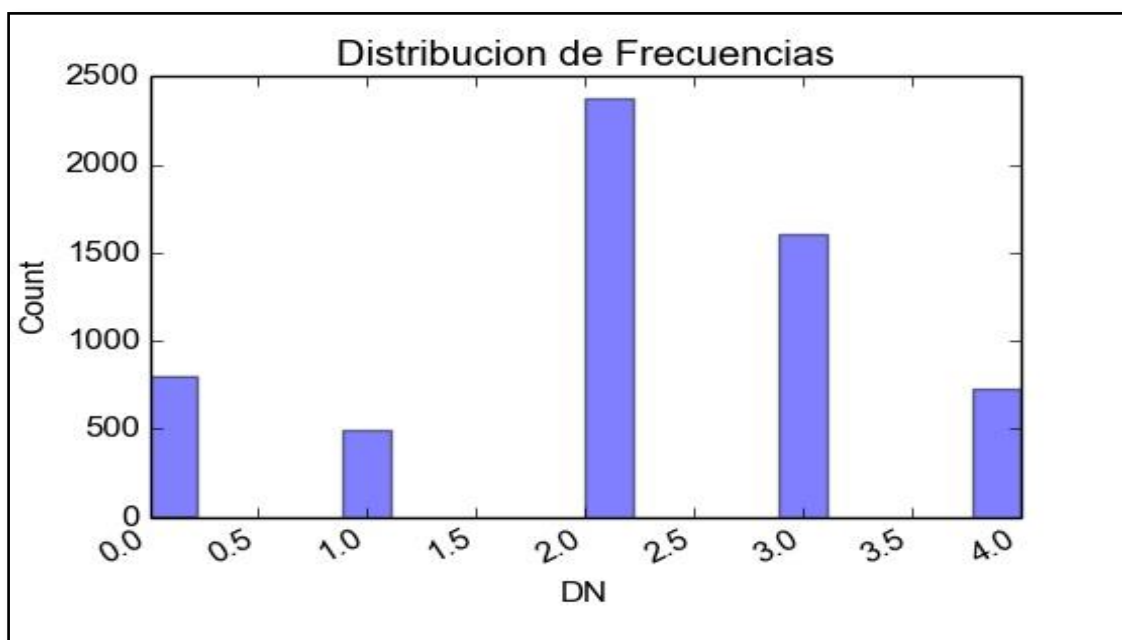


En el grafico anterior se puede ver que los datos demuestran una predominancia de los valores de pixel correspondiente a 1 (riesgo bajo), seguido por los valores 2.2, 2.4 y 3.2

correspondientes al riesgo moderado de propagación de incendios. A su vez normalizando los valores anteriores tal como en el mapa anterior, se vectorizaron los datos raster para una visión más homogénea de los datos y así obtener el “mapa de riesgo de propagación de incendios” (ver mapa 3 del anexo III).

De la misma forma luego de normalizados los valores obtenidos para el mapa vectorial podemos construir la siguiente tabla, con las 4 categorías de riesgo y su distribución de frecuencias:

Tabla 16: Distribución de frecuencias de valores normalizados para riesgo de propagación de incendios



De acuerdo a la tabla anterior podemos decir que los valores normalizados más frecuentes son aquellos que representan un riesgo moderado de propagación en toda el área de estudio, seguidos por aquellos pertenecientes a los riesgos altos y en menor medida los riesgos extremos, bajos y nulos. Es importante resaltar la presencia aquí de los valores nulos, ya que representan la presencia de cortafuegos (cursos fluviales o caminos) que conceptualmente nos dicen que los fuegos no deberían sobrepasar la barrera que estos representan en un incendio, por lo que es de suma importancia tomarlos en cuenta a la hora de analizar la presente cartografía.

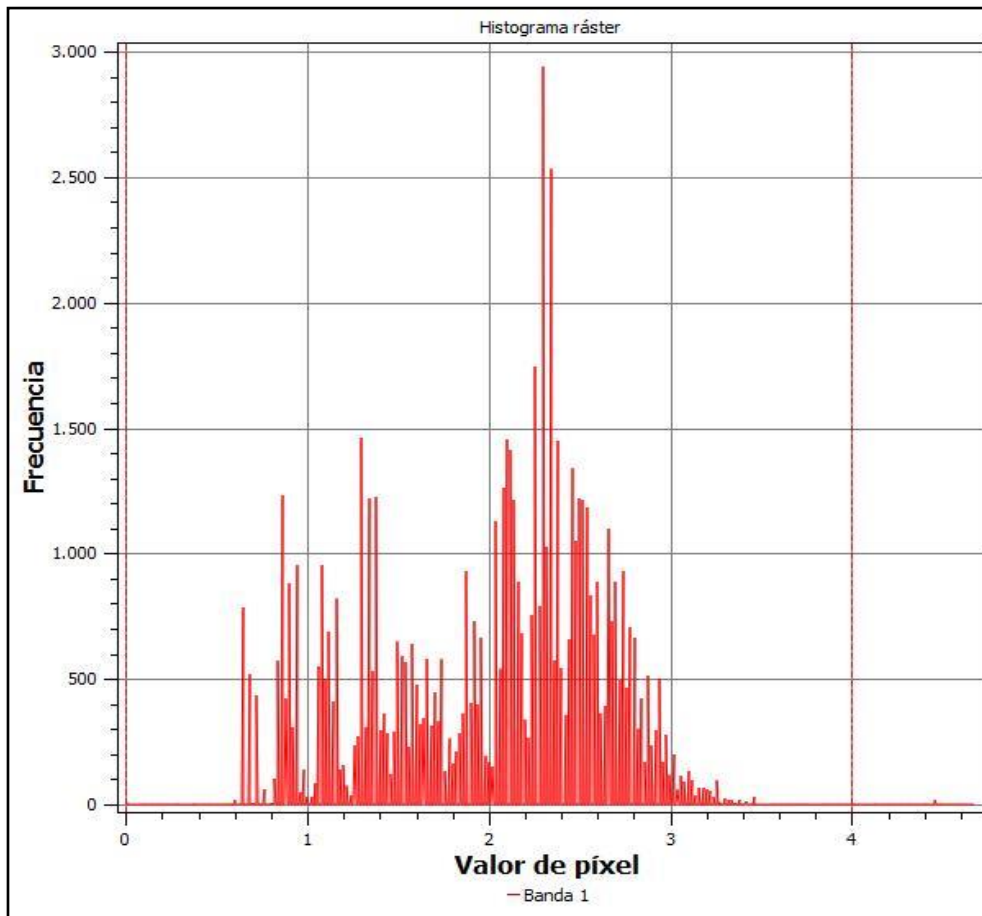
A su vez luego de generar el mapa de propagación de incendios, podemos observar que las zonas de mayor riesgo corresponden al sector noroeste del área de estudio, ubicadas en el faldón oriental de las Sierras Chicas, esto se explica en un principio por la presencia de vegetación del tipo pastizal, que anteriormente fue calificada como la cobertura de combustibles más peligrosa para la propagación y a su vez por la presencia de pendientes mayores a 30 grados. Allí es donde se encuentra mayoritariamente las zonas de riesgo extremo, mientras que las zonas de riesgo alto, se ubican en todo el sector oeste y centro del radio, exceptuando en este caso las áreas urbanas más densificadas. Por último en el sector este predomina el riesgo bajo y moderado por la presencia de áreas de cultivos y pendientes menores a los 10 grados. La influencia de los cortafuegos puede verse de mayor de manera en el área urbana, debido a la presencia de los caminos e infraestructuras urbanas, mientras que en los cursos de agua solo encontramos influencia del Río Salsipuedes y el arroyo de “El Pueblito”.

Mapa de Riesgo de Incendios de Salsipuedes

La elaboración del mapa de riesgo de incendios de Salsipuedes forma parte del objetivo principal de este trabajo y tal como se explicó en el diseño metodológico para construirlo se necesitó antes de la confección de los mapas de riesgo de ignición y propagación de incendios. Luego de elaborados estos, procedimos a integrarlos mediante la herramienta “calculadora raster” con un algoritmo de ponderación de 0.50 para cada uno, dando como resultado en una primera instancia la cartografía en datos crudos (formato raster).

La clasificación de riesgo utilizada es la misma que se utilizó para los mapas anteriores y que figura en la tabla 14 y en las referencias de la presente cartografía. En el siguiente histograma se puede observar la frecuencia de los valores obtenidos:

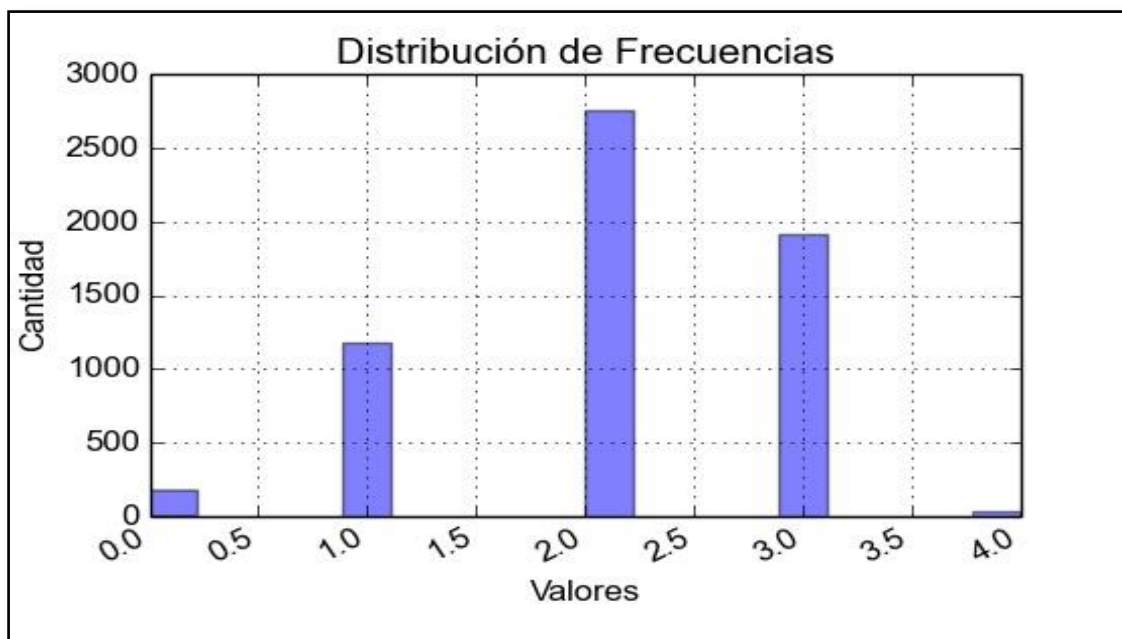
Grafico 3: Histograma de frecuencias raster de mapa de riesgo de incendios



En el histograma podemos observar que los valores pixel más frecuentes corresponden a los de riesgo moderado, representados por los valores entre 1,5 y 2,5. Siendo este último valor, la franja donde mayor frecuencia de resultados se obtuvo y siendo el valor 2,1 el promedio (media). Luego de los valores cercanos a 3 (riesgo alto), la frecuencia decae notoriamente, siendo los valores extremos de riesgo, es decir mayores a 3,5, mínimos de no ser por la presencia del basural municipal como el área observable de mayor magnitud. Ampliando la escala de visión del mapa se encuentran otras áreas de extremo riesgo que no se alcanzan a ver en el mapa ni en el histograma y que luego de vectorizados y normalizados los valores anteriores pasaremos a describir y para el cual se confecciono nuestro “mapa de riesgo de incendios de Salsipuedes” (ver mapa 4 en Anexo III).

Luego de normalizados los valores pixel para las cuatro categorías de riesgo bajo, moderado, alto y extremo (1, 2, 3, 4 respectivamente) se pudo realizar la siguiente tabla que resume los resultados finales en cuanto a los valores de riesgo de mayor frecuencia presentes en el área de estudio:

Tabla 17: Distribución de frecuencias de valores normalizados para riesgo de incendios



En la tabla anterior podemos observar tal como indicábamos en el histograma, que los valores cercanos a 2, correspondientes a las zonas de riesgo moderado de incendios, son los de mayor frecuencia, seguido por aquellos de riesgo alto (valor 3) y riesgo bajo (valor 2).

A su vez analizando más detalladamente los mapas de incendios construidos podemos decir que las escasas zonas de riesgo de incendios extremos se encuentran concentradas en la zona perteneciente al basural municipal y en un sector extremo oeste del área de estudio. A los valores de riesgo alto los podemos encontrar dispersos en todo el radio de análisis pero agrupados por sectores. Al oeste encontramos tres fragmentos, uno en cercanías a la ruta E-57, en el poblado de “Candongá” el cual se explica por su elevada urbanización en una de las zonas de interfase con mayor presencia de bosques y con una alta circulación de automóviles por la ruta provincial. Otro sector es aquel colindante con el barrio de “Canteras el Sauce” pertenecientes a la localidad de “El Manzano”, en el cual encontramos muchos trazos de caminos, una moderada urbanización y la presencia de un bosques serrano degradado por la

histórica actividad minera en el área. El otro sector con riesgo alto se da en el extremo oeste aledaño al radio urbano de la localidad de “Valle Hermoso” y en el sector noroeste. Este se explica por la presencia de pastizales y pendientes mayores a 30 grados, lo que provoca un alto riesgo de propagación como se vio en el mapa anterior y a partir de la presencia de ciertos caminos y urbanizaciones aisladas.

También en la interfase entre la mancha urbana continua y el área rural y/o forestal encontramos zonas de riesgo alto que se extienden por toda la Avenida Sabattini (paralela a la ruta E-57). El riesgo aquí se explica por la elevada urbanización en áreas de interfase y por la presencia caminos, con pendientes moderadas y un bosque chaqueño-serrano en regulares condiciones. Se puede decir que no hemos encontrado áreas significativas de riesgo extremo ni alto en todos los sectores pertenecientes al área de cultivos al este del radio.

En cuanto a las áreas de riesgo moderado (aquellas que se repiten en mayor medida) se encuentran distribuidas homogéneamente en casi en todo el radio, a excepción del sector este. En la zona oeste y centro son predominantes junto con los valores de riesgo alto. Los únicos sectores que presentan un riesgo menor a estos, son el área central urbana de la localidad de Salsipuedes, debido a la elevada presencia de cortafuegos y a la baja cantidad de material combustible.

Por ultimo las zonas de riesgo bajo vemos que corresponden a todo el sector agrícola-ganadero ubicado al este del radio de estudio, esto se debe a la baja ignitabilidad que tienen los cultivos, escasa urbanización y presencia de caminos, pendientes menores a los 10 grados y la presencia de fragmentos de materiales combustibles correspondientes a un bosque chaqueño degradado. Los valores nulos, representados en un color blanco en el mapa, corresponden a los llamados cortafuegos o zonas con valores menores a 0,5. Estas están concentradas en el área urbana más densificada y en cercanía a los cauces fluviales, por lo que representan una proporción pequeña de todo el radio de análisis.

Presentación de los resultados y capacitación a los bomberos voluntarios de Salsipuedes

Luego de haber finalizado con los objetivos anteriores, se presentaron los resultados obtenidos en la Asociación de Bomberos de Salsipuedes (Ver fotos en Anexo II), en la cual se expuso ante el presidente del Cuerpo Activo de Bomberos: Carlos Giovaninni y los bomberos presentes, un recorrido sobre los objetivos del proyecto, herramientas y datos utilizados, metodología paso por paso para la creación de los mapas y por último un análisis conjunto de los mapas de riesgos obtenidos, compartiendo inquietudes y dudas acerca de todo el proyecto. A su vez también se discutió las posibilidades de actualización que tiene esta cartografía año tras año. Aquí se coincidió que si bien algunas de las variables utilizadas, son de carácter estático, tales como las topográficas, otras pueden ser dinámicas con el paso de los años, tales como los cambios en las coberturas de suelo, edificación de nuevas viviendas en áreas de interfase, apertura de nuevos caminos y el deterioro u optimización del tratamiento de la basura.

También se capacito al personal presente en el manejo básico del sistema de información geográfico “Qgis 2.10”, para el manejo de los datos y el tratamiento de la información cargada en los computadores de la institución. Luego de la presentación, entendemos que estos deberían poder acceder a esta información libremente y hacer un uso adecuado de la misma. De igual se les otorgo a la institución una gigantografía en lona de los mapas en tamaño B1 (70cmx1m) para un acceso más rápido a la información. Es importante aclarar que también nos hemos comprometido a seguir colaborando con el personal de bomberos en lo que respecta a la actualización y optimización de los mapas de riesgo, ya que al ser una institución que renueva anualmente su personal, es probable que sean necesarios consultas sobre la utilización de la información cargada.

OCTAVO CAPÍTULO: CONCLUSIONES

Incidencias y aportes a las instituciones

Luego de la entrega de la cartografía e información dada por los objetivos, se pensó en conjunto con los Bomberos, Defensa Civil Municipal y Provincial y miembros de la comunidad académica, el aporte que estos productos pueden tener en la prevención y mitigación de los incendios forestales e interfase en Salsipuedes y en Sierras Chicas a futuro. Previamente a la conclusión del proyecto, pensábamos que la generación de una serie de mapas de riesgo, podía darle herramientas a las instituciones, para planificar y diagramar acciones en zonas que estén bajo un riesgo considerable de incendios. Mientras que posteriormente, ya con los resultados a mano, entendimos la potencialidad que tiene la cartografía generada para la gestión del riesgo, tanto por el impacto visual que generan en el público en general como para los usuarios de estos sistemas. A su vez el uso de los mismos permitió que los bomberos tengan una base de datos actualizada sobre las áreas de riesgo y los registros de incendios de los últimos años con la posibilidad de seguir siendo actualizado de una manera simple. En este punto resultó importante poder llevar a cabo una buena explicación de la estructura del modelo, a partir de la simplicidad que la carga de datos conlleva y de la visualización de los mismos.

También queremos resaltar que la futura incorporación de los mapas de riesgo en la planificación de la gestión de incendios es un compromiso que los bomberos han asumido, así como también, en la evaluación de estos como herramienta. Creemos que estos modelos generados no acabaran con la problemática de los incendios, pero sí que son una herramienta valiosa para el futuro, y una necesidad que los bomberos nos han manifestado en pos de una actualización informática y un avance en la gestión de incendios. Así como también es útil como fuente para la justificación de ciertos tipos de gestiones (pensadas en conjunto con el área municipal) que necesitan de un soporte para ser llevadas a cabo, tales como: la planificación territorial en base a la expansión urbana en áreas de interfase y/o forestales, la apertura de calles y creación de rutas como focos de incendios, la advertencia a la comunidad sobre las áreas de riesgo que habita y la posibilidad de mejorar los accesos a los camiones hidrantes en ciertas zonas de riesgo inaccesibles para estos. Todas estas acciones deben ser llevadas a cabo conjuntamente con las autoridades gubernamentales de Salsipuedes, a las cuales también

destacamos por el apoyo al proyecto, tanto a la gestión municipal saliente como a la entrante (2015).

También queremos resaltar la potencialidad de riesgos de incendios que para los próximos años (2016-2017) pueden provocar las condiciones climáticas debido a los efectos posteriores a la incidencia del fenómeno de “El Niño” para América del Sur, uno de los más fuertes de los últimos 50 años según el Servicio Meteorológico Nacional (2015). El posible advenimiento del fenómeno de “La Niña” para estas regiones, todavía discutido según informe de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2015), puede traer la presencia de tempranas heladas sobre estas regiones y prolongados ciclos de sequías, a los cuales si les sumamos la gran cantidad de material combustible acumulado en estos años por la elevadas precipitaciones anuales y la nula cantidad de incendios registrados durante el año 2015, obtenemos un escenario de alto riesgo de incendios para los próximos años. Es aquí donde los mapas de riesgos elaborados podrán ser una herramienta de prevención todavía más útil para los bomberos y toda la comunidad de Salsipuedes en general.

Por último consideramos relevante enmarcar el presente trabajo, como parte de un proyecto más amplio de elaboración de mapas de riesgo múltiples: *“Mapas Dinámicos Participativos de Riesgos Múltiples. Un aporte metodológico para la prevención, mitigación y respuesta en las localidades de Sierras Chicas y zonas de influencia, Córdoba, Argentina”* (perteneciente al grupo de investigación de ciencias de la información geográfica del cual formamos parte), en los cuales, además del riesgo de incendios, se consideran los riesgos hidrológicos y tecnológicos entre otros. La elaboración en conjunto de todos estos, creemos que producirá un producto de mayor calidad, ya que relacionara múltiples variables de riesgos con posibilidad de integrarse y de elaborar análisis de manera sinérgica junto con las poblaciones locales en base a sus valiosos conocimientos y experiencias. Esa fue la idea original de este trabajo que con el paso del tiempo fue integrando la experiencia de los bomberos y de la comunidad de Salsipuedes con el modelo de riesgo previamente construido. Por el que también nos planteamos a futuro la mejora y aplicación de este modelo a escalas regionales, tales como a todo el corredor de Sierras Chicas para así luego ser integrado al proyecto antes mencionado.

Evaluación de una experiencia de Práctica Profesional Supervisada (PPS)

Como reflexión personal puedo decir que la experiencia de Práctica Profesional Supervisada en la Asociación de Bomberos Voluntario de Salsipuedes, fue sumamente positiva y enriquecedora como futuro profesional, tanto por haber aprendido de la experiencia incalculable de los bomberos como institución valiosa para toda la sociedad y el de todo un espectro de profesionales e idóneos en la gestión del riesgo, los incendios y la preservación de los bosques nativos en las Sierras Chicas.

En un principio reconozco la incertidumbre de cómo relacionarme con una institución a la cual no había accedido nunca, sumado a la falta de experiencias en PPS que había en la carrera por la reciente modalidad de realización de trabajo final que estas poseen. De todas maneras con el paso de los meses, los bomberos me manifestaron todo su apoyo y las ganas de poder completar los objetivos que nos habíamos planteado al inicio de este proyecto junto con mi director Ruben Actis Danna y el tutor de práctica, hoy intendente de la localidad, Marcelo Rubén Bustos. Aquí también tengo que reconocer la valiosa experiencia de intermediación entre distintos estamentos de poder y las estrategias para poder entablar relaciones entre dos instituciones con diferencias políticas (Asociación de Bomberos y Municipalidad de Salsipuedes, al momento de inicio de la práctica) pero con un objetivo en común que era sumar una herramienta de gestión para la prevención de los incendios.

Como autocrítica puedo decir que me hubiese gustado un acercamiento todavía más fuerte con la institución, ya que por la forma en que estaba planteado mi proyecto que implicaba muchas horas de trabajo en laboratorio, que durante algunos meses, hicieron que sea más solitaria la experiencia. Igualmente cuando no hubo un acercamiento presencial diario, los contactos se mantuvieron y la colaboración recíproca se mantuvo.

Por último y a título personal, recomiendo fuertemente la experiencia de realizar una Práctica Profesional Supervisada, ya que creo que afianza mucho más los vínculos entre los representantes de la comunidad universitaria y las instituciones sociales, políticas o privadas. La transferencia de conocimientos resulta muy valiosa para estas comunidades e instituciones y es constante el agradecimiento a cualquier aporte en pos a reducir o solucionar una problemática determinada. Esta transferencia a su vez es recíproca, ya que nosotros como estudiantes avanzados, siento que necesitamos este vínculo con la sociedad para poder entender bien cómo

funcionan las problemáticas que estudiamos y poder tener una bajada más local de los conocimientos adquiridos, siempre buscando el aporte social a las comunidades o instituciones más necesitadas de nuestra ayuda como futuros Licenciados en Geografía y profesionales en la gestión territorial y ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- ABARCA, Oscar I y QUIROZ, José G (2005): “Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay”. Revista Online Agronomía Tropical, vol.55, n.1, pp. 35-62. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X2005000100003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0002-192X (Fecha de consulta: noviembre, 2014).
- ACTIS DANNA, Rubén et al (2013): “Mapas dinámicos participativos de riesgos múltiples. Un aporte metodológico para la prevención, mitigación y respuesta”. Anales del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina 2013 Perú. Disponible en: <http://www.egal2013.pe/anales/> - ISBN: 978-612-46407-2-8 (Fecha de consulta: diciembre, 2014).
- ARGARAÑAZ, Juan Pablo et al (2015): “Human and biophysical drivers of fires in Semiarid Chaco mountains of Central Argentina”. Revista Science of the Total Environment, vol 520, 1 Julio 2015, pp 1-15. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715002338> (Fecha de consulta: Junio, 2015).
- ARGARAÑAZ, Juan Pablo et al (2015): “Fire regime, climate and vegetation in the Sierras de Córdoba, Argentina”. Fire Ecology, Vol 11, Issue 1, 2015, pp 55-69. Disponible en: <http://fireecologyjournal.org/journal/abstract/?abstract=233> (Fecha de consulta: Junio 2015)
- ARGARAÑAZ, Juan Pablo et al (2015): “Mapeo y evaluación del riesgo de incendios en la interfase urbano-rural de las Sierras de Córdoba”. V Jornadas y II Congreso Argentino de Ecología de Paisajes, Azul, Buenos Aires, Argentina

BATISTA, Antonio y BIONDI, Daniela (2009): “Avaliação da inflamabilidade de *Ligustrum lucidum* Aiton (Oleaceae) para uso potencial em cortinas de segurança na região sul do Brasil”. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. Vol. 4, n4, pp 435-439.

BLAS MORATO, Rocío y NIETO MASOT, Ana (2008): “Mapa de riesgos de incendios forestales de la provincia de Cáceres”. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 488-501. Disponible en: http://age-tig.es/gran_canaria08/ponencia_3/Blas%20y%20Nieto.pdf (Fecha de consulta: diciembre, 2014).

BUZAI, Eduardo et al (2015): “Teoría y métodos de la geografía cuantitativa”. Libro 1: Por una geografía de lo real, MCA libros, libro digital. Buenos Aires.

BUZAI, Eduardo (2013): “Sistemas de Información Geográfica (SIG): Teoría y Aplicación”. 1ra Ed, Lujan: Universidad de Lujan.

CHUVIECO, Emilio (2009): “Detección y análisis de incendios forestales a través de imágenes satelitales y teledetección”. *Revista Real Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat (Esp)*. Vol. 103, N° 1, pp 173-181. *X Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica*. Disponible en: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00917.pdf> (Fecha de consulta: noviembre, 2014).

CHUVIECO, Emilio et al (2008): Propuesta de un sistema espacialmente explícito para evaluar el peligro de incendios”. *Serie Geográfica*, Numero 14, 2007-2008, pp 109-130. Disponible en: <http://dspace.uah.es/dspace/handle/10017/2079> (Fecha de consulta: Mayo 2015)

CHUVIECO, Emilio et al (1998): “Geografía e incendios forestales. *Serie Geográfica*, Volumen 7, pp. 11-17. Disponible en:

http://digital.csic.es/bitstream/10261/6427/1/Martin_Isabel_Incendios.pdf (Fecha de consulta: noviembre, 2014).

CHUVIECO, Emilio (1995): “Fundamentos de teledetección espacial. Segunda edición”. Editorial RIAP, Madrid.

GARCIA, Jorge Luis et al (2006): “Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola”. *Agronomía costarricense*, Vol 30, pp 107-114. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v30n01_107.pdf. Fecha de consulta: Agosto, 2015.

GAVIER-PIZARRO, Gregorio et al (2012): “Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM+ satellite data and Support..., Remote Sensing of Environment”. Disponible en: 10.1016/j.rse.2011.09.023. (Fecha de consulta: Junio, 2015).

GAVIER-PIZARRO, Gregorio y BUCHER, Enrique (2004): “Deforestación de las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina (1970-1987)”. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina. Miscelánea N°101.

GIORGIS, Melisa et al (2013): “El efecto del fuego y las características topográficas sobre la vegetación y las propiedades del suelo en la zona de transición entre bosques y pastizales de las sierras de Córdoba, Argentina”. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 48 (3-4) pp 493-513.

GIORGIS, Melisa (2011): ““Caracterización florística y estructural del Bosque Chaqueño Serrano (Córdoba) en relación a gradientes ambientales y de uso”. Tesis de Doctorado en Ciencia Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

HOYOS, Laura (2007): “Invasión del siempre verde (*Ligustrum lucidum*) en las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina”. Tesis de Maestría. Programa de Postgrado en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

- JAISSWAL, Rajeev Kumar et al (2002): “Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS”. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4. Revista Elsevier Science.
- JAUREGUIBERRY, Pedro (2012): “Caracteres funcionales, flamabilidad y respuesta al fuego de especies vegetales dominantes en distintas situaciones de uso de la tierra en el centro-oeste de Argentina”. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- LAVELL, Allan (2010): “Gestión Ambiental y Gestión del Riesgo de Desastre en el Contexto del Cambio Climático: Una Aproximación al Desarrollo de un Concepto y Definición Integral para Dirigir la Intervención a través de un Plan Nacional de Desarrollo”. Departamento Nacional de Planeación-DNP, Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible. Disponible en: <http://www.la-red.org/>. Fecha de consulta: Marzo, 2015.
- LAVELL, Allan (2001): “Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición”. *Revista Scripta Nova*. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/riesgo-apuntes.pdf>. Fecha de consulta: Marzo, 2015.
- MONTILLA, Arismar Marcano y RIOS, Scarlet Cartaya (2010): “La gestión de riesgos de desastres naturales y el uso de los sistemas de información geográfica (SIG): algunas consideraciones”. *CONHISREMI, Revista Universitaria Arbitrada de Investigación y Dialogo Académico*. Volumen 6, N° 3.
- MORENO JIMENEZ, Jose Maria et al (1998): “Validez, Robustez y Estabilidad en Decisión Multicriterio. Análisis de Sensibilidad en el Proceso Analítico Jerárquico”. *Rev. R. Acad. Cien. Exact. Fis. Nat.* Vol. 92, N.o 4, pp 387-397. Disponible en: http://dmle.cindoc.csic.es/pdf/RRACEFN_1998_92_04_14.pdf. Fecha de consulta: Abril, 2015.

- PERZINA, Radomir & RAMIK, Jaroslav (2014): “Microsoft Excel as a tool for solving multicriteria decision problems”. 18th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems - KES2014. Procedia Computer Science 35. Pp 1455 – 1463. Revista Elsevier, Science Direct. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>. Fecha de consulta: Octubre, 2015
- PPMF (2007): “Guía Para La Prevención De Incendios Forestales En Córdoba. Gobierno de la Provincia de Córdoba, Secretaría de Ambiente”. Disponible en: <http://www.cba.gov.ar/vercanal.jsp?idCanal=62181>. Fecha de consulta: Octubre, 2014
- QUIROGA, Luis Gonzalo (2015): “Implementación de un índice de posibilidad de incendio para las Sierras de Córdoba”. Trabajo final presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich como parte de los requerimientos para la obtención del grado de “Magister en aplicaciones espaciales de alerta y respuesta temprano a emergencias”. CONAE/UNC.
- QGIS (2015): Manual en español de versión Qgis 2.8. Disponible en: http://docs.qgis.org/2.8/es/docs/user_manual/. Fecha de consulta: Marzo, 2015.
- SAATY, Tomas (1998): “Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos”. En: Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias, ed. Por Eduardo Martinez y Mauricio Escudey, Editorial Universidad de Santiago, pp. 17-46.
- VALPREDÁ, Edda Claudia (2007): “Sistema de Información Geográfica (SIG)-Teledetección y Evaluación Multicriterio (EMC) en un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)”. Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo. Disponible en: <http://geo.exa.unrc.edu.ar/Posgrado/ARCHIVOS%20UTILES/1-033-Valpreda.pdf>. Fecha de consulta: Marzo, 2015

VERZINO, Graciela et al (2005): “Impactos de los incendios sobre la diversidad vegetal, Sierras de Córdoba, Argentina”. Ecol. apl. [online]. vol.4, n.1-2, pp. 25-34. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162005000100004&script=sci_arttext. (Fecha de consulta: Enero, 2015)

ZALAZAR, Laura (2014): “Herramientas geoespaciales para la gestión del riesgo de incendios en el Parque Nacional Quebrada del Condorito”. Trabajo final presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich como parte de los requerimientos para la obtención del grado de “Magister en aplicaciones espaciales de alerta y respuesta temprano a emergencias”, CONAE/UNC

Datos oficiales consultados e información utilizada

- Decreto Provincial N° 957/2004 en base a la reglamentación de la Ley Provincial N° 8.058 que regula la actividad de los Bomberos Voluntarios de la Provincia de Córdoba. Córdoba, 23 de agosto de 2004
- Estadísticas del Plan Provincial del Manejo del Fuego de la Provincia de Córdoba. (2014). Disponibles en : <http://www.cba.gov.ar/plan-provincial-de-manejo-del-fuego/> (Fecha de consulta: noviembre, 2014)
- Estatuto Original Vigente de Salsipuedes, que reglamenta la estructura de la Asociación de Bomberos Voluntarios. Salsipuedes, Córdoba 1999.
- Google Earth (2015). Imágenes satelitales actuales e históricas de Salsipuedes.
- INDEC. Censo 2010. Datos disponibles en: www.censo2010.indec.gov.ar. (Fecha de Consulta: Diciembre, 2014).
- Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Informe: “Perspectiva agroclimática estacional 2015/2016 en el área agrícola del cono sur”. Diciembre, 2015. Disponible en: <http://www.bolsadecereales.com/>
- Ley Nacional N° 13.273 de defensa, mejoramiento y ampliación de bosques.
- METI and NASA. Imagen Aster Global DEM. Fecha de adquisición: Diciembre 2014
- METI and NASA. Imágenes Satelitales Landast 8 OLI Surface Reflection. Periodos 2013-2015. Fecha de Adquisición: Septiembre 2015.

- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Informe: “Aspectos más salientes del estado del fenómeno El Niño y su impacto actual y perspectiva para los próximos meses”. Diciembre, 2015. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/>

ANEXOS

I. Ecuaciones

Fórmulas utilizadas en Calculadora Raster:

- a) RI: $(\text{Cobertura Combustibles}^* (\text{CB})) + (\text{Carreteras}^* (\text{C})) + (\text{Centros Urbanos}^* (\text{CU})) + (\text{Orientación Laderas}^* (\text{OL})) + (\text{Basurales}^* (\text{BA})) + (\text{Antecedentes}^* (\text{A}))$
- b) RI: $(\text{CB} * \text{Xcb Algoritmo}) + (\text{C} * \text{Xc Algoritmo}) + (\text{CU} * \text{Xcu Algoritmo}) + (\text{OL} * \text{Xol Algoritmo}) + (\text{BA} * \text{Xba Algoritmo}) + (\text{A} * \text{Xa Algoritmo})$
- c) RP sin cortafuegos: $(\text{Coberturas Combustibles}^* (\text{CB})) + (\text{Pendiente}^* (\text{P}))$
- d) RP sin cortafuegos: $(\text{CB} * \text{Xcb Algoritmo}) + (\text{P} * \text{Xp Algoritmo})$
- e) RP con cortafuegos: $(\text{CB} * \text{C}) + (\text{P} * \text{C}). \text{C}=0$
- f) RP con cortafuegos: $(\text{CB} * 0) + (\text{P} * 0)$

II. Fotografías

Vegetación



Fotografía 1 y 2: Área dominada por especies exóticas en sector sur del radio de Salsipuedes y cercanías a zonas urbanas (Ligustrum lucidum "siempre verde"). Fuente: Relevamiento propio, Septiembre, 2015.



Fotografía 3 y 4: Área dominada por bosque chaqueño en el sector centro del radio de Salsipuedes y en cercanías a zonas urbanas. Fuente: Relevamiento propio, Septiembre, 2015.



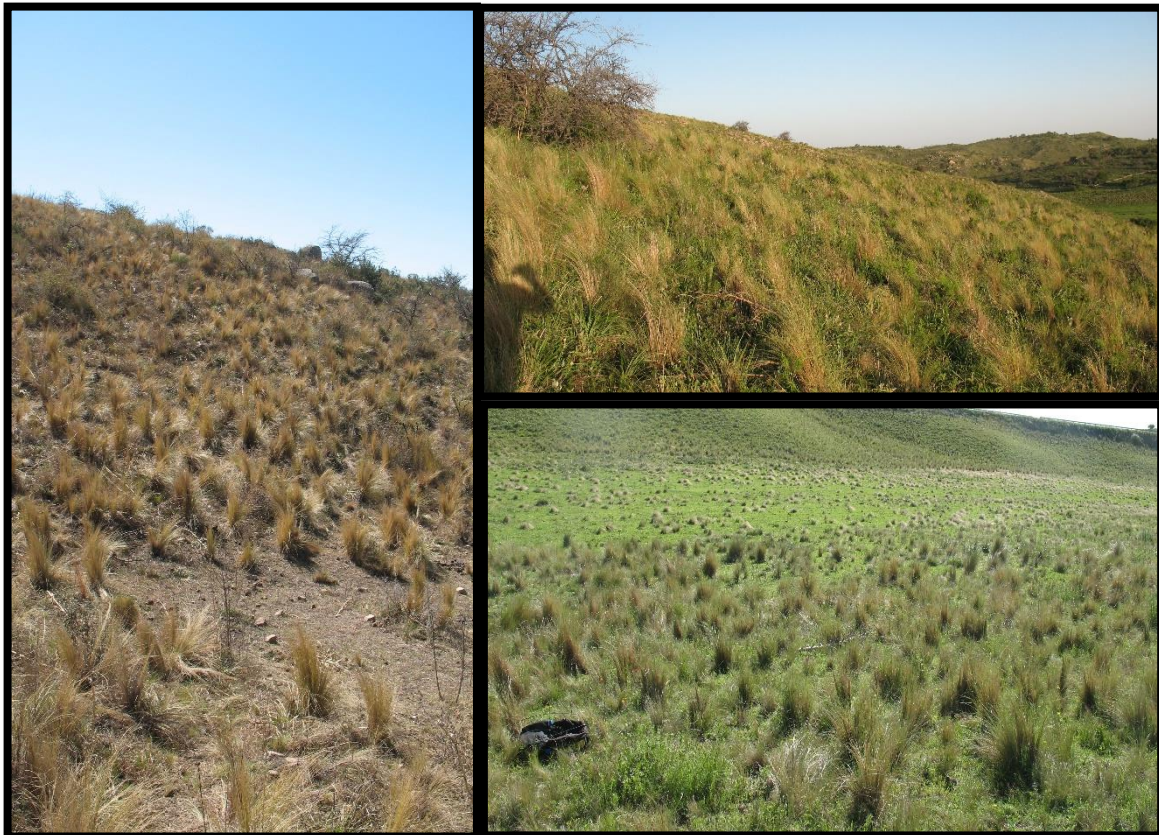
Fotografía 5 y 6: Área dominada por cultivos en sector este del radio de Salsipuedes. Fuente: Relevamiento propio, Septiembre, 2015.



Fotografía 7 y 8: Área dominada por bosque chaqueño en sector norte del radio de Salsipuedes. Fuente: Relevamiento propio, Septiembre, 2015.



Fotografía 9,10 y 11: Área dominada por Bosque Serrano al oeste del radio de Salsipuedes en cercanías al poblado de "Candonga" y la ruta E-57. Fuente: Juan Argarañaz; Agosto 2013.



Fotografía 12,13 y 14: Área dominada por pastizales en sector oeste del radio de Salsipuedes en cercanías a ruta E-57. Fuente: Juan Argarañaz; Agosto 2013.

Basural Municipal



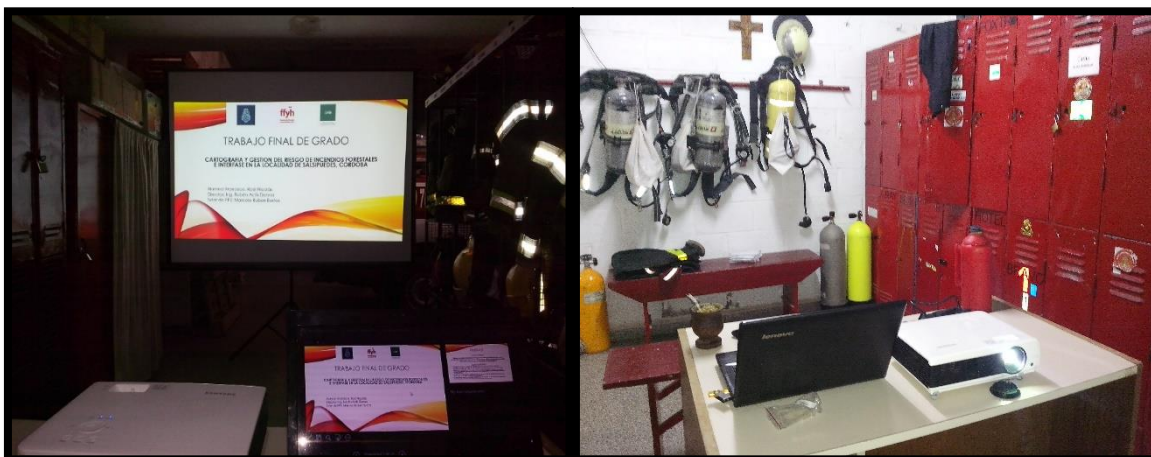
Fotografías 15 y 16: Basural municipal observado desde el sur. Fuente: Relevamiento propio; Septiembre, 2015.

Sede de la Asociación de Bomberos Voluntario de Salsipuedes



*Fotografía 17: Sede de la Asociación de Bomberos Voluntarios de Salsipuedes.
Fecha: Mayo, 2015*

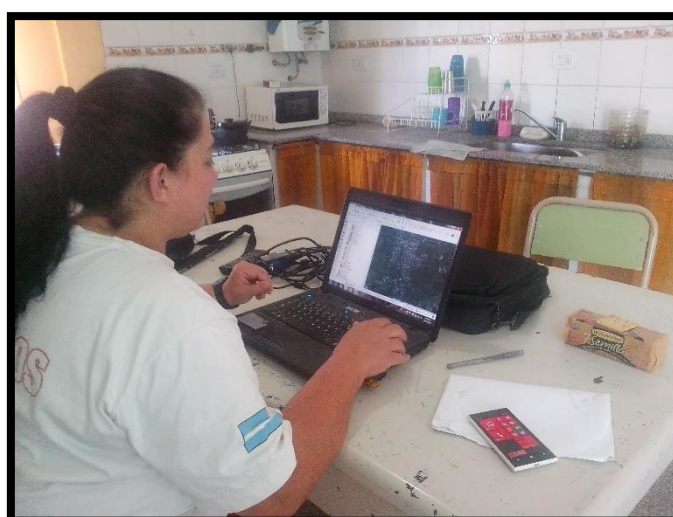
Capacitación y presentación de resultados



Fotografías 18 y 19: Preparación de resultados en cuartel de bomberos. Fecha: Diciembre, 2015



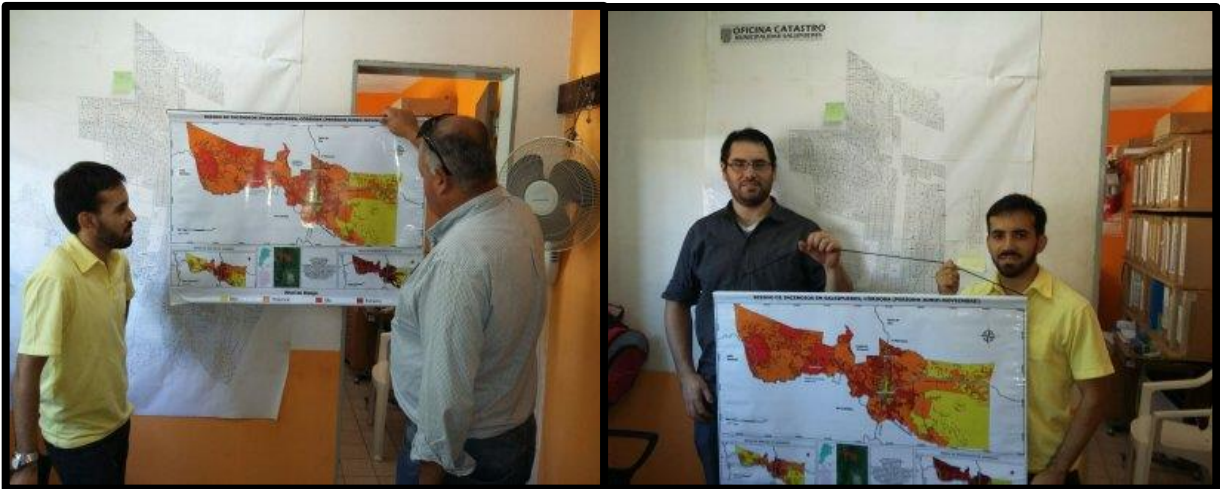
Fotografías 20 y 21: Presentación de resultados y capacitación. Fecha: Diciembre, 2015



Fotografía 22: Instalación del sistema en una de las máquinas de bomberos y explicación a voluntaria del cuerpo activo



Fotografía 23: Entrega de resultados al intendente de Salsipuedes y ex presidente de la comisión directiva de la Asociación de Bomberos Voluntarios de Salsipuedes.



Fotografía 24 y 25: Entrega de resultados en la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Salsipuedes.



Fotografía 26: Entrega de resultados al jefe de bomberos del cuerpo activo, Carlos Giovannini.

III. Cartografías