



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

ESTUDIO DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL EN UN SECTOR DE LA
COMARCA DE LA SIERRA DE LA VENTANA UTILIZANDO
GEOTECNOLOGÍAS

MARÍA PAULA MICHALIJOS

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2018

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Geografía, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Geografía y Turismo durante el período comprendido entre el 10 de mayo de 2005 y el 17 de agosto de 2018, bajo la Dirección del Dr. Julio Uboldi y la Co-Dirección de la Dra. Alejandra Gerdali.

Lic. María Paula Michalijos
Departamento de Geografía y Turismo
Universidad Nacional del Sur
Bahía Blanca



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el .../.../... mereciendo la calificación de (.....)

*A mi familia y a quienes incansablemente
persiguen sus sueños*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un especial agradecimiento a la Universidad Nacional del Sur por permitir el desarrollo de la presente investigación y a las autoridades y personal docente y no docente del Departamento de Geografía y Turismo por su apoyo constante.

A mi Co-directora de tesis Dra. Geraldí por sus enseñanzas y dedicación.

A mi padre compañero incansable de campañas, a mis amigas y colegas Vanesa Bohn y Claudia Sereno por tantas horas de compañía y a Patricia Rosell por sus consejos y asesoramiento.

Al especialista Federico Barragán por su asesoramiento en la cartografía, a la Dra. Verónica Gil y al equipo de Geografía Física del Departamento de Geografía y Turismo por facilitar el equipamiento necesario para la realización de las campañas y por compartir sus conocimientos.

A los Dres. Pablo Martín y Andrea Long del Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia por el asesoramiento en los trabajos de campo y facilitar el equipamiento necesario para tratar las muestras.

A los Bomberos Voluntarios de Tornquist, Villa Ventana y Sierra de la Ventana y al personal del Parque Provincial Ernesto Tornquist por los datos suministrados, sin los cuales no hubiera sido posible realizar la investigación.

A la familia Ollé de la ciudad de Tornquist, quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborar en la búsqueda de datos y contactos.

A mis amigas y compañeras de oficina Stella, Rosa, Ana Lía, Soledad, Loreana, Silvia, Aldana, Elizabeth y Silvia por la compañía en el camino recorrido.

A mi familia, mi sostén y a mi esposo, compañero de aventuras, sin él la vida tendría otro color.

Gracias a todos !!!!!

María Paula Michalijos

RESUMEN

Los incendios forestales representan un componente natural del ecosistema de pastizal pampeano. Sin embargo, el avance de la urbanización sobre espacios naturales tuvo como consecuencia que la sociedad los considere un disturbio que debe ser controlado. La Comarca de la Sierra de la Ventana no es ajena a esta situación, anualmente se registran fuegos con efectos cada vez más preocupantes. Además, en las últimas décadas ha experimentado un importante auge turístico que es acompañado de nueva infraestructura y equipamiento.

El área de estudio está conformada por las localidades de Villa Serrana La Gruta, San Andrés de la Sierra, Villa Ventana y Sierra de la Ventana y la reserva Parque Provincial Ernesto Tornquist. Con respecto a las actividades económicas que se desarrollan predominan las agropecuarias y el turismo. Desde el punto de vista natural, presenta un clima subhúmedo seco, el relieve está definido por el sistema de Ventania y la vegetación está representada por el género *Stipa* con especies adaptadas al fuego.

El análisis de estos eventos se llevó a cabo a través de la Teoría Social del Riesgo, para ello se propuso un índice de riesgo adaptado a las condiciones del lugar. Las variables que conforman dicho índice se trabajaron utilizando sensores remotos y sistemas de información geográfica.

La investigación demostró que el área presenta zonas de alta peligrosidad de ocurrencia y propagación de incendios debido a sus condiciones naturales y antrópicas. Se estudió el peligro de ignición a partir del análisis de la ocurrencia histórica de incendios, de la identificación de los diferentes usos y coberturas de suelo y del estado hídrico del combustible. El peligro de propagación se evaluó a través de la caracterización de los elementos meteorológicos (viento, precipitación y temperatura), de la identificación de los modelos de combustible y del análisis de la orientación, iluminación y pendiente.

Además, se demostró que la población es vulnerable y está expuesta a los incendios forestales. Se analizaron las características de la estructura y ocupación de la población, tipo y calidad de la vivienda, de los programas de prevención y de asistencia económica, de los planes de emergencias y del cálculo de los índices de ocupación, colindancia y dispersión. Asimismo, se estudió la vulnerabilidad ecológica a través de la evolución del NDVI.

Para finalizar, se realizaron una serie de propuestas que consisten por un lado, en intervenciones en el espacio y por otro, en actividades que involucran a la población, a

las instituciones educativas, a los organismos gubernamentales y no gubernamentales. Todas destinadas a reducir el riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana.

ABSTRACT

Forest fires represent a natural ecosystem component of pampean partureland. However, the urbanization progress over natural areas had as a consequence, the society consider them a disorder which should be controlled. This situation is not strange to Sierra de la Ventana region, where fires with worrying effects are registered every year. Besides, a tourist boom with a new infraestructure and equipment is experimented in the last decades.

The study area is constituted by the towns of “Villa Serrana La Gruta”, “San Andres de la Sierra”, “Villa Ventana” and “Sierra de la Ventana”, and the reserve “Parque Provincial Ernesto Tornquist”. As regards economic activities which are developed, the agricultural activities and tourism predominate. From the natural point of view, it presents a dry sub-humid climate, the relief is determined by the Ventania system and the vegetation is represented by the *Stipa* gender with species adapted to fire.

The events’ analysis was carried out through the Social Theory of Risk. It was proposed a risk index adapted to the conditions of the area. The index is contituted by variables which worked by means of motor sensors and geographic information systems.

The investigation demonstrated the region presents high risk (dangerousness) areas of occurrence and fire propagation because of natural and anthropic conditions. It was studied the ignition danger from the analysis of the historical occurrence of fires, the identification of different uses and soil layers, and fuel water status. The propagation danger was evaluated through the characterization of meteorological elements (wind, precipitation and temperature), the identification of fuel models and the analysis of orientation, lighting and slope.

In addition, it was demosntrated that the population is vulnerable and it is exposed to forest fires. It was analysed the structure characteristics and the occupation of the population, type and quality of housing, prevention and economic assistance programs, emergency plans and the calculation of occupation, adjoining and dispersion. Similarly, it was studied the ecological vulnerability through the evolution of NDVI.

Finally, a serie of proposals were made. They consist, on the one hand, on interventions in the areas, and on the other hand, on activities which involve the population, the educative institutions, the government and no governmental organizations. All of them are destined to reduce the forest fire in the region of Sierra de la Ventana.

ÍNDICE GENERAL

Prefacio	i
Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Abstract	vi
Índice General	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas	xiv
Capítulo I. Introducción	1
1. Introducción.....	2
2. Antecedentes y estado actual del conocimiento.....	3
3. Justificación de la investigación.....	6
4. Localización y caracterización del área de estudio.....	7
4.1 Características morfoestructurales del área de estudio.....	10
4.2 Las características bioclimáticas.....	11
4.3 Comportamiento y dinámica de los cursos de agua: la disponibilidad hídrica en un área de peligro de incendio.....	13
4.4 Contexto socioeconómico de las localidades del área: El turismo como actividad dinamizadora del territorio.....	16
4.5 Parque Provincial Ernesto Tornquist.....	22
5. Plan de trabajo.....	28
Capítulo II Aspectos teórico metodológicos	29
1 Introducción.....	30
2. Metodología.....	30
2.1 Metodología para el estudio del riesgo.....	31
2.2 Materiales utilizados en la elaboración del índice de riesgo de incendio forestal.....	34
3. El fenómeno de los incendios forestales: su análisis a través de la teoría social del riesgo y el uso de geotecnologías.....	35
3.1 Definición y tipología de incendios.....	35
3.2 Factores ambientales: su incidencia en el inicio y propagación de incendios.....	37
3.2.1. La influencia de los elementos meteorológicos en la ocurrencia de incendios.....	38
3.2.2. Incidencia de la topografía en el comportamiento del fuego.....	40
3.2.3. Combustibles forestales: tipología y características.....	41
3.2.4. Actividades antropogénicas: la negligencia y la intencionalidad como factores determinantes en el inicio de un incendio.....	42
4. Teoría Social del riesgo.....	43
4.1 Modelo conceptual del riesgo.....	44
4.2 Cartografía de riesgo.....	47

5. El rol de la prevención en el riesgo de incendio forestal.....	48
6. Utilización de geotecnologías en el análisis del riesgo de incendio forestal.....	49
Capítulo III. Los factores desencadenantes del riesgo de incendio forestal: peligro de ignición y de propagación.....	53
1. Introducción.....	54
2. Materiales y métodos.....	56
2.1 Peligro de Ignición.....	56
2.1.1 Ocurrencia histórica de incendios.....	56
2.1.2 Peligro de ignición antropogénico.....	58
2.1.3 Estado hídrico del combustible.....	60
2.1.3.1 Cálculo del contenido de humedad de combustibles vivos a partir de datos obtenidos en campo.....	62
2.1.3.2 Cálculo del contenido de humedad de combustibles vivos a partir de datos de satélite.....	67
2.1.3.3 Estimación de la temperatura superficial a partir de datos de satélite.....	69
2.2 Peligro de Propagación.....	72
2.2.1 Estimación de los elementos meteorológicos a partir de la simulación de datos.....	72
2.2.2 Identificación de los modelos de combustible.....	76
2.2.3 Elaboración de mapas topográficos: orientación, iluminación y pendiente.....	77
3. Resultados.....	78
3.1 Peligro de ignición.....	78
3.1.1 Ocurrencia histórica de incendios en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana.....	78
3.1.2 La incidencia de las actividades antrópicas en el peligro de incendio forestal.....	84
3.1.3 La importancia de la vegetación en el inicio de un incendio forestal: estudio del estado hídrico del combustible.....	94
3.1.3.1 Análisis de la humedad del combustible con datos obtenidos en campo.....	94
3.1.3.2 Análisis de índices verdes y de la temperatura de superficie...	96
3.1.3.3 Peligro de ignición asociado a la humedad del combustible...	105
3.2 Peligro de Propagación.....	112
3.2.1 Características de los elementos meteorológicos en un área serrana con peligro de incendio.....	112
3.2.2 El pastizal pampeano y su influencia en la propagación de incendios	121
3.2.3 La Sierra de la Ventana: su incidencia en el comportamiento de un incendio.....	122

Capítulo IV. Análisis de la vulnerabilidad y exposición.....	128
1. Introducción.....	129
2. Materiales y métodos.....	130
3. Resultados.....	135
3.1 Vulnerabilidad social en las localidades de la Sierra de la Ventana.....	135
3.2 El impacto de los incendios forestales en las actividades económicas.....	137
3.3 El avance de la urbanización en áreas forestales y su incidencia en el aumento de la vulnerabilidad.....	138
3.4 El rol de las instituciones del Estado y de las organizaciones no gubernamentales.....	141
3.5 Vulnerabilidad ecológica: las consecuencias de la modificación del régimen del fuego en la regeneración del pastizal.....	147
3.6 Exposición.....	149
 Capítulo V. Riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana.....	 155
1. Introducción.....	156
2. Materiales y métodos.....	156
3. Resultados.....	158
 Capítulo VI. Propuestas.....	 184
 CONCLUSIONES.....	 192
 BIBLIOGRAFÍA.....	 198
 ANEXO.....	 227
 Abreviaturas utilizadas.....	 229

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1.1. Localización del área de estudio.....	9
Figura 1.2. Mapa geológico del sistema de Ventania.....	10
Figura 1.3. Cuencas Hidrográficas del área de estudio.....	15
Figura 1.4. Llegadas de turistas en el período 2002-2014.....	17
Figura 1.5. Vista de la entrada y calles internas de Villa Ventana.....	18
Figura 1.6. Permisos de construcción de viviendas unifamiliares en Villa Ventana (2001-2014).....	19
Figura 1.7. Distribución de la precipitación anual para el período 2001-2014 en el PPET.....	20
Figura 1.8. Entrada a Villa Serrana La Gruta.....	21
Figura 1.9. Vista panorámica de San Andrés de la Sierra.....	21
Figura 1.10. Entrada al PPET y vista del Cerro Ventana.....	22
Figura 1.11. Coníferas y retamas en el PPET.....	23
Figura 1.12. Zonificación del PPET.....	24
Figura 1.13. Instalaciones en el sector Base Cerro Ventana y Cerro Bahía Blanca (PPET).....	25
Figura 1.14. Cantidad de visitantes al PPET (1997-2014).....	26
Figura 1.15. Instalaciones y equipamiento para combatir incendios (PPET).....	27

Capítulo II

Figura 2.1. Marco conceptual.....	30
Figura 2.2. Partes de un incendio forestal.....	37
Figura 2.3. Factores que inciden en el inicio del fuego.....	38

Capítulo III

Figura 3.1. Metodología aplicada para el cálculo del peligro de ignición asociado a la humedad del combustible.....	62
Figura 3.2. Clasificación del área de estudio en función de la humedad del combustible vivo.....	64
Figura 3.3. Puntos de muestreo para el cálculo del contenido de humedad de los combustibles vivos.....	65
Figura 3.4. Recolección, pesaje y almacenaje de las muestras recolectadas en campo.....	66
Figura 3.5. Secado y pesaje de las muestras en laboratorio.....	67
Figura 3.6. Firma espectral de la vegetación y localización de las bandas del Landsat 8.....	68

Figura 3.7. Distribución espacial de los incendios forestales en el área de estudio (2004-2014).....	81
Figura 3.8. Distribución anual de incendios forestales en el área de estudio (2004-2014).....	82
Figura 3.9. Distribución de las áreas quemadas en el área de estudio (2004-2014).....	83
Figura 3.10. Peligro de ignición asociado a la ocurrencia histórica de incendios forestales (2004-2014).....	84
Figura 3.11. Usos y coberturas del suelo.....	86
Figura 3.12. Tendido eléctrico en la banquina de la RP 76, sector Villa Ventana – El Pinar.....	91
Figura 3.13. Campos de girasol sobre la RP 76.....	92
Figura 3.14. Peligro de ignición antropogénico.....	94
Figura 3.15. Evolución anual del valor promedio del FMC obtenido en campo.	95
Figura 3.16. Evolución anual del FMC en los sitios de muestreos.....	96
Figura 3.17. Evolución del NDVI en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014.....	98
Figura 3.18. Evolución del NDII en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014.....	99
Figura 3.19. Evolución del SAVI en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014.....	101
Figura 3.20. Distribución de la temperatura superficial en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014.....	103
Figura 3.21. Cociente entre SAVI y TS.....	104
Figura 3.22. Modelo digital del terreno.....	105
Figura 3.23. Orientación de la pendiente.....	106
Figura 3.24. Modelo Digital del Terreno clasificado y distribución de los puntos de control.....	107
Figura 3.25. Peligro de ignición asociado a la altura.....	108
Figura 3.26. Distribución de los puntos de control a partir de la orientación de la pendiente.....	109
Figura 3.27. Peligro de ignición asociado a la orientación de la pendiente y a la humedad del combustible.....	110
Figura 3.28. Peligro de ignición asociado a la humedad del combustible.....	112
Figura 3.29. Velocidad del viento en el mes de diciembre de 2014.....	113
Figura 3.30. Clasificación de la velocidad del viento.....	113
Figura 3.31. Dirección del viento en el mes de diciembre de 2014.....	115
Figura 3.32. Clasificación de la dirección del viento.....	115
Figura 3.33. Peligro de propagación asociado al viento.....	116

Figura 3.34. Distribución de las precipitaciones en el mes de diciembre de 2014.....	117
Figura 3.35. Peligro de propagación asociado a la temperatura y la precipitación.....	119
Figura 3.36. Peligro de propagación asociado a los elementos meteorológicos...	121
Figura 3.37. Modelos de combustible.....	122
Figura 3.38. Mapa de iluminación.....	123
Figura 3.39. Peligro de propagación asociado a la orientación e iluminación de la pendientes.....	124
Figura 3.40. Pendientes en un sector de la Sierra de la Ventana.....	125
Figura 3.41. Pendientes clasificadas.....	126
Figura 3.42. Peligro de Propagación asociado a la topografía.....	127

Capítulo IV

Figura 4.1. Índice de ocupación.....	139
Figura 4.2. Índice de colindancia.....	140
Figura 4.3. Índice de dispersión.....	140
Figura 4.5. Señalética de prevención de incendios en Villa Ventana y en la RP 76.....	141
Figura 4.6. Señalética de riesgo de incendio en el PPET.....	142
Figura 4.7. Instalaciones del cuartel de Bomberos Voluntarios de Tornquist...	143
Figura 4.8. Instalaciones del cuartel de Bomberos Voluntarios de Villa Ventana.....	144
Figura 4.9. Equipamiento para el combate de incendios forestales.....	144
Figura 4.10. Vulnerabilidad social y económica.....	146
Figura 4.11. Evolución del NDVI entre diciembre de 2013 y abril de 2014.....	148
Figura 4.12. Retamas en el PPET.....	149
Figura 4.13. Puente sobre el Arroyo El Belisario, Villa Ventana.....	150
Figura 4.14. Unidad sanitaria de VSLG.....	151
Figura 4.15. Puente peatonal y vehicular en VSLG.....	151
Figura 4.16. Evaluación de la exposición.....	154

Capítulo V

Figura 5.1. Cartografía de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición en un sector de la Sierra de la Ventana.....	159
Figura 5.2. Riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana.....	160

Figura 5.3. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal muy alto: Sector A.....	163
Figura 5.4. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal muy alto: Sector B.....	165
Figura 5.5. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal muy alto: Sector D y C.....	168
Figura 5.6. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal alto: Sector A, B y C.....	172
Figura 5.7. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal alto: Sector D, E y F.....	176
Figura 5.8. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal medio: Sector A, B y C.....	180
Figura 5.9. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal bajo: Sector A y B.....	183

Capítulo VI

Figura 6.1. Vegetación sobre la RP 76.....	186
Figura 6.2. Localización de las torres de vigilancia y sus cuencas visuales.....	189
Figura 6.3. Traza de “La Trochita”.....	191
Figura 6.4. Propuesta de ruta de evacuación sobre un sector de la traza de “La Trochita”.....	191

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo I

Tabla 1.1 Población total en las localidades analizadas.....	16
Tabla 1.2. Evolución de las conexiones de energía eléctrica (1999-2013).....	19

Capítulo II

Tabla 2.1. Teoría social del riesgo aplicada a la problemática de los incendios forestales.....	31
Tabla 2.2. Modelo de riesgo de incendio forestal.....	33
Tabla 2.3. Materiales utilizados en la elaboración del índice de riesgo de incendio forestal.....	34
Tabla 2.4. Incidencia de los elementos meteorológicos en el ambiente y en el inicio y propagación de un incendio.....	39

Capítulo III

Tabla 3.1. Descomposición analítica del concepto Ocurrencia Histórica de Incendios.....	56
Tabla 3.2. Descomposición analítica del concepto Usos y Coberturas del Suelo	59
Tabla 3.3. Escala del coeficiente de correlación de Pearson.....	61
Tabla 3.4. Fechas de las salidas a campo y de las imágenes satelitales disponibles.....	70
Tabla 3.5. Principales características de los modelos de vientos analizados.....	73
Tabla 3.6. Ocurrencia histórica de incendios forestales en el área de estudio (2004-2014).....	79
Tabla 3.7. Usos y coberturas del suelo.....	85
Tabla 3.8. Usos del suelo: caracterización y estimación del peligro de ignición.	87
Tabla 3.9. Valores de FMC con datos obtenidos en campo.....	95
Tabla 3.10. Valores de SAVI/TS, SAVI y TS en los sitios muestreados.....	105
Tabla 3.11. Puntos de control en función de la altura y los valores del cociente SAVI/TS.....	107
Tabla 3.12. Clasificación del peligro de ignición asociado a la altura.....	108
Tabla 3.13. Valores de SAVI/TS en función de la orientación de la pendiente...	109
Tabla 3.14. Clasificación del peligro de ignición asociado a la orientación de la pendiente y a la humedad del combustible.....	110
Tabla 3.15. Matriz de relación entre el peligro de ignición asociado a la humedad del combustible en función de la orientación de la pendiente y de la altura.....	111
Tabla 3.16. Clasificación de la temperatura y precipitación.....	118
Tabla 3.17. Matriz de relación entre el peligro de propagación asociado al viento, a las precipitaciones y a las temperaturas.....	121
Tabla 3.18. Clasificación morfométrica.....	125

Capítulo IV

Tabla 4.1. Índice de ocupación.....	133
Tabla 4.2. Índice de colindancia.....	133
Tabla 4.3. Índice de dispersión.....	134
Tabla 4.4. Indicadores socioeconómicos de la población.....	136
Tabla 4.5. Tenencia de la tierra y calidad de conexión a servicios básicos.....	136
Tabla 4.6. Tipo y calidad de la vivienda.....	136
Tabla 4.7. Hacinamiento.....	136
Tabla 4.8. Índice de vulnerabilidad social.....	146
Tabla 4.9. Valores de NDVI en los sitios de muestreo.....	148
Tabla 4.10. Variables utilizadas en el análisis de la exposición.....	153

Capítulo V

Tabla 5.1. Ponderación de las variables del índice de riesgo de incendio forestal..	157
---	-----

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1. Introducción
2. Antecedentes y estado actual del conocimiento
3. Justificación de la investigación
4. Localización y caracterización del área de estudio
 - 4.1 Características morfoestructurales del área de estudio; 4.2 Las características bioclimáticas;
 - 4.3 Comportamiento y dinámica de los cursos de agua: la disponibilidad hídrica en un área de peligro de incendio; 4.4 Contexto socioeconómico de las localidades del área: el turismo como actividad dinamizadora del territorio; 4.5 Parque Provincial Ernesto Tornquist
5. Plan de trabajo

1. Introducción

El fuego es un factor natural que modela la estructura y funcionamiento de numerosos ecosistemas en el mundo manteniendo de esta manera, su diversidad y estabilidad. La alternancia de períodos de crecimiento de la vegetación y por lo tanto, de acumulación de combustible, con ciclos de sequías han provocado la ocurrencia de incendios naturales ocasionados generalmente por caídas de rayos. Esta dinámica se mantuvo en equilibrio hasta que el hombre introdujo modificaciones en el ambiente. La sociedad considera a los incendios como un fenómeno que se debe erradicar dado que producen grandes pérdidas económicas e incluso humanas (Vélez, 2000).

La Comarca de la Sierra de la Ventana, localizada en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, naturalmente ha sufrido incendios a lo largo de su historia, pero en los últimos 20 años la ocurrencia es mayor y ha tenido consecuencias negativas para la sociedad. El turismo registró un importante crecimiento que ha sido acompañado por el desarrollo de equipamiento e infraestructura, provocando que las urbanizaciones avancen sobre áreas naturales.

Cuando se desarrolla un evento si no se controla en las primeras horas, las características del área (topografía, clima y vegetación) hacen que sea muy difícil su extinción. En este sentido, se realizan grandes esfuerzos económicos para equipar a los cuarteles de bomberos, sin embargo, las tareas de prevención solo se realizan durante la temporada de incendios y principalmente, cuando la condiciones meteorológicas son extremas.

Por ello, se propone realizar un estudio que aborde de manera integral la complejidad de la problemática, analizando el riesgo de incendio desde la teoría social del riesgo. Esta teoría considera a la peligrosidad, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre componentes de un mismo proceso. El primero, hace referencia al origen del problema, y el segundo se relaciona con la situación socioeconómica de la población potencialmente en peligro. La exposición alude a la distribución de lo que es potencialmente afectable, mientras que la incertidumbre representa aquellos aspectos que surgen del desconocimiento de los otros tres componentes (Natenzon y Ríos, 2015). Este estudio integral se lleva a cabo a través del uso de las geotecnologías, se utilizan técnicas de procesamiento digital de imágenes y sistemas de información geográfica que aportan una nueva visión del espacio geográfico (Buzai, 2001).

La presente investigación se estructura de la siguiente manera: en el primer capítulo se introduce la problemática a analizar, se presentan los antecedentes, el estado actual

del conocimiento y la justificación del tema. Luego se localiza y caracteriza el área de estudio y se describe el plan de trabajo. En el segundo capítulo se detallan los aspectos teóricos metodológicos de la tesis, en los capítulos tres, cuatro y cinco se trabajan las cuatro dimensiones del riesgo y se propone una metodología de trabajo específica para el área de estudio. Finalmente y a modo de conclusión, se plantean una serie de reflexiones en cuanto al tratamiento de la investigación realizada y se realizan algunas propuestas específicas para trabajar en la prevención de incendios forestales.

2. Antecedentes y estado actual del conocimiento

Los incendios forestales son un importante factor de transformación ambiental para una amplia variedad de ecosistemas mundiales (FAO, 2007). Bond y Keeley (2005) sostienen que en España el fuego contribuye a cambiar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. En este sentido, el fuego tiene efectos en los ciclos biogeoquímicos, altera la composición de la vegetación, suelo, fauna, procesos hidrológicos, calidad de las aguas e incluso produce cambios en la composición de la atmósfera (Moody *et al.*, 2014; Raison *et al.*, 2009).

En cuanto a la ocurrencia de incendios, en Australia se queman por año alrededor de 29 millones de ha de matorrales, las fluctuaciones estacionales pueden alterar estas cifras llegando a ser cuatro veces mayores o menores. Desde el 2000 el país ha sufrido temporadas de incendios dramáticas que han llevado a desarrollar estudios sobre el manejo de incendios (Morgan, 2009), a nivel gubernamental la Fire and Emergency Service Agencies ha desarrollado el Sistema Nacional de Monitoreo de Incendios Forestales “Sentinel” (<https://sentinel.ga.gov.au/#/>) que predice la ocurrencia de dichos eventos. Verdon *et al.* (2004) y Bowman *et al.* (2013) estudiaron el aumento de la ocurrencia de incendios como consecuencia del cambio climático.

La cuenca mediterránea europea despierta un gran interés en la comunidad científica debido a que cada año cientos de miles de hectáreas son afectadas por el fuego (Lloret, 2003). Durante el período 1980-2012, los cinco países que integran esta región Portugal, España, Francia, Italia y Grecia encabezan la lista de países europeos con el mayor número de incendios con un total de 1.651.530 eventos que representan 15.409.243 ha afectadas (Schmuck *et al.*, 2012). España es uno de los más perjudicados por albergar la mayor superficie de bosques mediterráneos y ocupa el primer puesto en el número de hectáreas quemadas (Martínez y Martín, 2004; Bodí *et al.*, 2014). Desde 1987, dispone

de un sistema de peligro de ignición propio diseñado por el ICONA que estima el contenido de humedad de los combustibles muertos (Aguado y Camia, 1998).

En este país se destaca el Proyecto Firemap que elaboró un índice de riesgo integrado, cuyos factores son el peligro o probabilidad de que ocurra un incendio y la vulnerabilidad, considerada como el daño potencial (Chuvienco *et al.*, 2007). Otros estudios se refieren a las áreas que recurrentemente son afectadas por el fuego, cartografía de combustibles, incidencia antropogénica en la ocurrencia de incendios y cartografía de áreas quemadas (Salas Rey y Chuvienco, 1994; Chuvienco y Martín, 2004; Ceccato *et al.*, 2007; Vasilakos *et al.*, 2007; De Santis y Vaughan, 2009; Moraga Peralta, 2010 y Verdín *et al.*, 2013).

En Estados Unidos y Canadá dada la magnitud de los eventos ambos países son pioneros en el diseño de sistemas de predicción de peligro de incendio forestal. Sus estudios comenzaron a finales de los años 20 y por su experiencia en la temática, otras regiones del mundo los han tomado como referencia.

El Servicio Forestal de Estados Unidos (USFS) desarrolló el National Fire Danger Rating System que evalúa la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales, el mismo está disponible en la web (<https://www.wfas.net/index.php/fire-danger-rating-fire-potential--danger-32>). En el país se han desarrollado distintos estudios referidos al comportamiento del fuego y la influencia de la vegetación, se destacan los trabajos de Andrews (1986), Finney (1998 y 2004), Andrews y Queen (2001), Hardy y Hardy (2007) y más recientemente Balch *et al.* (2013).

En Canadá, el Canadian Forest Fire Danger Rating System (<http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/maps/fw>) evalúa la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales a escala nacional, también se desarrollaron estudios sobre la evolución de incendios y se elaboraron mapas de peligro de ignición (Leblon *et al.*, 2001 y Braun *et al.*, 2010).

Brasil posee la superficie de bosques tropicales no fragmentados más grandes del mundo en la Amazonia y uno de los bosques en mayor peligro de extinción, la Mata Atlántica en la costa oriental. En este contexto son frecuentes los incendios forestales, provocados principalmente por las prácticas agrícolas. El Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) posee el programa “Queimadas” que calcula la previsión diaria de riesgo de incendio forestal, no solo para Brasil, sino también para América Latina (<http://www.inpe.br/queimadas/portal/risco-de-fogo-meteorologia>). Dentro de

este programa se destacan los trabajos de Setzer y Morelli (2008), Libonati *et al.* (2016) y Silva *et al.* (2016).

En Chile, Castillo *et al.* (2012) analizaron los grandes incendios con el objetivo de disponer de información para la recuperación ambiental en áreas degradadas por el fuego. Rodríguez Álvarez (2008) realizó un plan de protección contra incendios forestales en un sector de la región de Los Ríos. Por su parte Castillo *et al.* (2011) evaluaron la vulnerabilidad y el daño potencial de incendios de interface en Valparaíso.

A nivel nacional la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) desarrolló un índice de incendio basado en variables climáticas denominado Forest Fire Danger Index (FFDI). Es considerado una herramienta de alerta temprana para la prevención y gestión de incendios forestales y está disponible en su página web (<http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/concursos/8-conae/822-pronostico-de-indice-de-riesgo-de-incendio-ffdi>).

Las sierras de la provincia de Córdoba son una de las principales zonas afectadas por incendios, no solo por la superficie quemada (2.152.000 ha entre 1993 y 2012), sino por las consecuencias en la biodiversidad, el suelo, los recursos hídricos y la población (Argañaraz, 2016). En esta zona Verzino *et al.* (2005) determinaron el efecto de los incendios forestales sobre la composición florística, la estructura y la diversidad de la vegetación. Fischer *et al.* (2007) analizaron la distribución espacio-temporal de los incendios, Castillo *et al.* (2011) elaboraron un modelo de pronósticos para predicción de incendios, Denegri *et al.* (2014) y Giorgis *et al.* (2013) estudiaron los efectos del fuego en el suelo y la vegetación, mientras que, Argañaraz (2016) evaluó espacialmente el riesgo de incendios en la interfaz urbano-rural de las Sierras Chicas. En la Patagonia Di Bella *et al.* (1999) aplicaron técnicas de detección y monitoreo diario de incendios utilizando imágenes del NOAA-AVHRR.

A escala regional el INTA Hilario Ascasubi elabora un índice de peligrosidad de incendio para el sudoeste bonaerense y este de La Pampa (<https://inta.gob.ar/documentos/enero-2017-informe-siat-perspectivas-productivas-para-el-extremo-sur-bonaerense>). El organismo redacta informes quincenales a nivel departamental. En el partido de Villarino Pezzola *et al.* (2002) evaluaron la superficie afectada por incendios, mientras que Winschel (2002) analizó el impacto de los mismos.

En la escala local también existen estudios sobre la temática. Angeles (1995) evaluó el riesgo potencial de incendios en Villa Ventana, utilizando tres variables; la ocurrencia de incendios, usos y coberturas del suelo y elementos naturales y antrópicos. Para ello

utilizó fotografías aéreas y sistemas de diseño asistido por computadora (CAD). El resultado final consistió en un mapa de cuatro clases de riesgo: muy alto, alto, medio y bajo.

Casado (2006) realizó un modelo digital para la prevención de incendios en el área de Villa Ventana, donde obtuvo el riesgo de incendio a partir de la relación riesgo= amenaza + vulnerabilidad. Para ello, evaluó las condiciones geomorfológicas e hidroclimáticas, a través del estudio del relieve y la litología, obtuvo un mapa de pendiente y uno de orientación. La disponibilidad hídrica la trabajó a través de medidas de morfometría fluvial, análisis de la densidad del drenaje, coeficiente de almacenamiento, índice de torrencialidad, mediciones de caudal, balances hídricos y escurrimiento mensual superficial.

Evaluó también, la comunidad vegetal, determinó las asociaciones vegetales predominantes y la cobertura por especies. Con toda la información construyó los mapas de distribución de la vegetación según el grado de vulnerabilidad.

Por último, analizó las condiciones socio-económicas, estableció distintas zonas en función de la concentración humana, usos del suelo y la presencia, ausencia, cumplimiento e incumplimiento de las medidas de prevención y mitigación vigentes. A partir de la superposición de la cartografía en un Sistema de Información Geográfica (SIG) surgieron áreas de muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto riesgo de incendio.

3. Justificación de la investigación

Como se mencionó anteriormente, el fuego es un modelador de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, permitiendo mantener la diversidad y la estabilidad en los mismos. Históricamente la alternancia de condiciones favorables para el crecimiento de vegetación y la consiguiente acumulación de combustible con períodos de sequía ha producido la ocurrencia de fuegos naturales.

El hombre al modificar los ecosistemas e introducir nuevos usos del suelo comenzó a ver al fuego como un elemento que destruía bosques, sembrados y asentamientos humanos, por lo tanto la ocurrencia de incendios debía evitarse. Los esfuerzos por suprimirlos provocaron la alteración de la frecuencia, intensidad y extensión espacial, ya que la acumulación de combustibles a lo largo de varios ciclos hizo que la ocurrencia posterior de fuegos accidentales o naturales tuviera consecuencias catastróficas para los ecosistemas y la sociedad (La Nueva Provincia, 2008).

En la Sierra de la Ventana la vegetación natural pertenece al pastizal pampeano, representado por una estepa gramínea, ecosistema que está adaptado al ciclo natural de incendios. Actualmente, existen especies introducidas de rápida propagación y elevada combustibilidad que compiten por el nicho ecológico con las nativas. A esta situación se suma que el área está experimentando un gran crecimiento urbano sobre áreas forestales acompañado de un desarrollo de infraestructura, producto del auge del turismo. En este sentido, se han realizado investigaciones sobre riesgo y prevención de incendios a escala local en Villa Ventana (Angeles, 1995 y Casado, 2006). Sin embargo, no se han estudiado los incendios forestales en la comarca serrana a una escala que permita analizar las relaciones entre las diferentes actividades económicas, y cómo estas impactan en la ocurrencia de incendios.

Además, la originalidad de esta investigación reside en aplicar la teoría social del riesgo que amplía el campo de análisis al abordar la problemática de los incendios forestales en la Sierra de la Ventana desde su complejidad (Barrenechea *et al.*, 2003). De esta manera, se pretende aportar herramientas para evaluar el riesgo de incendio a través del estudio de los procesos naturales, que son potencialmente una amenaza para las actividades antrópicas, y la situación socioeconómica de la población potencialmente en peligro, lo que condiciona su capacidad de respuesta y recuperación. Es decir, la peligrosidad y la vulnerabilidad. Además, se analizan los alcances y limitaciones de la distribución en el territorio de las personas y los bienes y de la toma de decisiones producto del desconocimiento de la complejidad de la problemática (exposición e incertidumbre) (Tsakoumagkos y Natenzon, 2015).

4. Localización y caracterización del área de estudio

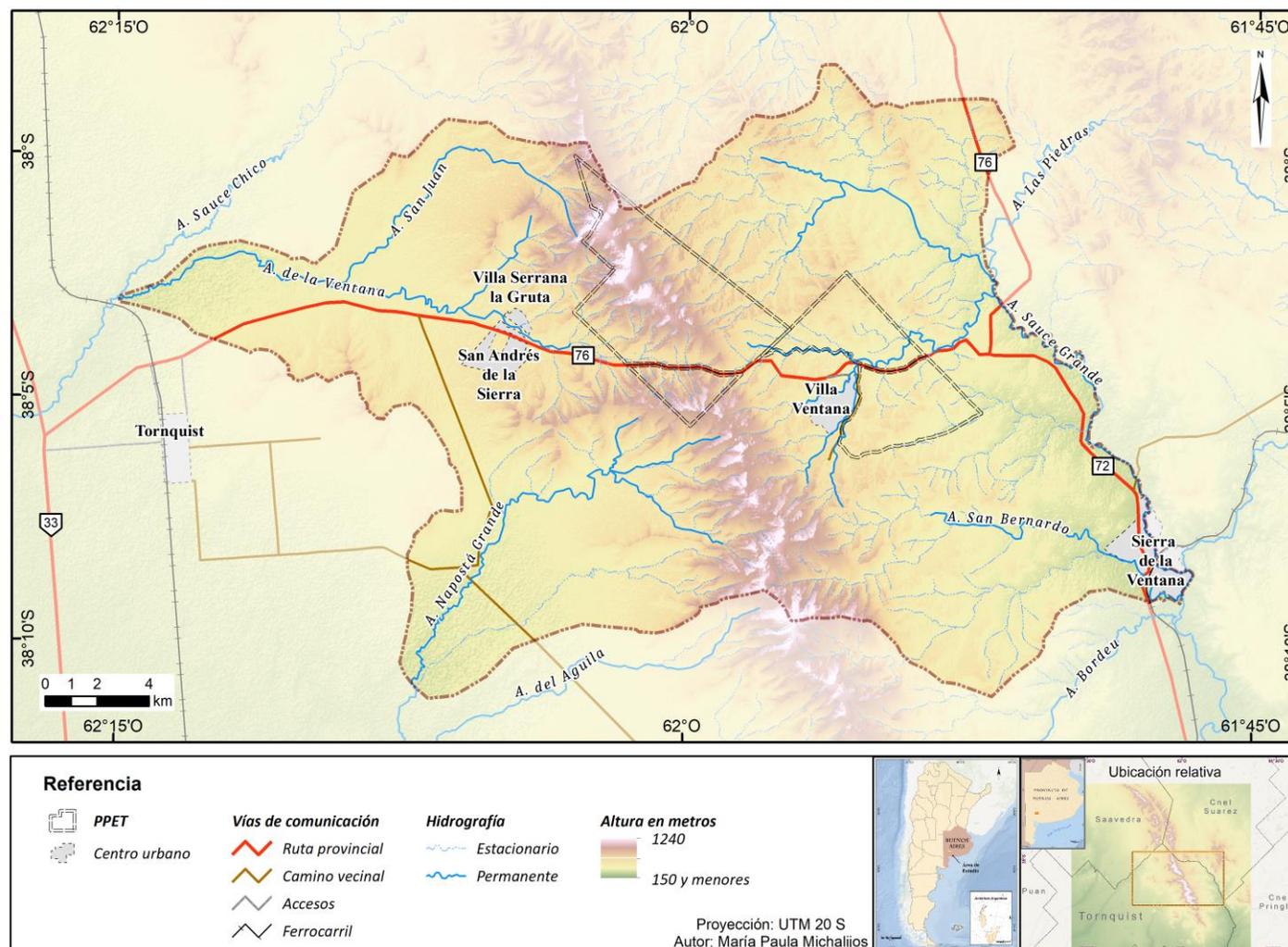
Para delimitar el área de estudio de la presente investigación se utiliza como unidad básica de análisis el concepto de cuenca hidrográfica entendida ésta, como una unidad sistémica físico-biológica y socio-económica-política para la planificación y ordenación de recursos naturales (Sheng, 1992). Es un sistema abierto, permanente en la escala temporal humana, donde existen interacciones y relaciones de dependencia de los elementos naturales y sociales que la componen (Gil, 2009).

El área de estudio comprende la cuenca del arroyo de La Ventana, el Noroeste de la cuenca alta del arroyo Napostá Grande y el Noroeste de la cuenca alta del río Sauce Grande. Abarca las localidades de Villa Serrana La Gruta, Villa Ventana, Sierra de la Ventana y el Parque Provincial Ernesto Tornquist (PPET) (Fig. 1.1).

La zona posee una gran importancia dentro de la provincia de Buenos Aires en varios aspectos. Por un lado, pertenece a la región de pastizales naturales de la provincia, zona de gran relevancia por las particularidades de su ambiente, su riqueza florística, sus endemismos, su valor como recurso forrajero y sus servicios en el control de erosión (Lizzi *et al.*, 2007). Este aspecto cobra relevancia si se tiene en cuenta que en el sudoeste bonaerense quedan pocos lugares donde se preserva la vegetación natural y se lo hace a través del PPET. Por otro, presenta un gran atractivo para el turismo, no solo por su paisaje natural sino también porque constituye uno de los ambientes de mayor calidad ambiental de la provincia. A estos aspectos se agrega la escasa distancia que separa a las localidades mencionadas y la vinculación vial fluida a través de la RP 76. Estas características determinan que el sector conforme un corredor turístico denominado “Comarca turística de la Sierra de la Ventana” en el cual se desarrolla una importante infraestructura y equipamiento, siendo el turismo la principal actividad económica (Municipalidad de Tornquist, 2002).

El hombre al avanzar sobre áreas forestales e intentar reducir los efectos de los incendios alteró su frecuencia, intensidad y extensión. El resultado es una ocurrencia posterior de fuegos con características catastróficas tanto para el ecosistema como para la sociedad. Un ejemplo de ello es el incendio desatado el 29 de diciembre de 2013 causado por negligencia, y considerado el mayor de la historia de la provincia de Buenos Aires, afectó a 29005 ha. y ocasionó pérdidas materiales y económicas a los productores agropecuarios y a los propietarios de los emprendimientos turísticos.

Figura 1.1. Localización del área de estudio

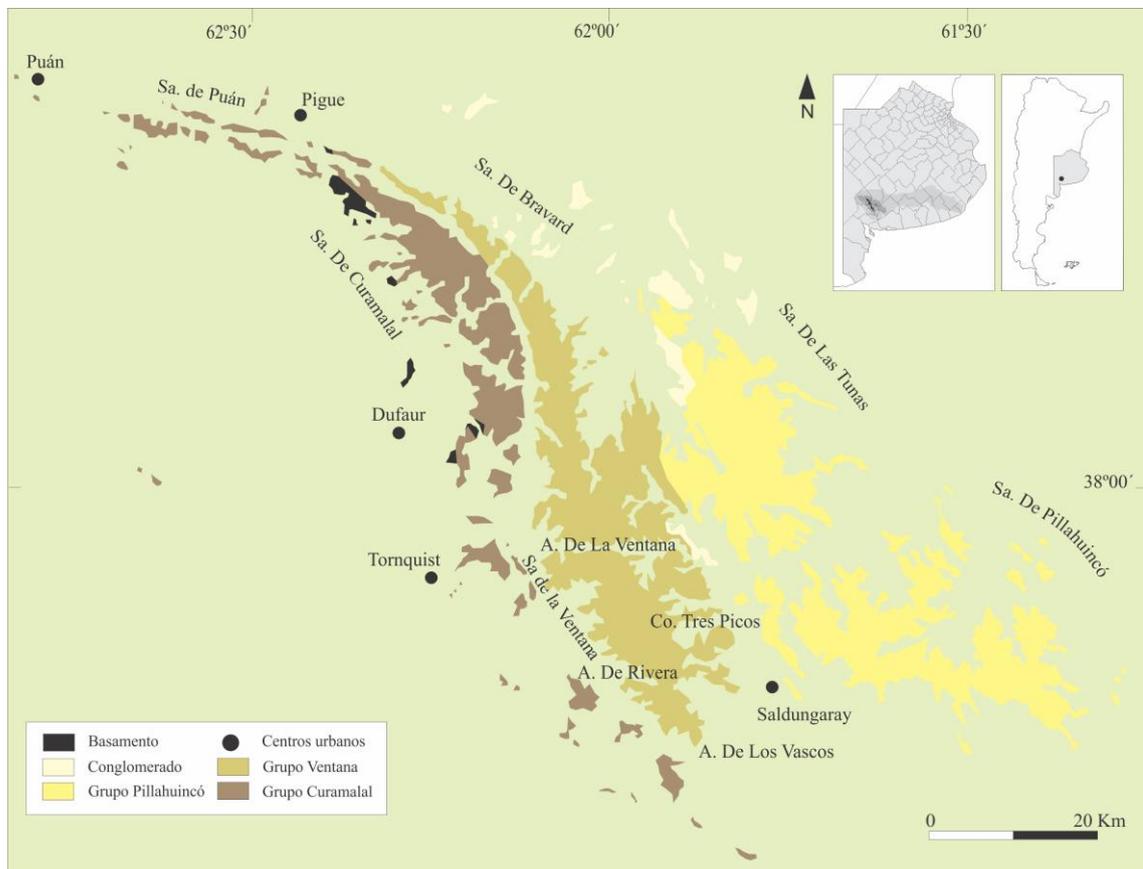


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

4.1. Características morfoestructurales del área de estudio

La comarca forma parte de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. Esta unidad orográfica es uno de los ejemplos más puros de estructura de plegamiento conocido en el mundo (Harrington, 1947), está compuesta por cordones subparalelos los cuales forman un conjunto de elevaciones bien definidos, en sentido noroeste-sudeste, de 180 km de longitud y una anchura máxima de 50 km en su parte central (Sellés Martínez, 2001). Dentro de las sierras se pueden distinguir dos sectores, uno occidental, que comprende las Sierras de Puán, Curamalal, Bravard y Ventana y otro oriental, formada por las Sierras de Tunas y de Pillahuincó (Fig. 1.2).

Figura 1.2. Mapa geológico del sistema de Ventania



Fuente: Michalijos y Zapperi, 2015.

En el sector occidental se encuentra el área de estudio, formado por alineaciones bien definidas y entalladas por valles transversales que reciben el nombre de “abras”. Estas sierras alcanzan las máximas alturas de la provincia y sus cimas oscilan entre los 900 y los 1200 m.s.n.m., el punto máximo se encuentra en el Co. Tres Picos con 1247 m.s.n.m. Si bien, las alturas absolutas de estos cordones son considerables, su elevación

sobre el nivel de la llanura circundante es menor, debido a que ésta asciende suavemente hasta alcanzar los 400-450 m.s.n.m., en consecuencia las sierras se elevan sobre la llanura entre 550 y 600 m.

Las sierras comienzan en los alrededores de la ciudad de Puán, con una doble hilera de elevaciones subparalelas, denominadas Sierras de Curamalal y Bravard. El relieve de ambos cordones es muy abrupto, sus laderas están surcadas por profundos y angostos valles transversales. Se continúan hacia el sur, morfológica, estratigráfica y tectónicamente en las Sierras de la Ventana.

Al sur del Co. del Chaco, las Sierras de Curamalal pierden altura y se dispersan en tres hileras de cerros aislados, el más alto de ellos es el Sombra de Toro de 600 m.s.n.m. Las mismas, llegan hasta las cercanías de Coronel Dorrego, con el nombre de Morro de Dorrego.

Las Sierras de Bravard continúan en la Sierra de la Ventana formando un cordón compacto, alto y bien definido. Se encuentran entalladas por dos abras de rumbo oblicuo y subparalelo, Abra de la Ventana y de Rivera. El cordón culmina hundiéndose por debajo del manto de sedimentos modernos en el abra de los Vascos, en cercanías de Saldungaray.

En el flanco oriental de la mitad sur de las Sierras de Bravard y en el pie oriental de la Sierra de la Ventana, el relieve es más suave y se distinguen distintos niveles de erosión. Los cerros presentan cumbres redondeadas o aplanadas, con alturas entre los 450 y 550 m.s.n.m y 150 m.s.n.m sobre los valles que las separan. Esta zona de suave relieve separa los cordones occidentales del sector oriental, donde se encuentran las Sierras de Tunas y Pillahuincó, con alturas máximas que oscilan entre 600 y 700 m.s.n.m. (Harrington, 1947).

4.2. Características bioclimáticas

El clima de la región de acuerdo con la clasificación de Thornthwaite (1948) es subhúmedo seco (C1). La precipitación media anual es de 610 mm, con gran variabilidad de los valores medios, con una máxima de 1056 mm y mínima de 396 mm. Las mismas no se distribuyen uniformemente, se observan épocas lluviosas y de escasas precipitaciones.

Las lluvias se concentran en los meses de octubre a marzo, con el 63,7 % del total anual. Sin embargo, en marzo y en abril se registran los valores mensuales más altos, con 283 mm y 204 mm, respectivamente. El período de bajas precipitaciones

corresponde a los meses de junio, julio y agosto con un valor acumulado de 14% del total (Gil y Campo, 2000). Paoloni *et al.* (1988) mencionan que existe una correlación entre la altitud y las precipitaciones dado que las isohietas forman curvas cerradas y concéntricas hacia el valor más alto coincidiendo con las mayores alturas del sistema serrano.

En cuanto a la temperatura los meses más calurosos son los de enero y febrero, registrando máximas medias superiores a los 30° C y mínimas medias de 15° C. En contrapartida los meses más fríos del año son junio, julio y agosto (Gil y Campo, 2000).

Burgos (1968) afirma que Ventana provoca un efecto de enfriamiento regional más marcado durante el invierno cuando la isoterma de 6° C (julio) encierra la zona de referencia. Presenta el mayor número de horas de frío efectivas, un período libre de heladas menor a los 160 días y el mayor riesgo de heladas tardías de la provincia. Los inviernos serranos australes son más fríos y el riesgo de heladas se presenta hacia la primavera avanzada.

Es importante destacar que la topografía serrana determina variaciones locales (o mesoclimas) del clima regional (o macroclima), en función de la altitud, la exposición y la pendiente (kristensen y Frangi, 1995b). Las sierras presentan un gradiente altitudinal que promedia 6,9°C/1000 m (kristensen y Frangi, 1995a).

La circulación general de la atmósfera en la provincia de Buenos Aires sigue una dirección NE-SO, perpendicular al sistema serrano donde predominan a lo largo del año los vientos del Norte, en menor medida del Sur, NO y O. Durante el verano los vientos del Norte (altamente deshidratantes) y Sur son frecuentes, mientras que las calmas predominan en invierno. Hacia el Oeste de Sierra de la Ventana son frecuentes los vientos del N y O y mínimo del E (Frangi y Bottino, 1995).

En síntesis las primaveras son lluviosas, con fuertes vientos y heladas tardías. Los veranos cortos y calurosos, los otoños lluviosos y templados, inviernos muy secos y fríos con presencia circunstanciales de nevadas en los cerros, congelamiento de suelos y pequeñas vertientes (Frangi y Bottino, 1995). En consecuencia, el clima de la región favorece el desarrollo de la vegetación durante la primavera lluviosa.

Las Sierras Australes pertenecen a la provincia fitogeográfica Pampeana, distrito Austral (Cabrera, 1971). Presentan una gran variedad de biotopos vinculada a la heterogeneidad del relieve, del gradiente altitudinal y a los distintos tipos de sustratos para los seres vivos. Se han identificado más de 400 taxones vegetales nativos (Frangi y Bottino, 1995).

La vegetación está representada por una estepa graminosa con predominio del género *Stipa* (flechillas y paja vizcachera), *Piptochaetium*, *Festuca* y *Briza*. En algunos sectores se encuentran comunidades arbustivas de *Eupatorium buniifolium* y *Discaria americana* (Barrera y Frangi, 1997).

La vegetación natural está siendo invadida por especies introducidas de rápida propagación y elevada combustibilidad (cardos, coníferas, eucaliptos y retamas), que compiten por el nicho ecológico con las nativas. Además, la actividad humana ha provocado cambios en el ecosistema al convertir las tierras a la actividad agrícola-ganadera. La agricultura de granos y forrajeras se desarrolla en los valles y faldeos bajos donde la pedregosidad es reducida permitiendo el uso de maquinaria agrícola y la ganadería utiliza los pastos naturales de las sierras, lomadas y pasturas implantadas.

4.3. Comportamiento y dinámica de los cursos de agua: la disponibilidad hídrica en un área de peligro de incendio

El sector Noroeste de la cuenca alta del Río Sauce Grande (Fig. 1.3), abarca las subcuencas de los arroyos San Bernardo y Del Oro. En su recorrido se pueden encontrar distintos tipos de usos de suelo, se destacan Villa Ventana y Sierra de la Ventana con uso urbano, campos de cultivo y estancias con uso rural y un área protegida (PPET).

La cuenca del arroyo de La Ventana nace en la vertiente occidental del cordón Ventana y es una subcuenca del río Sauce Chico. Está formada por los arroyos de La Ventana y San Juan (Fig. 1.3). Su curso principal corre en sentido E-O y es el afluente más caudaloso del Sauce Chico. Uno de los tributarios semipermanentes del arroyo de La Ventana atraviesa la localidad de Villa Serrana La Gruta, que en épocas de lluvias intensas provoca eventos de avenidas, dejando incomunicado un sector de la villa.

El arroyo Napostá Grande (Fig. 1.3) tiene sus nacientes en las proximidades de los cerros Tres Picos y Napostá y discurre por la vertiente Oeste del cordón Ventana. El drenaje del sector analizado está integrado por cursos permanentes y estacionarios de densidad moderada, bien integrado. Las fuertes pendientes y mayor densidad de drenaje en el sector serrano, favorecen el escurrimiento superficial de carácter torrencial, por lo que el área es considerada generadora de avenidas (Carrica y Lexow, 2004).

La caracterización del comportamiento y de la dinámica hídrica de una cuenca, aplicada al estudio del riesgo de incendios forestales, se torna difícil cuando no existe información meteorológica e hidrométrica disponible o actualizada para su correlación con factores que influyen en la ocurrencia de diferentes fenómenos. Por ello, es

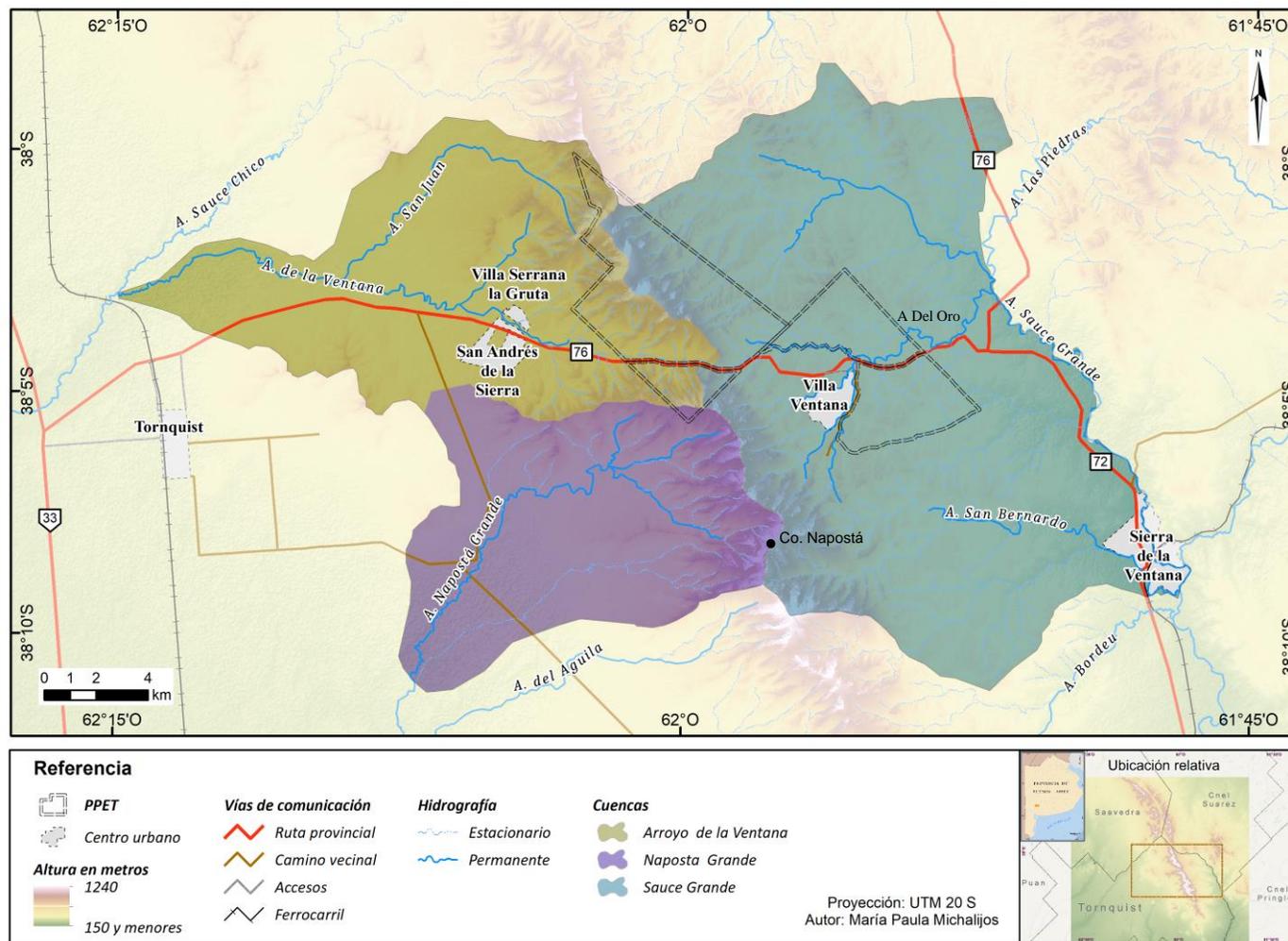
importante el análisis de variables e índices morfométricos que reflejan o destacan las interacciones entre los distintos componentes de la cuenca (Gil, 2009).

Michalijos y Zapperi (2015) analizaron parámetros e índices morfométricos con el objetivo de caracterizar las cuencas en términos de riesgo de incendio. En este trabajo se concluye que en épocas de abundantes precipitaciones se desarrollan procesos erosivos y la capacidad de retención del agua es baja. Las nacientes de las cuencas presentan en su mayoría cursos estacionarios, es decir, que el aporte de agua durante la estación seca es escaso y por lo tanto durante gran parte del año se presentan como cauces secos. Calmels (1960) los denomina *torrentes* dado que son cursos de escasa longitud. La existencia de ellos está condicionada a la cantidad de las precipitaciones y cuando se producen fuertes lluvias adquieren velocidad con un gran poder erosivo en la parte inferior del curso.

La dinámica fluvial es propensa a la generación de crecidas con bajo tiempo de concentración, lo que contribuye a una rápida evacuación del agua. Este comportamiento puede verificarse durante el verano, cuando se generan tormentas convectivas que provocan un rápido aumento del caudal y de la esorrentía.

Las nacientes de las subcuencas analizadas se localizan en áreas serranas, la pendiente favorece procesos erosivos e impide la acumulación de agua en los cauces. Los coeficientes de almacenamiento poseen valores bajos dando muestra de la ausencia de reservorios naturales de agua, hecho que dificulta el combate de incendios.

Figura 1.3. Cuencas hidrográficas del área de estudio



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017

4.4. Contexto socioeconómico de las localidades del área: El turismo como actividad dinamizadora del territorio

En los dos últimos decenios se manifiesta, en el sudoeste bonaerense, procesos espaciales que evidencian cambios en su dinámica territorial. Existe una tendencia demográfica inversa a la que se produjo en las últimas décadas del siglo XX. Pequeños pueblos, incluso menores a 500 habitantes, están mostrando un crecimiento superior al registrado en los promedios regionales y nacionales (Grippe y Visciarelli, 2007).

En este contexto por un lado, las características socioeconómicas de la población del partido de Tornquist, vinculada fundamentalmente a la actividad agrícola-ganadera, han generado el lento desarrollo de los núcleos urbanos que lo integran. Por otro, en las localidades de Sierra de la Ventana, Villa Ventana y Villa Serrana La Gruta (VSLG) se percibe un incremento de la población debido al desarrollo de la actividad terciaria relacionada a los servicios originados por el turismo. Este se ha convertido en factor y elemento generador de nuevas iniciativas de desarrollo territorial, a través de actividades relacionadas a él. Los cambios se manifiestan en una amplia producción de espacio que implica una transformación territorial (Grippe y Visciarelli, 2007). Dichas transformaciones se dan sobre un espacio sensible a la ocurrencia de incendios, donde las urbanizaciones y las actividades económicas avanzan sobre áreas naturales alterando el ecosistema.

Sierra de la Ventana fundada el 17 de enero de 1908, se localiza a 125 km de la ciudad de Bahía Blanca sobre la RP 72 (Fig. 1.3). Su población es de 2165 habitantes y presenta un crecimiento sostenido, tendencia que se observa al analizar los últimos censos (Tabla 1.1). La variación intercensal es del 70% entre 1991 y 2001 y del 43% entre 2001 y 2010.

Tabla 1.1 Población total en las localidades analizadas

Localidad	1991	2001	2010
Tornquist	5672	6066	6473
Sierra de la Ventana	889	1514	2165
Villa Ventana	100	446	609
VSLG	8	41	52

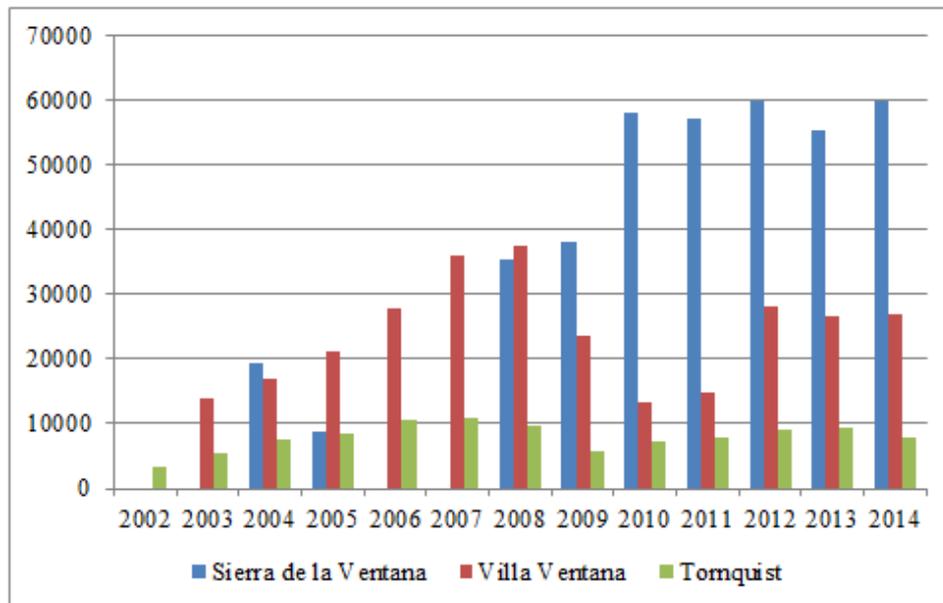
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda, INDEC 2010, 2017.

El crecimiento de la localidad se vio favorecido por el atractivo turístico que significa su entorno natural y la cercanía a la ciudad de Bahía Blanca incrementó, al igual que en otras localidades de la región, la comercialización de terrenos. Se destaca la cantidad de segundas residencias, utilizadas para las vacaciones o como casas de fines de semana.

En la última década, ha adquirido un importante impulso debido al aumento en el número de emprendimientos privados vinculados principalmente a la gastronomía y alojamiento. En la actualidad presenta una amplia oferta convirtiéndose en un destino turístico consolidado dentro del sudoeste bonaerense (Mondino, 2013).

En este sentido en la figura 1.4 se observa la llegada de turistas a la comarca serrana. Sierra de la Ventana es la localidad que mayor cantidad de turistas recibe. Desde el año 2008 registra un aumento sostenido de la demanda alcanzando en 2014 el máximo con 59.980 visitas.

Figura 1.4. Llegadas de turistas en el período 2002-2014



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a datos suministrados por la Municipalidad de Tornquist, 2017.

Villa Ventana, localizada a 17 km de Sierra de la Ventana, fue fundada el 25 de julio de 1947. Se caracteriza por su frondosa vegetación y sus calles de tierra (Fig. 1.5). La ocupación de la planta urbana y el crecimiento de la población fueron muy lentos durante las cuatro décadas posteriores a su fundación, sin embargo la década de 1990

significó un cambio repentino para la villa. Se produjo una densificación del uso del suelo urbano producto, por un lado, de un interés manifiesto del sector público y privado por invertir en el lugar y por la crisis del país en 2001 que desplazó los ahorros bancarios hacia inversiones inmobiliarias.

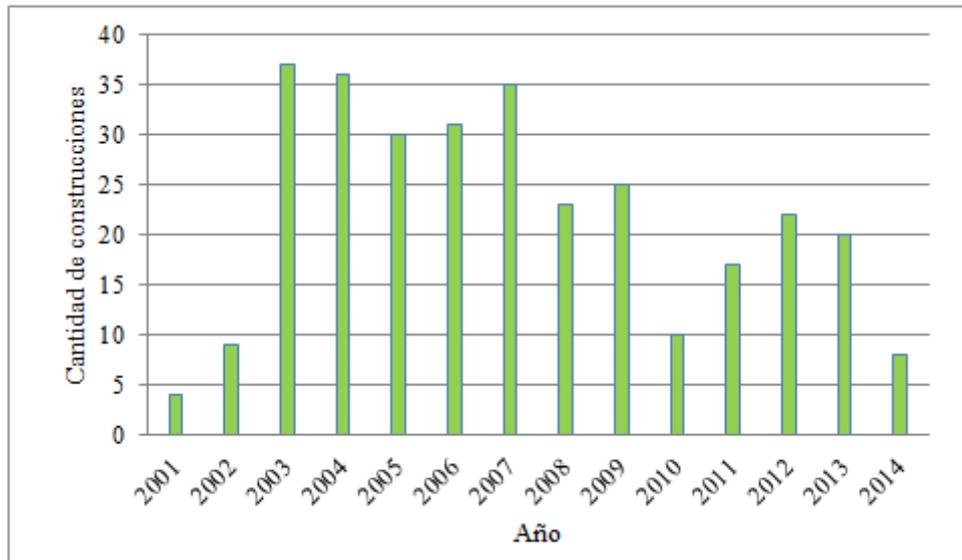
Figura 1.5. Vista de la entrada y calles internas de Villa Ventana



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017

Este proceso de urbanización se observa en la figura 1.6 donde se representan los permisos de construcción para viviendas unifamiliares otorgados por la municipalidad de Tornquist para el período 2001-2014. El año 2003 significó un salto cuantitativo, con respecto a los dos años anteriores, con 37 autorizaciones. La evolución en la construcción presenta ciclos alternados de crecimiento y disminución, con descensos en los años 2005, 2008, 2010, 2013 y 2014. Otra variable de análisis de crecimiento urbano la constituyen las conexiones de energía eléctrica, que en 2001 sumaban 45 y en 2013 alcanzaron las 145 (Tabla 1.2).

Figura 1.6. Permisos de construcción de viviendas unifamiliares en Villa Ventana (2001-2014)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos suministrados por la Municipalidad de Tornquist, 2017.

Tabla 1.2. Evolución de las conexiones de energía eléctrica (1999-2013)

Localidad	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
Villa Ventana	494	510	572	618	661	697	720	778	735	769	795	832	860
VSLG	45	50	56	64	76	86	92	109	101	112	125	136	145

Fuente: Cooperativa Eléctrica Limitada de Tornquist, Memoria y balance general.

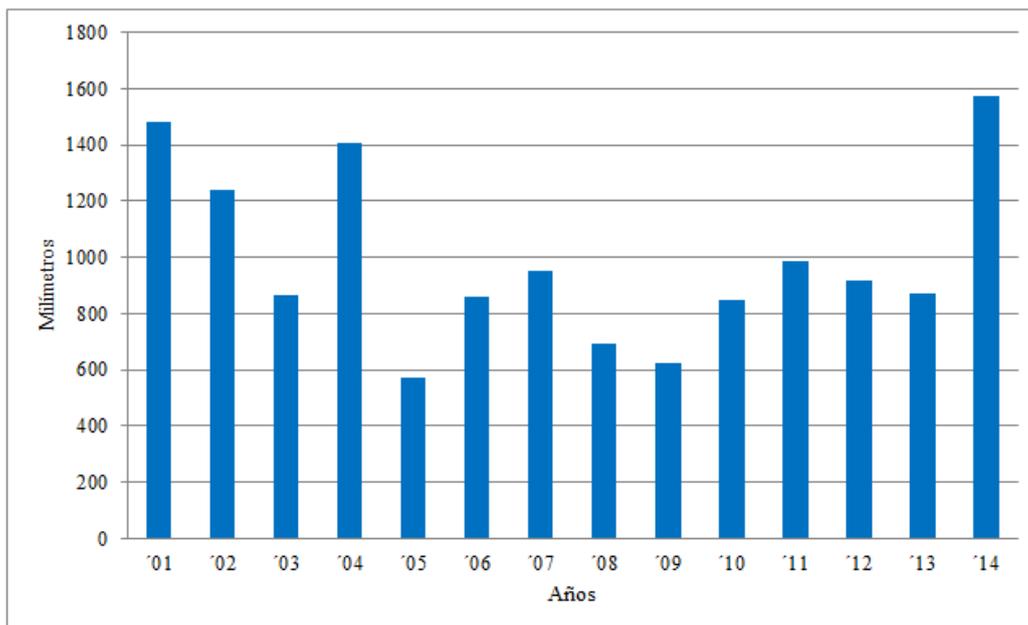
Villa Ventana es uno de los núcleos turísticos del área serrana que más ha crecido en los últimos años. Registra un aumento constante de sus servicios básicos y complementarios y un crecimiento acelerado de su población residente (Visciarelli y Grippo, 2007). Durante el período 1991-2001 evidenció una variación intercensal del 346 % de la población residente, mientras que en el período 2001-2010 la variación fue del 36,54 %.

La actividad económica principal está ligada al turismo, dado que los empleos de los habitantes se relacionan con los servicios turísticos: alojamiento (hoteles, cabañas, bungalows, casa para alquiler, camping), gastronomía (restaurant, pizzerías, casa de comidas, confiterías, casas de té, fábrica de alfajores, dulces y chocolates artesanales), artesanías y excursiones. Los datos correspondientes a llegadas de turistas corroboran esta situación (Fig. 1.4), se evidencia un crecimiento sostenido de la demanda turística hasta el 2008. En 2009 se registra un descenso que se prolonga hasta el 2011 debido a la crisis hídrica que atravesó la localidad. Cabe destacar que, en ese período la villa

estuvo en emergencia hídrica con cortes parciales y totales del suministro de agua potable. Los cortes se realizaron en verano cuando las temperaturas son más elevadas y el consumo es mayor porque coincide con el período de mayor afluencia de turistas.

El abastecimiento se realizaba por pozos cuya recarga depende de las lluvias, las que han registrado en los últimos años importantes descensos, tal como se observa en la figura 1.7. En 2011 se inauguró la obra “Acueducto El Pinar-Villa Ventana”, a 3 km al Este de la localidad, que debía asegurar el suministro de agua potable por 30 años pero no ha dado los resultados esperados. Actualmente, durante el período estival, la provisión de agua potable en algunos sectores de la villa es problemática, se mantienen los cortes programados y muchos residentes han optado por construir depósitos de agua en sus viviendas. Esta situación dificulta las tareas de extinción de incendios al no disponer de fuentes de abastecimiento de agua en caso de ocurrencia de incendio.

Figura 1.7. Distribución de la precipitación anual para el período 2001-2014 en el PPET

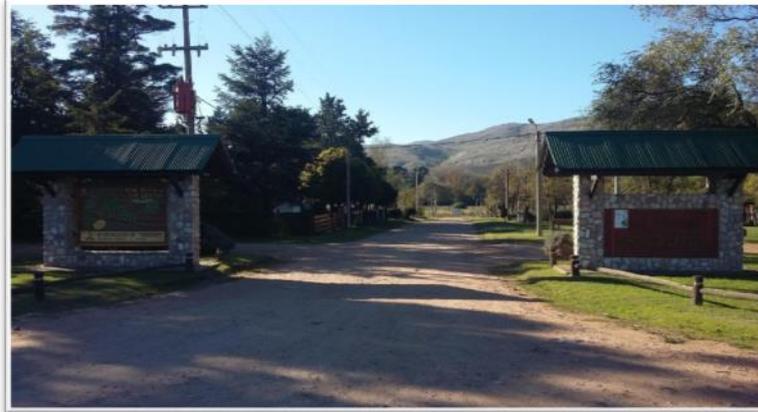


Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos suministrados por PPET, 2017.

Villa Serrana La Gruta (VSLG), fundada el 2 de diciembre de 1970, es una villa residencial que se localiza en el kilómetro 228 de la RP 76, a 3 km del PPET y 35 km de Sierra de la Ventana (Fig. 1.8). El desarrollo de la infraestructura y el crecimiento fue muy lento, en treinta años solo se completó el tendido eléctrico, el alumbrado público y el puente peatonal que permite cruzar el arroyo de La Ventana (Michalijos *et al*, 2013). En el censo de 1991 el poblado registraba 8 residentes, cifra que se multiplica por cinco

en 2001, representando un crecimiento intercensal de 412,5 %. Actualmente posee 52 habitantes permanentes.

Figura 1.8. Entrada a Villa Serrana La Gruta



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017

Geraldi *et al.* (2014) analizaron el crecimiento de la villa entre los años 1981 y 2013. Estudiaron la expansión física a partir de la superficie urbanizada, contabilizaron 31 construcciones en la década de los 80 y 107 en el 2014, sumándose además nuevos loteos de tierras. Otra variable que permite analizar el crecimiento son las conexiones de energía eléctrica que totalizaban 36 en 1999 y en 2013 sumaron 145 (Tabla 1.2).

Frente a VSLG se encuentra San Andrés de la Sierra (Fig. 1.9), un barrio parque de 37 manzanas que comenzó a comercializarse en 1998 a cargo de una empresa privada. Su desarrollo aún es incipiente, y menor a la de su vecina localidad. Debido a la escasa población, en los censos y en los registros de la municipalidad de Tornquist, San Andrés está catalogado como zona rural, por lo que no es posible realizar un análisis de la evolución de los indicadores de población, llegadas de turistas ni conexiones eléctricas.

Figura 1.9. Vista panorámica de San Andrés de la Sierra



Fuente: <http://www.comarcaturistica.com.ar>

4.5. Parque Provincial Ernesto Tornquist

El Parque Provincial Ernesto Tornquist (PPET), creado en 1958 según decreto del gobierno de la provincia de Buenos Aires N°005421/58, abarca 6.700 ha. Se localiza sobre la RP 76 (km 225), e integra el Sistema de Áreas Protegidas de la Provincia de Buenos Aires. El principal atractivo de la reserva es el Co. Ventana de 1134 m.s.n.m., declarado monumento natural según Ley 11750/59, por su particular conformación geológica y belleza escénica (Fig. 1.10).

Figura 1.10. Entrada al PPET y vista del Cerro Ventana



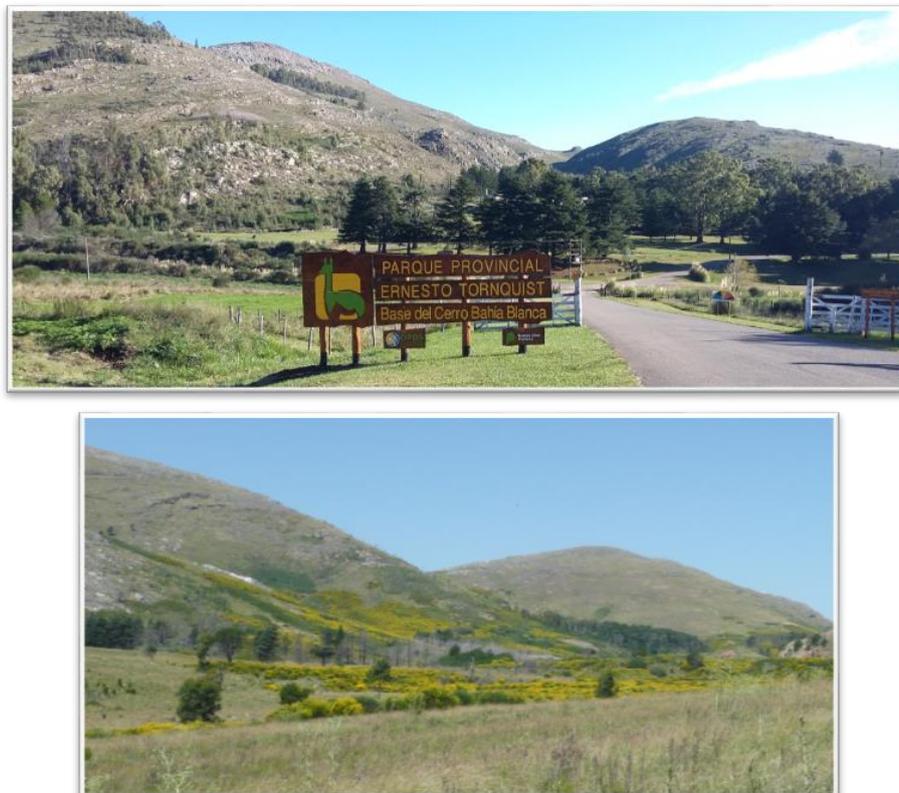
Fuente: <https://tornquist.com.ar>

Entre los objetivos del parque se destacan: conservar los distintos ambientes naturales, garantizar la supervivencia a largo plazo de las especies endémicas y amenazadas, conservar el patrimonio cultural y aspectos salientes del registro geológico, evitar la erosión, impulsar la educación ambiental, desarrollar actividades turísticas de bajo impacto y promover la adopción de prácticas agropecuarias sustentables en la región. El sector reúne características que lo hacen particularmente valioso como unidad de conservación, que sumado a la escasa protección que recibe el resto de la región pampeana (menos del 0,2 % se encuentra bajo protección legal), es considerado una isla de biodiversidad (Kristensen *et al.*, 1995b), alberga diecisiete endemismos estrictos y veinte de mayor distribución y el 50% de la flora vascular nativa de las sierras.

Debido a la gran diversidad vegetal y a la elevada concentración de especies endémicas, la reserva ha sido incluida en las Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) identificadas para Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Además gracias a su importante comunidad de aves también pertenece al Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) (Cozzani y Zalba, 2009).

Gran parte de la reserva se encuentra amenazada por la introducción, accidental o deliberada de flora y fauna exótica. Entre las especies leñosas se destacan: acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*), álamo blanco (*Populus alba*), aromo (*Acacia dealbata*), cedro (*Cedrus deodara*), ciprés (*Cupressus sempervirens*), eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis* y *E. viminalis*), pino de Monterrey (*P. radiata*), olmo (*Ulmus pumila*) y pino de Alepo (*Pinus halepensis*) (Fig. 1.11). Éste último incrementó de manera exponencial su distribución luego de un incendio de gran magnitud ocurrido en el año 1987 (Cuevas y Zalba, 2009). Dentro de las herbáceas se destaca la retama o retama española (*Spartium junceum*) que se caracteriza por formar manchones muy densos que inhiben el crecimiento de cualquier otro tipo de vegetación y con frecuencia provocan desbordes en los arroyos. Durante su crecimiento los tallos más internos van muriendo, provocando en los individuos viejos una gran cantidad de materia seca. Esta situación, sumada a su abundancia en bordes de caminos, aumenta la frecuencia e intensidad de los incendios (Sanhueza, 2009) (Fig. 1.11).

Figura 1.11. Coníferas y retamas en el PPET



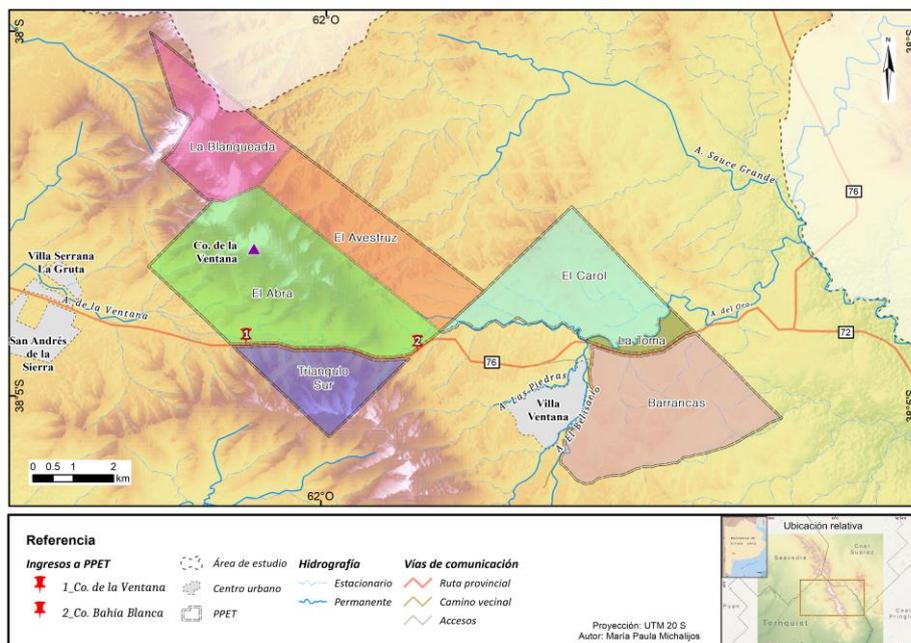
Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017

Todas estas especies introducidas, excepto el cedro y el ciprés pueden ser consideradas invasoras, debido a que se reproducen exitosamente y reemplazan a los árboles viejos con renovales. El fuego ha sido un factor desencadenante favoreciendo la liberación de semillas de los conos de los pinos adultos y reduciendo la capacidad competitiva del pastizal (Zalba y Cazzaniga, 2002).

El parque posee un Plan de Manejo (Fiori *et al.*, 1997) que zonifica la reserva en diferentes áreas según los distintos objetivos planteados en él y en la Ley 19.907. Estas son (Fig. 1.12):

- Zona Intangible (lotes La Blanqueada y Triángulo Sur): destinada a la conservación y donde la intervención humana es mínima.
- Zona Primitiva (lote El Abra, El Carol y El Avestruz): área con fines científicos y con formas primitivas de recreación bajo estricto control. Se entiende por forma primitiva a todas las actividades que no requieren la utilización de elementos ni infraestructura para su práctica.
- Zona de Uso Intensivo: donde se desarrollan actividades educativas, de esparcimiento, recreativas y comerciales, entre otras.
- Zona de Uso Especial: incluye actividades e instalaciones que no se encuadran en los objetivos de la reserva y son imprescindibles para su funcionamiento, además de actividades productivas de bajo impacto ambiental.

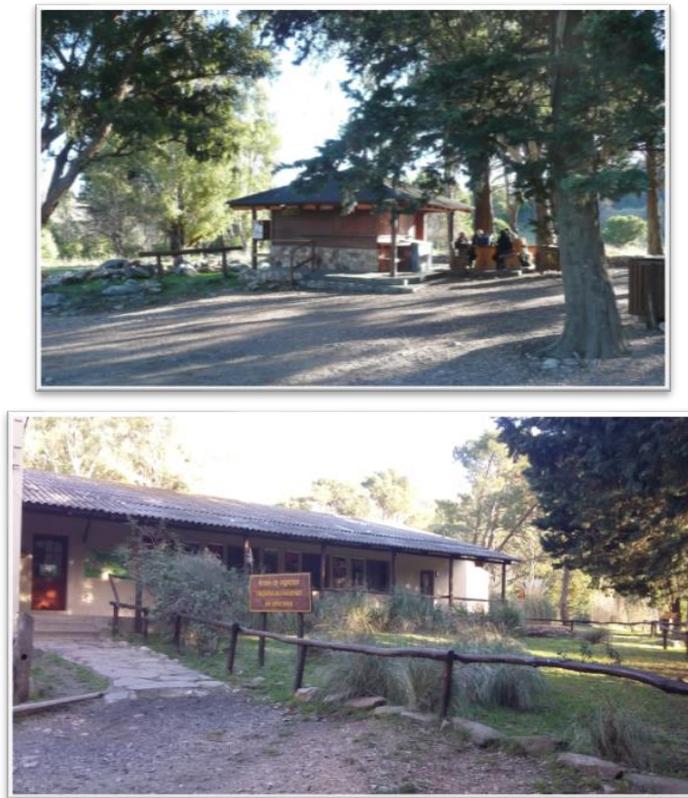
Figura 1.12. Zonificación del PPET



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Con respecto a las instalaciones del parque, en el sector Base del Cerro Bahía Blanca (El Abra) se encuentra la administración, los sanitarios, las viviendas para el personal y el centro informativo y de interpretación, donde se asesora al visitante sobre los distintos ambientes serranos, además desde aquí se accede al Co. Bahía Blanca a través de senderos autoguiados. En el sector Base Cerro Ventana se localiza un centro informativo, los sanitarios, una tienda de insumos básicos que funciona solo en época estival, una vivienda para guardaparques, un camping de concesión municipal y los accesos a senderos autoguiados (Fig. 1.13).

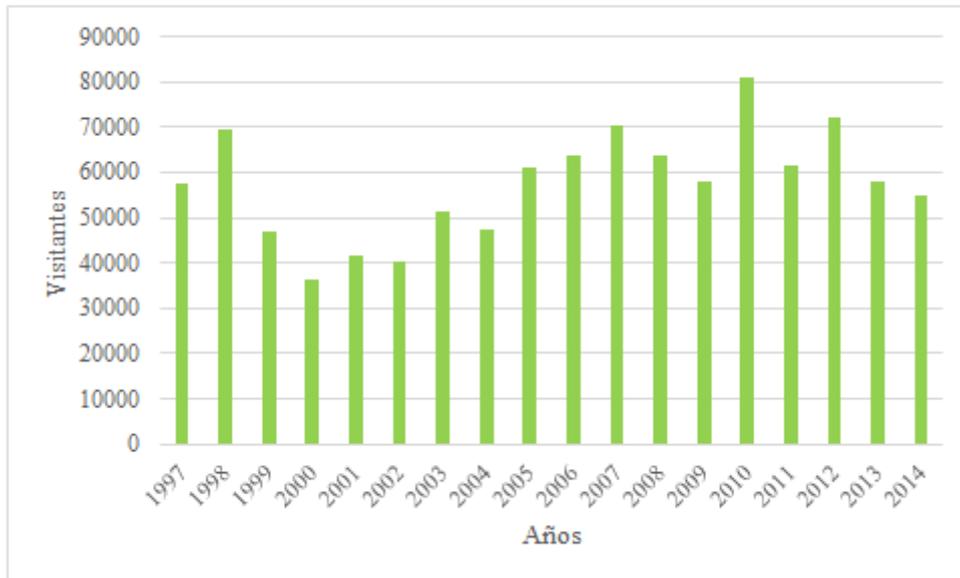
Figura 1.13. Instalaciones en el sector Base Cerro Ventana y Cerro Bahía Blanca (PPET)



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2016

Desde el año 1997 la reserva lleva un registro de la cantidad de visitantes (Fig. 1.14). Se calcula que anualmente el parque es visitado por un promedio de 58.088 personas. En 2010 registró su máxima afluencia con 81.106 y el mínimo en el año 2000 con 36.229. Los períodos de menor concurrencia coinciden con la crisis económica del país (2000 - 2002) y con la ocurrencia de grandes incendios (1999 y 2008). La temporada alta presenta dos periodos, desde mediados de diciembre hasta Semana Santa y en los meses de octubre y noviembre cuando se reciben grupos escolares.

Figura 1.14. Cantidad de visitantes al PPET (1997-2014)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos suministrados por PPET, 2017.

EL PPET está elaborando un Plan de Manejo del Fuego (PMF) que se inscribe dentro del Plan de Manejo de PPET (1997) y se instrumenta a través de un Plan de Protección y Estrategia Operativa. El objetivo del PMF es establecer mecanismos de uso del fuego como herramienta necesaria para garantizar la dinámica del sistema ecológico, mantener su capacidad de carga y, en general, asegurar la preservación ambiental de la porción de ecosistema nativo protegido.

El Plan de Protección y Estrategia Operativa incluye los lineamientos de acción que permitan prevenir y eventualmente sofocar todo incendio no deseado en jurisdicción del parque, e instrumentar operativa y logísticamente las quemas prescriptas programadas. En él se consideran valores amenazados prioritarios a: la vida humana, las especies en peligro de extinción y/o endémicas, el patrimonio cultural, las áreas de reserva natural estricta y la infraestructura del área.

Los objetivos de protección son:

1. Evitar fuegos no deseados producidos por el hombre, salvo que las pautas de manejo del fuego consideren a este parte del ecosistema.
2. Minimizar la superficie afectada por los fuegos no deseados.
3. Procurar que el despacho de la brigada de lucha contra incendios no supere los 3 minutos después de recibida la alarma.
4. Optimizar medidas de prevención y detección de los focos de incendio.
5. Obrar en consecuencia con la clasificación de los valores amenazados.

Con respecto a la prevención se prevé por un lado, reforzar las acciones tendientes a la educación y difusión a través de charlas educativas en los establecimientos escolares de las localidades serranas, micros informativos preventivos en programas radiales y televisivos, carteles preventivos en los sitios de mayor afluencia turística y recorridas de prevención y educación en las épocas críticas de mayor índice de peligrosidad de incendio. Por otro, tareas tales como disminuir el material combustible circundante a construcciones, caminos, límites de la reserva y a las áreas de descanso, mantener en condiciones los tanques reservorios de agua y el equipamiento contra incendios y reducir los lugares permitidos para realizar fuego. Además, contempla una guardia diaria permanente, desde diciembre hasta febrero, con una camioneta equipada para la detección temprana y primer ataque contra incendios. El móvil deberá estar en el mirador del Cerro de la Ventana, sobre la banquina de la RP 76, a fin de ser visible al tránsito de visitantes y transeúntes.

Para finalizar, el parque posee un galpón en la base del Cerro Bahía Blanca (Fig 1.15), destinado a guardar el equipamiento contra incendios. El mismo consiste en: cuatro cisternas de 1000, 2400, 2600 y 3200 litros, mochilas de agua, una motobomba, mangueras, palas, rastrillos, lanza forestal, ropa ignífuga, cascos, máscaras y antiparras.

Figura 1.15. Instalaciones y equipamiento para combatir incendios (PPET)



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2018.

5. Plan de Trabajo

Hipótesis

H1: El riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana se debe a la elevada carga de combustible disponible, a las condiciones meteorológicas y topográficas que favorecen la propagación del fuego y al aumento de las construcciones en áreas forestales.

H2: La vulnerabilidad de la población ha aumentado en el período 2004-2014 debido al auge turístico que experimenta la comarca y al avance de la urbanización sobre áreas forestales que modifican el ciclo natural de incendios.

Objetivo general

Estudiar el riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana a través de un modelo de riesgo específico para el área

Objetivos específicos:

1. Identificar las áreas de mayor ocurrencia de incendios forestales.
2. Caracterizar la distribución espacial y temporal de los incendios forestales y sus causas.
3. Analizar la influencia de la topografía en el contenido de humedad del combustible.
4. Estudiar la incidencia de las condiciones meteorológicas, topográficas y de la vegetación en la propagación de incendios.
5. Establecer la relación entre el avance de la urbanización en áreas forestales y el grado de vulnerabilidad de la población.
6. Analizar la capacidad de regeneración de la vegetación para determinar el grado de vulnerabilidad ecológica.
7. Elaborar un índice de riesgo de incendio forestal para un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana.

CAPÍTULO II. ASPECTOS TEÓRICO METODOLÓGICOS

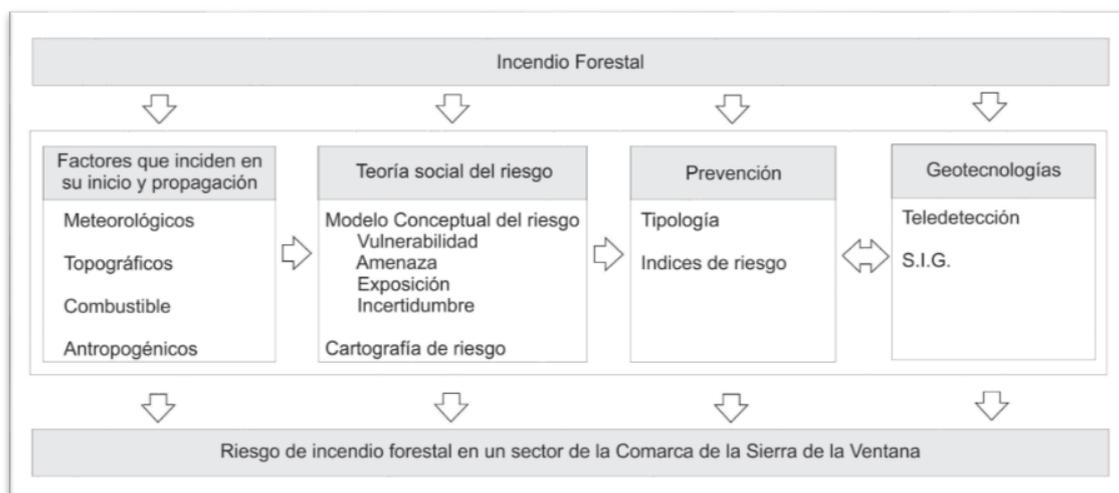
1. Introducción
2. Metodología; 2.1 Metodología para el estudio del riesgo; 2.2 Materiales utilizados en la elaboración del índice de riesgo de incendio forestal
3. El fenómeno de los incendios forestales: su análisis a través de la teoría social del riesgo y el uso de geotecnologías; 3.1 Definición y tipología de incendios; 3.2 Factores ambientales: su incidencia en el inicio y propagación de incendios; 3.2.1. La influencia de los elementos meteorológicos en la ocurrencia de incendios; 3.2.2. Incidencia de la topografía en el comportamiento del fuego; 3.2.3. Combustibles forestales: tipología y características; 3.2.4. Actividades antropogénicas: la negligencia y la intencionalidad como factores determinantes en el inicio de un incendio
4. Teoría Social del riesgo; 4.1 Modelo conceptual del riesgo; 4.2 Cartografía de riesgo
5. El rol de la prevención en el riesgo de incendio forestal
6. Utilización de geotecnologías en el análisis del riesgo de incendio forestal

1. Introducción

En este capítulo se presenta el enfoque metodológico y la teoría de riesgo que sustenta la investigación. En la primera sección se explican los métodos utilizados para la obtención de los objetivos planteados y se detallan los materiales empleados.

En la segunda sección se abordan los conceptos que guían el proceso de investigación y que se sintetizan en la figura 2.1. Primeramente se define el tipo de incendio, para delimitar el objeto de estudio y los factores que inciden en su inicio y propagación, estos conforman las variables a estudiar en el índice de riesgo. Se prosigue con la definición de la teoría social del riesgo y sus componentes (amenaza, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre), dentro de los cuales se organizan los factores anteriormente analizados. La prevención se estudia como el conjunto de actividades tendientes a disminuir la incidencia de eventos físicos potencialmente dañinos. Por último, el análisis y tratamiento de todos los conceptos se realiza a partir de las geotecnologías como herramientas necesarias para optimizar la toma de decisiones con el objetivo de lograr una planificación acorde a las potencialidades del espacio analizado.

Figura 2.1. Marco conceptual



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

2. Metodología

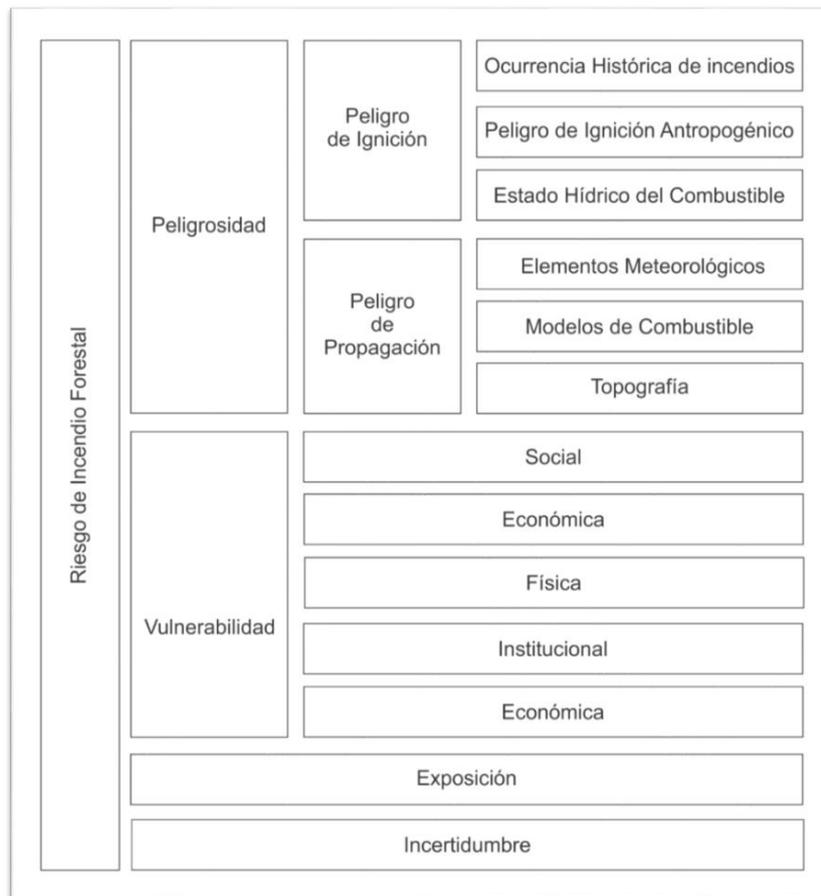
La tesis se desarrolla siguiendo el enfoque mixto, el cual "...representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión

conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio” (Hernández Sampieri *et al.*, 2008). La combinación de los enfoques cualitativo y cuantitativo permite una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno, la percepción de éste resulta más integral, completa y holística (Hernández Sampieri *et al.*, 2008).

2.1. Metodología para el estudio del riesgo

El objetivo general es determinar las áreas de riesgo de incendio forestal, para ello se propone obtener un índice basado en la teoría social del riesgo (Tabla 2.1). De acuerdo con Natenzon (2015) abordar esta teoría implica analizar sus cuatro dimensiones: peligro, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre, las tres primeras configuran el riesgo y ante la falta de conocimiento sobre alguna de ellas se da lugar a la incertidumbre. Estos conceptos serán definidos en la siguiente sección.

Tabla 2.1. Teoría social del riesgo aplicada a la problemática de los incendios forestales



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2018.

Para aplicar la teoría se propone un modelo de riesgo cuya estructura posee cinco niveles jerárquicos: índice, subíndices, factores, subfactores e indicadores (de Vicente y Lopez, 2012), los cuales se desarrollarán en los capítulos III, IV y V. A continuación se explica cada uno de ellos (Tabla 2.2):

- a) Índice: es el índice final de riesgo de incendio, está compuesto por la agregación de los valores de todos los niveles inferiores, es el nivel más alto de abstracción del modelo.
- b) Subíndices: es el segundo nivel y su función es la de descomponer el concepto de riesgo de incendio forestal en sus componentes básicos o fundamentales. En la presente investigación se plantean cuatro subíndices, peligro, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre.
- c) Factores: corresponde al tercer nivel del modelo, se construyen a partir de la agregación de los componentes del nivel inferior.
- d) Subfactores: constituyen el cuarto nivel y de ellos se desprenden los datos a medir.
- e) Indicadores: Son los componentes del nivel inferior, constituyen la base del índice, son los elementos más simples de la estructura y los que poseen valores concretos.

Tabla 2.2. Modelo de riesgo de incendio forestal

1° Nivel	2° Nivel	3° Nivel	4° Nivel	5° Nivel	
Índice	Subíndice	Factor	Subfactor	Indicador	
Riesgo de incendio	Peligrosidad	Peligro de Ignición	Ocurrencia histórica de incendios	Localización de incendios Caracterización de incendios	
			Peligro de ignición antropogénico	Uso y cobertura del suelo	
			Estado hídrico del combustible	FMC Fuel Moisture Content	
			Elementos meteorológicos	Viento Precipitación Temperatura	
		Peligro de Propagación	Modelos de combustible	Tipo de vegetación	
			Topografía	Orientación de la pendiente Iluminación Pendiente	
			Social		Estructura de la población Ocupación de la población Tipo de vivienda Calidad de la vivienda
			Económica		Programas de asistencia económica a damnificados
	Vulnerabilidad	Institucional		Programas de prevención Planes de emergencias	
		Física		Índice de ocupación Índice de colindancia Índice de dispersión	
		Ecológica		NDVI - Normalized Difference Vegetation Index	
		Exposición		Ver indicadores de Peligrosidad y Vulnerabilidad	
		Incertidumbre		Ver indicadores de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición	

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2018.

El análisis espacial del índice se lleva a cabo a través del modelado espacial, para ello se utiliza la superposición ponderada en el entorno de los sistemas de información geográfica (SIG). Esta técnica permite aplicar una escala común de valores a cada componente para generar un análisis integrado (ESRI, 2018). En esta investigación se adopta una escala valorativa de cuatro clases, donde el uno representa el valor más bajo de riesgo y el cuatro el más alto. La integración de las variables en un único índice requiere de la ponderación de cada una de ellas en función de su importancia en el riesgo de incendio (capítulo V).

2.2. Materiales utilizados en la elaboración del índice de riesgo de incendio forestal

La investigación se desarrolla siguiendo las siguientes fases: exploración documental, investigación de campo y tratamiento de los datos en gabinete. Para la elaboración de cada subíndice se utilizaron métodos específicos que se explicarán a lo largo de la investigación. Los materiales necesarios para poder realizar la cartografía abarcan fuentes primarias y secundarias, en la tabla 2.3 se ordenan en función del modelo de riesgo adoptado.

Tabla 2.3. Materiales utilizados en la elaboración del índice de riesgo de incendio forestal

Subíndice	Factor	Subfactor	Materiales
Peligrosidad	Peligro de Ignición	Ocurrencia histórica de incendios	Partes de incendios del Cuartel de Bomberos Voluntarios y del Plan de Manejo del Fuego del PPET Periódicos locales y regionales Datos de campo (entrevistas a guardaparques y bomberos) Imágenes satelitales
		Peligro de ignición antropogénico	Estadísticas de llegada de turistas Consulta de páginas web Mapa de ocurrencia histórica de incendios Datos de campo (observación directa) Cartas topográficas 1:50000 Imágenes satelitales Imágenes de Google Earth®
		Estado hídrico del combustible	Muestras de vegetación Imágenes satelitales Modelo Digital del Terreno
	Peligro de Propagación	Elementos meteorológicos	Estadísticas meteorológicas Modelo Digital de vientos y precipitaciones Imágenes satelitales Modelo Digital del Terreno
		Modelos de combustible	Imágenes satelitales Modelos de combustibles de Scott y Burgan (2005) Datos de campo (observación directa)
		Topografía	Modelo Digital del Terreno
Vulnerabilidad	Social	Datos de campo (entrevistas y encuestas a la población) Censo Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC)	
	Económica	Datos de campo (entrevistas a productores agropecuarios y propietarios de emprendimientos turísticos) Estadísticas de visitantes (PPET y Oficinas de Turismo) Periódicos locales y regionales	
	Institucional	Datos de campo (entrevistas a Bomberos Voluntarios, directivos y docentes de establecimientos educativos)	
	Física	Mapa de uso y cobertura del suelo	
	Ecológica	Imágenes satelitales	
Exposición		Datos de campo (entrevistas y encuestas a informantes clave) Mapa de Peligro de Ignición Mapa de Peligro de Propagación Mapa de Vulnerabilidad	
Incertidumbre		Datos de campo (entrevistas y encuestas a informantes clave) Mapa de Peligro de Ignición Mapa de Peligro de Propagación Mapa de Vulnerabilidad Mapa de Exposición	

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2018.

3. El fenómeno de los incendios forestales: su análisis a través de la teoría social del riesgo y el uso de geotecnologías

3.1. Definición y tipología de incendios

La definición de términos y conceptos es un paso fundamental y una influencia dominante en la organización del pensamiento y en la dirección de una investigación (Mendicoa, 2003). Es por ello, que para delimitar el objeto de estudio es necesario definir el concepto de incendio, y los factores que inciden en su inicio y propagación a través de la teoría del riesgo y el uso de geotecnologías.

El fuego es un fenómeno físico-químico que emite luz y calor cuando un cuerpo entra en combustión. Es decir, es la manifestación de una reacción química exotérmica que se produce cuando se aplica suficiente calor a una sustancia combustible en presencia de oxígeno (Kopta, 1999). Entonces, para que el proceso se inicie se necesita de tres elementos, combustible, oxígeno y calor. Se habla de incendio cuando el fuego requiere de su extinción, para que esto último ocurra uno o más de dichos componentes tiene que ser eliminado. La norma ISO (International Standards Organization) considera un incendio como un proceso de combustión, caracterizado por la emisión de calor acompañada de humo, llama o ambos.

Existen tres tipos principales de incendios:

- a) incendio rural: es el que se desarrolla en áreas rurales, afectando vegetación del tipo matorrales, arbustales y/o pastizales. Los dos factores que influyen en el comportamiento del fuego en el campo abierto son la presencia de elementos combustibles y las condiciones climáticas (Vélez, 2000).
- b) incendio de interfase: afecta áreas de transición entre zonas urbanas y rurales, donde las estructuras edilicias se entremezclan con la vegetación (CONAFOR, 2008). En Argentina aún no se han definido oficialmente los distintos tipos de interfase, pero en el conjunto estarían comprendidos todos los lugares habitados que rodean las ciudades y pueblos, como así también los establecimientos rurales donde existen edificaciones construidas dentro de los montes o bosques (Ivandic, 2007).
- c) incendio forestal: es el "... fuego que se extiende sin control sobre terreno forestal, afectando a vegetación que no estaba destinada a arder. Se deduce de esta definición que el incendio forestal es un fuego de vegetación no agrícola y que no incluye la quema de rastrojos, salvo que se pase a un monte. Es esencial

la falta de control para que un fuego sea considerado incendio. Por ello, no se consideran incendios las quemas de pastos o de matorral o el empleo del fuego para eliminación de residuos forestales, que no hayan causado daños a juicio del Servicio encargado de la prevención y no se hayan extendido más allá de la zona a la que sería prudente aplicar la operación citada” (Vélez, 2000:1.3).

Este último tipo de incendio es el que se desarrolla en el área de estudio y por lo tanto, será analizado en la presente investigación. En este sentido, las áreas forestales hacen referencia a los sectores de vegetación no agrícola.

En el desarrollo de un incendio pueden distinguirse varias fases:

- a) Según aumenta la temperatura, el combustible empieza a desprender partículas invisibles al ojo humano.
- b) La concentración de partículas ascendentes, que se desprenden del material, forma humos y vapores que ya son visibles.
- c) En presencia de la cantidad de oxígeno necesaria, los vapores se transforman en llamas, con gran aumento de los humos y desprendimiento de calor.

La duración de cada una de estas fases depende de la clase de material y de las circunstancias en cada momento.

En cuanto a la propagación, la misma hace referencia a las condiciones promedio que explican la dispersión de un fuego una vez que se inicia (Chuvienco, 2008). La velocidad de propagación viene determinada por la superficie de contacto del combustible con el comburente, por la proporción de ambos y por la temperatura.

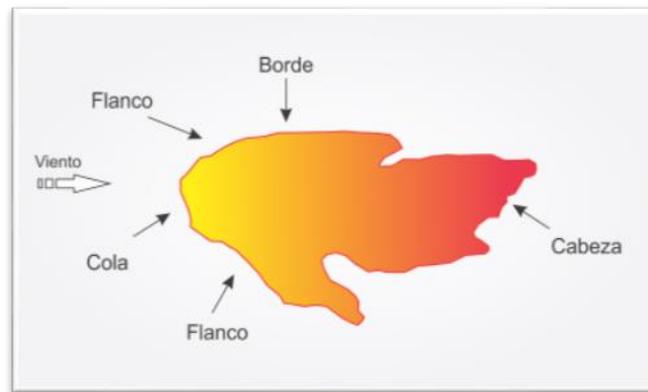
El fuego puede propagarse por radiación, por convección o por conducción. En el primero, el desplazamiento de la onda de fuego se produce desde un foco hacia zonas muy próximas, sin presencia de viento. El segundo, es cuando masas de aire o gases se calientan, se produce dilatación del mismo y se vuelve más ligero, asciende humo y los gases de elevada temperatura calientan todas las materias que están por encima, por lo cual es posible llegar a una temperatura de ignición y arder. Este proceso tiene importancia en el avance del fuego ladera arriba y en el paso del fuego de superficies a copas (Alvarez Rogel, 2000). Por último, por conducción, la transferencia de calor se realiza por contacto entre sustancias. La velocidad de transmisión dependerá del material.

La velocidad de propagación de los incendios es muy diferente de un incendio a otro y también depende de sus distintos frentes de fuego. Generalmente el comienzo del fuego se inicia en un círculo pequeño que luego se va alargando (Alvarez Rogel, 2000).

Así, las partes o frentes fundamentales que se observan en un inicio de incendio son (Fig. 2.2):

- a) Borde: perímetro en llamas.
- b) Cabeza: parte del borde por donde el fuego avanza con mayor rapidez siguiendo la dirección del viento. La clave del control de un incendio es dominar este segmento.
- c) Cola: parte del borde que menos progresa, opuesto a la cabeza y a la dirección del viento.
- d) Flancos: contornos laterales, un cambio en la dirección del viento puede convertir un flanco en cabeza.

Figura 2.2. Partes de un incendio forestal

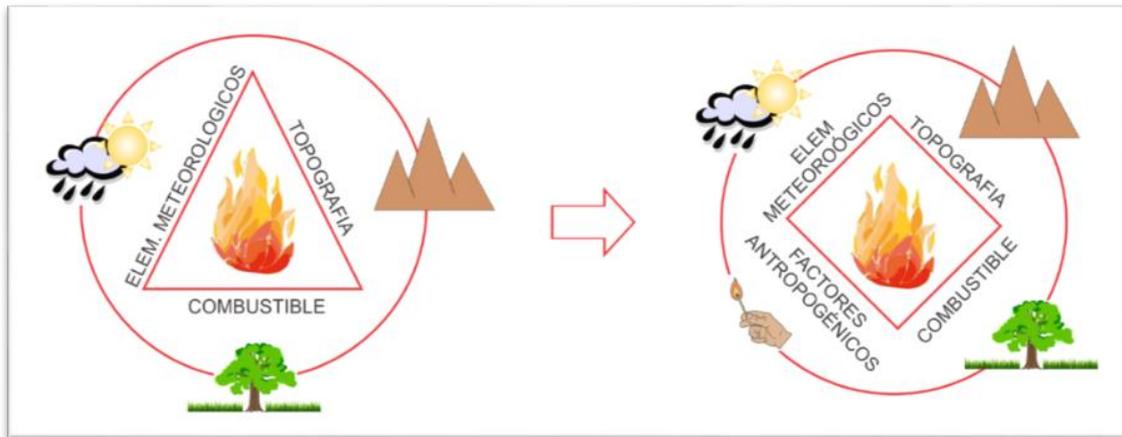


Fuente: Elaboración propia en base a Sanvicente Callejo (1996), 2017.

3.2. Factores ambientales: su incidencia en el inicio y propagación de incendios

Los incendios forestales representan un importante factor de transformación ambiental para una amplia gama de ecosistemas mundiales (FAO, 2007). Los diferentes agentes y elementos ambientales que intervienen en un incendio forestal están directamente relacionados con la variabilidad de ocurrencia espacial y temporal de los mismos. Es de vital importancia conocerlos para tratar de predecirlos, combatirlos o mitigar los daños que pudieran ocasionar. Los factores que ayudan a comprender el inicio y propagación de un incendio forestal conforman la denominada tríada del fuego: elementos meteorológicos, topografía y combustible. Sin embargo, es importante agregar a esta tríada el factor antropogénico, dado que representa un agente causal de gran importancia (Fig. 2.3).

Figura 2.3. Factores que inciden en el inicio del fuego



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

3.2.1. La influencia de los elementos meteorológicos en la ocurrencia de incendios

El estado atmosférico posee una influencia decisiva en el inicio, propagación y frecuencia de los incendios forestales. Es el factor más variable y no puede ser alterado por el hombre, pero sí ser objeto de predicción, de allí la importancia de su conocimiento para advertir situaciones críticas.

El tiempo influye directamente en la ocurrencia de incendios, que generalmente se asocia a la época del año, dado que hay mayor cantidad de días con temperaturas muy elevadas lo que favorece las situaciones de sequía. El estudio del comportamiento de los elementos meteorológicos permite conocer la influencia que los mismos tienen sobre la acumulación de biomasa, la carga del combustible y su estado hídrico. Estos elementos se clasifican en dos grupos: los que influyen en el inicio del fuego y los que inciden en la velocidad de propagación (Vélez, 2000). La tabla 2.4 resume estas características y su incidencia en el ambiente.

Tabla 2.4. Incidencia de los elementos meteorológicos en el ambiente y en el inicio y propagación de un incendio

Elementos meteorológicos		Incidencia en el ambiente	Incidencia en el incendio	
Radiación solar		Latitud Mes Hora del día Orientación de las laderas Coberturas de nubes Vegetación	influencia en el inicio del fuego	Inicio de la temporada de incendios
Precipitación		Humedad relativa Humedad de los combustibles		Determina el comienzo, final y severidad de la temporada de fuego
Temperatura del aire		Humedad relativa Humedad de los combustibles		Determina el inicio del incendio
Humedad		Disponibilidad del oxígeno Humedad del combustible		Determina el inicio del incendio
Viento	Dirección	Contribuye a predecir otros parámetros meteorológicos como la precipitación, la temperatura y la estabilidad de la atmósfera	Incidencia en la velocidad de propagación del fuego	Cambios en la dirección del viento ocasionan modificaciones en la dirección de propagación del incendio y provocan su descontrol
	Velocidad	Humedad de los combustibles Aumenta la provisión de oxígeno		Favorece la combustión Prolonga las llamas y aumenta la velocidad de propagación determinando la dirección del frente de llamas. Promueve el inicio de nuevos focos, al transportar brasas y chispas
Grado de estabilidad atmosférica		Reduce o aumenta el movimiento vertical del aire		Facilita el ascenso de los gases de combustión y la entrada de aire desde los laterales del incendio aportando oxígeno. De esta manera los incendios pueden desarrollarse con violencia y tener un comportamiento errático

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Si bien, todos los elementos tienen una influencia importante, la temperatura, el viento y la humedad relativa son los que inciden principalmente en la triada del fuego. La temperatura influye directamente sobre los combustibles desecándolos y aumentando el material muerto. El viento aporta el oxígeno y determina el frente de incendio; al igual que la temperatura contribuye a la desecación de material e incrementa la transferencia de radiación y convección además de originar desplazamiento de partículas que crean nuevos focos (Alvarez Rogel, 2000). Por último, el vapor de agua influirá en el grado de humedad de la vegetación. Estos tres elementos determinan

entonces, las condiciones del combustible, y por lo tanto en la velocidad de propagación del fuego y en su intensidad.

3.2.2. Incidencia de la topografía en el comportamiento del fuego

La topografía es de los tres componentes el más constante y posee influencia en los otros dos. Incide en las condiciones del combustible (especialmente en la humedad), en la propagación y comportamiento de los incendios y puede modificar el estado atmosférico. La presencia de valles, crestas y pendientes elevadas determina una forma particular de comportamiento del fuego. A continuación se detalla la influencia de cada elemento de la topografía.

- **Altitud:** a medida que la altura aumenta se producen variaciones en la precipitación y la humedad disponible en el suelo y a su vez disminuye la temperatura estableciendo límites para el desarrollo de la vegetación. A medida que la altitud aumenta la velocidad de propagación disminuye.
- **Orientación de la pendiente respecto al sol:** incide en la cantidad de radiación solar que recibe el suelo y la vegetación y determina los efectos estructurales y fisiológicos en las plantas. Las laderas de solana reciben mayor radiación solar directa y difusa, por lo tanto, se produce mayor evaporación en el suelo, adaptaciones de las estructuras foliares y reducción del crecimiento y densidad de la vegetación. Los combustibles y el suelo presentan menor contenido de humedad.
- **Pendiente:** es la característica de la topografía más importante a efectos del riesgo. Influye en las formas de transmisión de energía y en los fenómenos de convección y radiación, a la vez que favorece la continuidad horizontal y vertical de los combustibles. A mayor pendiente, mayor es el grado de desecamiento del suelo y velocidad de propagación de los incendios. Además, en función del grado de la pendiente varía el espesor del suelo que incide directamente en la formación de vegetación. La velocidad de propagación aumenta con la pendiente.
- **Configuración (forma del relieve):** influye en la circulación del viento y en la creación de microclimas. Por regla general, cuanto más quebrado es el relieve mayor es la velocidad de propagación (Vélez, 2000). Por otro lado, la presencia

de valles estrechos favorece la canalización de los vientos aumentando la velocidad de estos.

3.2.3. Combustibles forestales: tipología y características

Los combustibles forestales corresponden a todos aquellos materiales vegetales dispuestos en terrenos forestales, susceptibles a la ignición y a la inflamabilidad, es decir, a través de los cuales es posible el inicio y propagación de incendios. Este es el factor principal que determina el inicio de un fuego, la dificultad de controlarlo y la posibilidad de predecir su comportamiento (CONAFOR, 2008). La vegetación es el único factor que el hombre puede modificar para evitar o disminuir la ocurrencia de incendios.

Los materiales vegetales combustibles se clasifican en muertos y vivos. Los primeros están conformados por ramas caídas, hojas secas y pasto seco, su contenido de humedad fluctúa ampliamente en respuesta a las variaciones en la humedad relativa del aire, junto con la lluvia o la radiación solar.

Los combustibles vivos compuestos por hierbas, matorrales, formaciones arbóreas nativas, plantaciones y bosques artificiales, se distribuyen en cuatro estratos:

- a) Subterráneo: raíces y otros materiales que se encuentran en el suelo.
- b) Superficial: hojas, acículas, ramas ramillas, arbustos o árboles, troncos a no más de un metro y medio de altura.
- c) Aéreo: ramas del tronco del árbol, follaje, musgo, etc., que se encuentran a más de 1,5 m.
- d) Combustible de continuidad vertical: cuando se forma un continuo desde el suelo hasta la copa de los árboles, como ramas extendidas en el suelo, arbustos y árboles jóvenes.

El combustible, constantemente intercambia humedad con el ambiente, depende de la condición del tiempo, estación del año, viento, exposición y pendiente. Por esta razón, las clasificaciones por tipo o especie de vegetación no son relevantes para la gestión de incendios, dado que una misma especie puede presentar diferentes comportamientos combustibles (Cocero *et al.*, 2004). Además, a lo largo del año los valores de humedad de la vegetación oscilan, siendo el mínimo de 0,5% y el máximo 300%. Yebra y Chuvieco (2008) los agruparon en tres clases teniendo en cuenta la probabilidad de ignición: a) >70%: la probabilidad de ignición baja, la vegetación no muestra signos de estrés; b) 70% - 30%: probabilidad de ignición y el estrés de la vegetación son críticos y c) < 30%: la vegetación es considerada combustible muerto.

Por lo mencionado, en esta investigación se analiza la humedad del combustible vivo del estrato superficial, que se define como el contenido de agua que posee cada vegetal, expresado como un porcentaje del peso vivo con respecto al peso seco del mismo (Norum y Miller, 1984).

Además de estimar la humedad es importante conocer la estructura de la vegetación que condiciona la transmisión de calor y la cantidad de combustible disponible, es decir la combustibilidad. La misma se define como la propagación del fuego dentro de una formación vegetal, su estudio se realiza a partir de modelos de combustibles que parametrizan las características que determinan la combustibilidad (Scott y Burgan, 2005). A cada uno de ellos le corresponde una velocidad de propagación y altura de llama.

3.2.4. Actividades antropogénicas: la negligencia y la intencionalidad como factores determinantes en el inicio de un incendio

El peligro de ignición asociado a la actividad humana puede definirse como “la probabilidad de que ocurra un incendio como consecuencia de la presencia y actividad, ya sea directa o indirecta, del hombre” (Martínez *et al.*, 2004: 282). A lo largo de la historia la sociedad ha utilizado el fuego como herramienta para modificar su ambiente, regenerar pastos, eliminar especies animales dañinas y suprimir la vegetación natural para cultivar. Muchas veces las quemadas se realizan sin tener en cuenta las precauciones necesarias para evitar que se descontrolen y provoquen desastres.

A esta situación se suma el desarrollo del turismo que en los últimos años ha registrado un significativo aumento, principalmente en lo que se refiere a turismo rural y de naturaleza. Se destacan actividades como excursionismo, caza, pesca, senderismo, cicloturismo, rutas a caballo, entre otras, que se traducen en una mayor probabilidad de uso negligente del fuego (hogueras para calentar comida y proporcionar calor y luz, fumadores que arrojan colillas mal apagadas, por descuidos y juegos de los niños) (Martínez y Martín, 2004).

El aumento de la interfase urbano-forestal se traduce en un aumento de la posibilidad de que se inicie un incendio por imprudencia o negligencia en la zona urbana y que luego se propague a una zona forestal. También es mayor la posibilidad de que un incendio forestal ponga en peligro bienes materiales y la vida de los habitantes.

Existen otras causas humanas intencionadas que provocan incendios entre ellas figuran el vandalismo, la delincuencia y los pirómanos. Cabe destacar que los

incendiarios producen fuegos con perfecto control de sus impulsos y plena voluntad, conservando en todo momento la conciencia de sus actos y de sus consecuencias.

Los pirómanos no provocan los fuegos por intereses económicos, ni por venganza u otro móvil. Incendian deliberadamente porque experimentan tensión o activación emocional antes de provocar el incendio y sienten fascinación, curiosidad o atracción por el fuego y sus situaciones de contexto. Al provocarlo experimentan placer intenso gratificante o alivio y entonces observan o participan de sus consecuencias (Martínez y Martín, 2004).

La Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2007) establece cuatro motivos principales que provocan incendios, de los cuales dos corresponden a causas humanas:

- a) Negligencia: fuego provocado por descuido.
- b) Intencional: fuego provocado para obtener un beneficio.
- c) Natural: fuego provocado por las sequías, altas temperaturas, tormentas eléctricas.
- d) Desconocida: fuego cuya causa es imposible determinar.

Es importante realizar algunas aclaraciones de los conceptos relacionados a la clasificación de usos del suelo utilizada. Las áreas turístico-recreativas están representadas por el equipamiento e instalaciones turísticas. El primero incluye todos los establecimientos administrados por la actividad pública o privada que se dedican a prestar los servicios básicos. Mientras que las instalaciones “constituyen todas las construcciones especiales (distintas a las consignadas por el equipamiento) cuya función es facilitar la práctica de actividades netamente turísticas” (Boullon, 1985:42), permitiendo al turista satisfacer el consumo de actividades turísticas.

4. Teoría Social del Riesgo

En las últimas décadas las ciencias sociales ha reemplazado el término desastres naturales por el de desastres asociados a procesos naturales, de esta manera el estudio del riesgo ya no se centra en el análisis de los fenómenos físicos-naturales extremos sino, en las formas en que las comunidades se organizan y establecen su relación con la naturaleza (González y Ríos, 2015).

Las sociedades pos-industriales del siglo XXI, gracias al proceso de innovación y desarrollo tecnológico se han convertido en sociedades del riesgo, dado que ese desarrollo genera cada vez más situaciones de riesgo convirtiéndose éste en su rasgo

característico central. La construcción del riesgo es un proceso social e histórico, “...es el producto de conflictos de intereses, bienes y accesos diferenciales, público y privado, público y público” (Herzer, 2011:54). Está asociado a la producción del espacio geográfico, es el producto de una sociedad en un determinado tiempo y lugar, son las decisiones sobre el uso, ocupación y organización del espacio que crean situaciones de riesgo (Ferreira Freire y Natenzon, 2013).

En la actualidad, se reconoce el carácter irreductible del riesgo, es decir la imposibilidad de restringirlo a cero. Es por ello que surge la necesidad de incorporarlo como variable de análisis en el proceso de planificación, debe evaluarse para poder tomar decisiones (Zinger, 2000).

4.1. Modelo conceptual del riesgo

Incluir la Teoría Social del Riesgo en el estudio de desastres amplía el campo de análisis, no solo se pone el énfasis en los aspectos físicos naturales desencadenantes y en los daños producidos sino también da cuenta de otras dimensiones que hacen a la complejidad del problema, cuya consideración permite una disminución de las consecuencias catastróficas (Barrenechea *et al.*, 2003). Abordar el estudio del riesgo como una categoría social implica analizar sus cuatro dimensiones: peligro, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre, las tres primeras configuran el riesgo y ante la falta de conocimiento sobre alguna de ellas se da lugar a la incertidumbre.

Las actividades humanas modifican los sistemas ecológicos y ambientes originarios transformando un evento físico extremo en un peligro, es así como este concepto se construye socialmente. Por peligro o amenaza se entiende la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural o humano peligroso (Cardona, 1993). Es el origen del problema, el factor disparador del escenario de riesgo.

Natenzon (2015) introdujo la noción de peligrosidad como adjetivo es decir “...la cualidad peligrosa de los fenómenos o procesos implicados que están mediados socialmente por un sujeto que lo define como tal”. Por lo tanto la peligrosidad es “...el potencial peligroso de cualquier fenómeno espontáneo o manejado técnicamente cualquiera sea su grado de artificialidad” (Natenzon, 2015: XIV).

La peligrosidad puede ser de origen natural, asociada a la dinámica geológica, geomorfológica, atmosférica y oceanográfica (sismos, huracanes, tsunamis, entre otros), antrópico-tecnológica (explosiones, derrames tóxicos, contaminación del aire, incendios) y complejas (combinaciones de las dos anteriores). Por ello, se habla de

peligrosidades, actualmente la superposición de ellas predomina en las catástrofes y riesgos.

La diferencia entre este concepto y riesgo radica, en que el riesgo es la probabilidad de que se manifiesten determinadas consecuencias relacionadas con el grado de exposición de los elementos sometidos y a la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento (Cardona, 1993). A su vez, la vulnerabilidad hace referencia a la susceptibilidad de una comunidad para ser afectada por algún fenómeno, por ello en mayor o en menor medida toda la sociedad es vulnerable, la que se define como:

“...el estado probable de los distintos grupos sociales en relación a factores socioeconómicos, habitacionales, sanitarios, nutricionales, psicosociales y ambientales que predisponen a cada uno de ellos para afrontar y superar (o no) las catástrofes, determinando su nivel de dificultad o sus capacidades para recuperarse autónomamente luego del impacto y estar preparados para el próximo evento” (Natenzon, 2015: XV).

Su análisis permite determinar para quien el riesgo se transformará en catástrofe, pone de manifiesto las heterogeneidades de la sociedad implicada. La importancia de su estudio reside en que a diferencia de la peligrosidad (detonante) es social, presenta continuidad en el tiempo y está ligada a aspectos culturales y al nivel de desarrollo de la comunidad. Hace referencia a las características por las cuales una comunidad puede adaptarse ante un cambio en su ambiente.

La vulnerabilidad es un sistema dinámico y es consecuencia de la interacción de diferentes factores y características de una determinada comunidad. El resultado de la interacción es el bloqueo o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo convirtiéndose así en desastre.

Asimismo, vulnerabilidad y riesgo son conceptos que están relacionados entre sí, debido a que un fenómeno natural o antrópico podrá convertirse en riesgo cuando afecte a una comunidad vulnerable. Para lograr un estudio integral de la vulnerabilidad es necesario conocer y analizar la percepción individual y colectiva del riesgo, las características culturales, de desarrollo y de organización de las sociedades que favorecen o impiden la prevención y la mitigación. Todos aspectos de fundamental importancia para poder encontrar medios eficientes y efectivos que logren reducir el impacto de los desastres en el mundo (Cardona, 1993).

Wilches-Chaux (1993) propuso, para un abordaje integral, la siguiente clasificación de vulnerabilidad: natural, física o localizacional, económica, social, política, técnica,

ideológica, cultural, educativa, ecológica e institucional. Teniendo en cuenta las características del área de estudio, en la presente investigación se analizarán las siguientes:

- a) Vulnerabilidad Física o Localizacional: Se refiere a la localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo. Por ejemplo cercanos a fallas geológicas, inundaciones, etc.
- b) Vulnerabilidad Económica: La relación ingreso per cápita y el impacto de los fenómenos extremos es inversamente proporcional, es decir, que las condiciones económicas adversas aumentan el riesgo de desastre.
- c) Vulnerabilidad Social: Se refiere al grado de cohesión interna de las comunidades, que incide en su capacidad para prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre. Una sociedad con una trama compleja de organizaciones sociales formales o no formales puede absorber más fácilmente las consecuencias de un desastre y reaccionar con rapidez.
- d) Vulnerabilidad Cultural: La imagen que los individuos tienen de sí mismos, de la sociedad y como nación afecta la forma de absorber las consecuencias de un desastre. Será diferente la reacción de un grupo humano regido por patrones verticalistas de poder que un grupo donde predomina la cooperación y la solidaridad.
- e) Vulnerabilidad Educativa: se define a partir de la ausencia o presencia, en la currícula escolar, de información sobre las características del medio ambiente donde habitan y falta de preparación sobre las formas adecuadas de comportamiento en caso de amenaza u ocurrencia de desastre.
- f) Vulnerabilidad Ecológica: "...La naturaleza es un sistema vivo, dinámico, que procesa materia e información, intercambia y transforma energía. Todo cuanto "entra" en los ciclos ecológicos genera respuestas en los ecosistemas" (Wilches-Chaux, 1993:43). El modelo de desarrollo basado en la dominación por destrucción de los recursos naturales, da como resultado ecosistemas altamente vulnerables y riesgosos para la población que los explota o habita.
- g) Vulnerabilidad Institucional: Las características de las instituciones impactan directamente en la prevención y la respuesta ante un desastre. La rigidez y la excesiva burocracia aumentan la vulnerabilidad.

La tercera dimensión del riesgo es la exposición que se define como:

“... la distribución de lo que es potencialmente afectable, la población y los bienes materiales que podrían ser destruidos o dañados”. “... Es el resultado de la interrelación entre peligrosidad y vulnerabilidad cuya combinación indica que personas, objetos y construcciones son vulnerables a determinadas peligrosidades” (Natenzon, 2015: XVI).

La exposición muestra la distribución de la población y de los bienes que modifica la dinámica de los procesos físicos-naturales. Configura determinados usos del suelo, localización de infraestructura, localización y tamaño de los asentamientos, entre otros. La misma, no es una mera distribución espacial, es una expresión de un proceso histórico, implica una construcción histórica del espacio, es la materialización en el territorio de la construcción social del riesgo (Natenzon, 2015).

El diagnóstico de esta dimensión puede construirse como una imagen sincrónica que expresa determinados usos del suelo, la cantidad de población expuesta, las instituciones que operan ante una catástrofe, las vías de acceso y salida y los sitios más adecuados para que la población afectada se refugie. Un diagnóstico de estas características es una herramienta de gran utilidad en situaciones de emergencia (Natenzon, 2015).

Cuando no es posible predecir el peligro, ni caracterizar la vulnerabilidad ni determinar el grado de exposición surge la incertidumbre. Esta representa el desconocimiento de las tres componentes del riesgo mencionadas, es la dimensión no cuantificable. Al tratar problemas complejos necesariamente aparece la incertidumbre por incremento proporcional entre el desconocimiento científico, los valores que están en juego en la toma de decisiones y la urgencia en tomarlas (Natenzon, 1995). La solución a la problemática planteada es la participación de todos los sectores sociales involucrados en el diseño, gestión e implementación de políticas de prevención y mitigación de desastres.

4.2. Cartografía de riesgo

La cartografía manipula, analiza y representa ideas, formas y relaciones que se producen en el espacio y en el plano. La cartografía de riesgo es una cartografía temática, es decir, que tiene por objetivo la representación convencional de los fenómenos localizables de cualquier naturaleza y de sus correlaciones (Joly, 1979). Este tipo de cartografía se utiliza en diferentes aplicaciones, entre ellos: mapa de riesgo, de inundación, de erosión, de deslizamientos, de epidemiología, entre otros.

El mapa de riesgo permite conocer la distribución geográfica de las pérdidas esperadas (económicas, sociales o ambientales) producto de la ocurrencia de uno o más peligros. Es el resultado del cruce del mapa de peligro, vulnerabilidad y exposición (Renda *et al.*, 2017).

El mapa de peligros establece geográficamente dónde y hasta qué punto determinados fenómenos socionaturales (eventos de origen natural que han sido inducidos por la acción humana) representan un peligro a la sociedad, propiedad, infraestructura y actividades económicas. El mapa de vulnerabilidad establece la distribución espacial o geográfica de la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada en caso de que una amenaza se manifieste (del Granado Cosio, 2003).

En ocasiones la cartografía de riesgo se limita a exponer la distribución espacial y temporal de los peligros y sus atributos sin tener en cuenta la vulnerabilidad. Cuando se relacionan las estimaciones de pérdidas con los diferentes elementos afectados, la naturaleza y gravedad de la peligrosidad se incluye a la vulnerabilidad, convirtiendo así el análisis de riesgo en una metodología.

La cartografía de riesgo es un instrumento de planificación y gestión para la prevención de desastres que permite: proponer políticas, estrategias, planes y proyectos de gestión de riesgos. Con el objetivo de reducirlos y prevenir la ocurrencia de desastres, priorizar las intervenciones en las zonas de mayor riesgo, cuantificar la relación costo – beneficio de las inversiones, apoyar la elaboración de escenarios de riesgo y elaborar planes de contingencia (del Granado Cosio, 2003).

5. El rol de la prevención en el riesgo de incendio forestal

El aumento de la cantidad y siniestralidad de los incendios forestales en las últimas décadas a nivel mundial, ha provocado una mayor atención por parte de los gobiernos en las tareas de prevención. La mejor forma de reducir las consecuencias negativas de los incendios forestales es mejorar las herramientas de prevención con el objetivo de evitar que se desencadene un incendio o cuando suceda limitar su extensión. La prevención se refiere “... al conjunto de actividades que buscan eliminar o reducir la incidencia de eventos físicos potencialmente dañinos, o sus intensidades” (Potter y Franco, 1996:24).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que un desastre es un proceso en el que es posible diferenciar tres fases: la etapa previa, el momento en el que se desarrolla el

desastre y la fase posterior, cuando la población aplica la capacidad de acción para hacer frente a las secuelas. En este sentido, la prevención debe desarrollarse en cada una de ellas, de lo contrario se está desconociendo que forma parte integral de un mismo proceso. Por lo tanto, prevención se define como “... una intencionalidad práctica que atraviesa todo el proceso de desastre y que da lugar a diferentes objetivos y acciones en cada una de ellas” (Campo, 2000:33). Puede ser cultural, física o jurídica:

- a) Cultural: Se refiere a las acciones tendientes a crear una conciencia ambiental, requiere del conocimiento de los valores de los recursos naturales, para lo cual es necesario programas de educación.
- b) Física: Son las intervenciones que realiza el hombre en la vegetación, previo a la ocurrencia de incendios, con el objetivo de eliminar combustibles para evitar el inicio de incendios o su propagación (cortafuegos, quemas controladas).
- c) Jurídica: la causa principal de la ocurrencia de incendios corresponde a la actividad humana, las prácticas culturales no pueden ser modificadas inmediatamente, de allí la necesidad de tener una legislación aplicable en materia de protección contra incendios.

La prevención debe responder a las preguntas, ¿cuándo se producirá?, para determinar las épocas de peligro, ¿dónde se producirá? con el objetivo de fijar las zonas de peligro y ¿cómo se producirá? para organizar la extinción. Las respuestas se obtienen a través de la elaboración de índices de riesgo, lo que representan un instrumento de predicción que cuantifica el riesgo (Aguado y Camia, 1998).

6. Utilización de geotecnologías en el análisis del riesgo de incendio forestal

La Geografía Automatizada ha incorporado progresivamente tecnología digital, la cual presenta grandes posibilidades de aplicación. Los sistemas de información geográfica (SIG), como tecnología de integración se han convertido en el principal medio para realizar un análisis socioespacial con el fin de proveer soluciones a las problemáticas que demanda una efectiva gestión y planificación territorial (Buzai y Baxendale, 2011).

En este sentido, la geotecnología:

“... reinterpreta los conceptos geográficos incorporados a fin de brindar nuevas capacidades y posibilidades que lleve a una nueva “cosmovisión”, como nuevo paradigma que modifica, enriquece y sustancialmente amplía la capacidad dialéctica entre el hombre y su entorno... deja de ser un simple conjunto de herramientas de análisis espacial y nutrida de conceptos

geográficos llega a convertirse en una interfase con notable carga teórica” (Buzai, 2001:622).

Dentro de ella, la teledetección se define como “...aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores aéreos o espaciales” (Chuvieco, 2008:18). Técnica que ha demostrado ser muy valiosa para el estudio y prevención de desastres naturales como sequías, erupciones volcánicas, inundaciones e incendios forestales, entre otros.

La prevención, como se mencionó, implica una serie de actividades que se pueden desarrollar antes, durante y después de ocurrido el evento. La teledetección, y principalmente las imágenes satelitales, facilita el análisis de estas tres etapas a través de las ventajas que presenta con respecto a otros medios convencionales de recolección de datos, algunas de ellas son:

- La cobertura global y exhaustiva de la superficie de la tierra: se puede obtener información de prácticamente toda la superficie de la tierra.
- La perspectiva panorámica: la altura orbital del satélite permite obtener imágenes de grandes superficies de manera de tener una visión global de los hechos geográficos.
- La información sobre regiones no visibles del espectro, los sensores ópticos-electrónicos obtienen imágenes sobre la energía que no es accesible al ojo humano o la fotografía convencional, como es el infrarrojo medio y térmico o las micro-ondas.
- La cobertura repetitiva: permite realizar estudios multitemporales debido a que el satélite adquiere imágenes de la tierra en similares condiciones de observación.
- La transmisión inmediata: la información es almacenada en formato digital permitiendo su transmisión en tiempo real a las estaciones terrestres. El formato digital, permite generar modelos cuantitativos e integrar los resultados con otro tipo de información geográfica.

Con respecto a la prevención de incendios forestales, la teledetección facilita el estudio de cada una de las tres etapas mencionadas:

- Análisis de las condiciones previas al desarrollo del incendio: a través de la elaboración de índices de riesgo, detección de puntos calientes, diseño de índices meteorológicos, determinación del estrés hídrico del combustible y modelos de combustible.

- Seguimiento del incendio: a partir de estudios multitemporales.
- Evaluación postincendio: cartografía, evaluación y recuperación de las áreas quemadas utilizando índices espectrales (Índice de Área Quemada, Índices Verdes, entre otros) y estimación de daños.

La gestión de los recursos naturales en la prevención de incendios forestales requiere la integración de un gran número de datos referenciados en el espacio y en el tiempo. Es necesario disponer de tecnologías poderosas y sofisticadas para responder en forma oportuna y eficaz, y obtener un sistema de alerta temprana de riesgo.

Antes de los años 80, el análisis del riesgo se llevaba a cabo a través de la superposición manual de cartografía temática, para elaborar mapas de amenazas ambientales. Las limitaciones estaban dadas por la pequeña cantidad de mapas que podían combinarse, restringiendo el manejo de datos. Además, la información que se obtenía era de carácter estática dado el tiempo y recursos requeridos para confeccionar la cartografía.

Los SIG “...representan una tecnología básica, imprescindible y poderosa, para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos referenciados” (Moreno Jiménez, 2007:4). Entre sus características se pueden mencionar:

- Representan un modelo de la realidad sobre el territorio, almacenan gran cantidad de información geo-referenciada integrándola en un número ilimitado de capas temáticas o variables. Su potencia para el análisis de la misma los hacen idóneos para resolver problemas de planificación y gestión, es decir, para la toma de decisiones.
- Ofrecen sistemas dinámicos de información, donde los datos pueden ser actualizados periódicamente.
- Permiten la representación gráfica de la información geográfica en diferentes formatos incluyendo los mapas temáticos.

Los SIG integran la información resultante del análisis de la teledetección con otras variables geográficas con el objetivo de lograr una visión sintética de las características de un determinado territorio, una evaluación completa de los recursos existentes y lograr una planificación acorde a las potencialidades del área (Chuvienco, 2008).

Al igual que la teledetección, esta herramienta tiene aplicaciones en el estudio de incendios forestales en varios aspectos como la prevención, la detección y el control y

seguimiento de los mismos. Además permite integrar datos referidos a escenarios pasados, presentes y permite realizar previsiones futuras.

A pesar de las características mencionadas, los SIG presentan algunas limitaciones para el análisis de riesgo, debido a que estos trabajan a partir de modelos espaciales, por lo tanto, los fenómenos deben presentarse como entidades espaciales (líneas, puntos, polígonos, superficies o redes). En este sentido, la vulnerabilidad, al igual que la organización social, presenta componentes de difícil cuantificación y representación espacial como por ejemplo las estrategias de gestión de la población.

CAPÍTULO III. Los factores desencadenantes del riesgo de incendio forestal: peligro de ignición y de propagación

1. Introducción	
2. Materiales y métodos	
2.1. Peligro de Ignición; 2.1.1 Ocurrencia histórica de incendios	
2.1.2 Peligro de ignición antropogénico; 2.1.3 Estado hídrico del combustible; 2.1.3.1 Cálculo del contenido de humedad de combustibles vivos a partir de datos obtenidos en campo; 2.1.3.2 Cálculo del contenido de humedad de combustibles vivos a partir de datos de satélite; 2.1.3.3 Estimación de la temperatura superficial a partir de datos de satélite; 2.2 Peligro de Propagación; 2.2.1 Estimación de los elementos meteorológicos a partir de la simulación de datos; 2.2.2 Identificación de los modelos de combustible; 2.2.3 Elaboración de mapas topográficos: orientación, iluminación y pendiente	
3. Resultados	
3.1 Peligro de ignición; 3.1.1 Ocurrencia histórica de incendios en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana; 3.1.2 La incidencia de las actividades antrópicas en el peligro de incendio forestal; 3.1.3 La importancia de la vegetación en el inicio de un incendio forestal: estudio del estado hídrico del combustible; 3.1.3.1 Análisis de la humedad del combustible en campo; 3.1.3.2 Análisis de índices verdes y de la temperatura de superficie; 3.1.3.3 Peligro de ignición asociado a la humedad del combustible; 3.2 Peligro de Propagación; 3.2.1 Características de los elementos meteorológicos en un área serrana con peligro de incendio; 3.2.2 El pastizal pampeano y su influencia en la propagación de incendios; 3.2.3 La Sierra de la Ventana: su incidencia en el comportamiento de un incendio	

1. Introducción

En la evaluación de la peligrosidad es necesario analizar por un lado, el peligro de ignición, que tiene en cuenta la ocurrencia histórica de incendios, el factor antropogénico y la humedad del combustible. Por otro lado, el peligro de propagación compuesto por los elementos meteorológicos, los modelos de combustible y la topografía.

Los incendios forestales tienen una clara manifestación territorial, dado que los factores que los inician y los efectos que producen se distribuyen en el espacio. Esta manifestación puede estudiarse a través de su ocurrencia histórica, es decir, de la expresión espacial de los incendios en períodos pasados, a partir de métodos cuantitativos (Ávila Flores *et al.*, 2010).

El objetivo de este análisis es la elaboración de una cartografía de ocurrencia histórica de incendios, a través de la cual es posible conocer la localización exacta de cada evento, la cuantificación del área afectada, la evolución de las zonas quemadas y las características espaciales de los fuegos. La información es necesaria para determinar la temporada de incendios, identificar las zonas más críticas por su frecuencia o superficie afectada y las causas que tienen asociadas (González Tagle *et al.*, 2007). Esta es una variable de gran utilidad en el diseño de índices de riesgo, dado que aporta información indispensable para la planificación de estrategias de prevención, extinción y gestión post-incendio.

Con respecto al peligro de ignición antropogénico se debe tener en cuenta que, en el área de estudio, se están produciendo cambios socioeconómicos y culturales que han dado lugar a importantes transformaciones. Con el auge del turismo la superficie natural año a año va disminuyendo, desarrollándose nuevas actividades y usos, que dan lugar a nuevos loteos (principalmente en Villa Serrana la Gruta, San Andrés de la Sierra y Sierra de la Ventana) y emprendimientos turísticos. Estos cambios incrementan la presión sobre los recursos modificando la dinámica natural del ecosistema, cuya consecuencia es la alteración de los ciclos naturales de incendios.

Los factores antropogénicos hacen referencia a los diferentes usos y coberturas del suelo, corresponden a: áreas urbanas, naturales, turística-recreativas y agrícola-ganaderas. Todos ellos son de gran importancia para la planificación y gestión de la comarca serrana.

Para determinar el riesgo de incendio es imprescindible analizar las características de los combustibles. Sus propiedades físicas y químicas determinan la posibilidad de inicio y propagación del fuego, su comportamiento posterior, la energía por él liberada y por lo tanto la dificultad para controlarlo (Burgan *et al.*, 1998 y Vélez, 2000). Dentro de las

características que se deben conocer, la humedad es una de las variables más importantes debido a que determina el inicio de un incendio.

La humedad del combustible es la relación del peso del agua contenida en el peso seco del material, expresado como porcentaje. El índice más utilizado en incendios forestales es el Fuel Moisture Content (FMC) (Cocero *et al.*, 2004).

El cálculo del contenido de humedad de los combustibles es de gran complejidad debido a la variedad de factores que afectan su comportamiento y su variación temporal y espacial (Yebra Álvarez, *et al.*, 2005). El contenido de agua en las plantas es producto de los efectos acumulativos de los fenómenos meteorológicos, pero no solo depende de las condiciones atmosféricas, también del tipo de vegetación (longitud de las raíces, resistencia estomática, etc.) (Cocero *et al.*, 1998).

El peligro de propagación está compuesto por tres factores: elementos meteorológicos, combustible y topografía. El primero, se manifiesta en períodos secos y húmedos. Esta alternancia da lugar a la desecación de combustibles, acumulación de biomasa y carga de combustibles en disposición a arder en determinados momentos del año (Aguado y Rodríguez y Silva, 2004). Por ello, es necesario conocer las características de los elementos meteorológicos.

El viento (dirección y velocidad) influye en la velocidad de propagación del fuego y su efecto secante modifica la humedad del combustible. En incendios donde éste está presente la velocidad de avance es 100 veces mayor que en situaciones de ausencia de viento (Estrela Navarro, *et al.*, 2005). Además, en las áreas serranas se producen complejos patrones de vientos locales que originan variaciones en la dirección tornando impredecible el avance del fuego. Los bomberos deben tomar decisiones en el momento ante las condiciones meteorológicas cambiantes para optimizar los recursos y lograr un combate efectivo.

La precipitación y la temperatura representan parámetros de primer orden en la formulación de índices de riesgo, dado que modifican el contenido de humedad del suelo y la vegetación, incidiendo en la humedad relativa y de los combustibles (Vélez, 2000). Su distribución estacional contribuye a establecer el comienzo y el final, y la severidad de la temporada de incendios. Además, es necesario conocer la distribución espacial de las precipitaciones, dado que la cantidad e intensidad de las lluvias es desigual en función del relieve y en pequeñas áreas (Gil, 2009).

El segundo factor, la vegetación, influye en la propagación de un incendio a partir de su cantidad, forma, distribución y densidad. Para analizarla se utilizan los modelos de combustibles.

El tercer factor, la topografía, posee una clara influencia sobre los otros dos y es el que presenta mayor estabilidad, por ello, es necesario conocer sus características: altura, orientación, iluminación, pendiente y configuración. Por regla general, las laderas de barlovento poseen mayor humedad relativa que las de sotavento, las solanas tienen mayor temperatura y menor cantidad de agua y, por lo tanto, presentan menos combustible y más seco que las de umbría. Por último, cuanto más inclinadas sean las laderas, mayores será las velocidades de propagación del fuego (Vélez, 2000).

2. Materiales y métodos

2.1. Peligro de ignición

2.1.1. Ocurrencia histórica de incendios

El estudio de la ocurrencia histórica de incendios surge de la descomposición analítica del concepto (Tabla 3.1). Las dimensiones que se analizan son: densidad de incendios, frecuencia, dimensión, causalidad y estacionalidad.

Tabla 3.1. Descomposición analítica del concepto Ocurrencia Histórica de Incendios

Concepto	Dimensión	Subdimensión
Ocurrencia histórica de incendios	Densidad de incendios	n° de incendios por superficie
		n° de incendios por año
	Frecuencia	Índice de frecuencia
	Dimensión	% de incendios chicos (menores de 100 ha)
		% de incendios medianos (entre 100 y 500 ha)
		% de grandes incendios (mayores a 500 ha)
	Causalidad	% de incendios intencionales
		% de incendios por negligencia
		% de incendios naturales
		% de incendios de causa desconocida
	Estacionalidad	% de incendios en temporada alta
		% de incendios chicos en temporada alta
		% de incendios medianos en temporada alta
% de grandes incendios en temporada alta		

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

La información de base para trabajar cada dimensión y subdimensión se obtuvo de los partes de incendios de los Bomberos Voluntarios de Tornquist y del Plan de Manejo de

Fuego del PPET. Además, se consultaron periódicos locales y regionales, en formato papel (Diario La Nueva Provincia) y digital (<http://www.labrujula24.com>, <http://www.pagina95.com> y <http://www.sierradelaventana.com>) y se realizaron entrevistas al personal del cuerpo de bomberos de Tornquist y guardaparques del PPET.

Se elaboró una base de datos con información de los eventos ocurridos entre 2004 y 2014. En ella se detalla la fecha y hora de inicio del incendio, la localización, la superficie quemada, la causa y por último se destina una columna a observaciones. Esta base es el punto de partida para realizar un análisis espacial y temporal de la ocurrencia de incendios.

El estudio de la densidad de incendios se realizó a partir de la localización de cada evento. Para ello, se utilizaron imágenes satelitales del sensor Thematic Mapper de la plataforma Landsat 5 (06/01/2005, 09/11/2006, 02/09/2007, 16/02/2008 y 02/10/2008) y OLI-TIRS de la plataforma Landsat 8 (15/01/2014 y 09/02/2014), todas cedidas por CONAE. La selección de las imágenes fue en función de su resolución temporal (16 días) y espacial (30 m) que se ajusta adecuadamente a las características de los incendios del área.

Además de la localización de los focos se realizó una cartografía de áreas quemadas a partir del cálculo del Índice de Área Quemada (IAQ). Este utiliza las bandas del rojo e infrarrojo cercano y mide la similitud espectral entre cada píxel de la imagen y un punto de convergencia hacia el que tendería una zona quemada, donde domine la señal del carbón. El valor del índice será mayor cuanto menor sea la distancia espectral, es decir, cuanto más similar sea a esa cubierta (Martín y Chuvieco, 2001). Originalmente, fue formulado para ser aplicado a imágenes NOAA-AVHRR, sin embargo, Martín y Chuvieco (2001) y Michalijos y Uboldi (2013) han evaluado su capacidad para cartografiar incendios a partir de imágenes Landsat TM, obteniendo resultados positivos.

El IAQ se obtiene de la siguiente ecuación:

$$IAQ = 1/((Rq - R)^2 + (IRCq - IRC)^2) \quad (1)$$

Donde R corresponde a la banda del rojo, IRC a la banda del infrarrojo cercano, e IRCq y Rq a reflectividades de referencia (0,06 y 0,1 respectivamente) de una zona quemada conocida.

Las áreas quemadas que no pudieron ser detectadas a través de las imágenes se localizaron a partir de la información de los partes de intervención y de entrevistas al personal del PPET y Bomberos Voluntarios de Tornquist. Sobre estas se construyeron buffer, teniendo como base la cantidad de hectáreas afectadas. En los casos donde no se disponía de datos de superficie se tomó el tamaño promedio de un incendio (50 ha.).

Luego de obtener la superficie de cada evento, se le asignó a cada uno de ellos el valor 1, se convirtió a formato raster y finalmente, se realizó un álgebra de mapas para obtener las zonas que recurrentemente son afectadas por incendios.

Con respecto al análisis de la frecuencia se utilizó la ecuación propuesta por RINAMED (2010):

$$F_1 = \frac{1}{a} \sum_1^a n_i \quad (2)$$

Donde F_1 es la frecuencia de incendios, n_i el número de incendios por año y a el número de años considerados.

Los valores entre 0 y 1 representan una frecuencia muy baja, entre 1,1 y 2 baja, entre 2,1 y 4 moderada, entre 4,1 y 6 alta y más de 6 grave.

2.1.2. Peligro de ignición antropogénico

El mapa de peligro de ignición antropogénico se construyó a partir del análisis de los usos y cobertura de suelo. Su identificación y clasificación se llevó a cabo a partir de la descomposición analítica en: concepto, dimensión y subdimensión (Tabla 3.2). La localización y digitalización se realizó en el SIG ArcGIS 10.1[®], la información de base se obtuvo del reconocimiento en campo, las cartas topográficas Tornquist y Sierra de la Ventana a escala 1:50.000 del IGN e imágenes de alta resolución del Google Earth Pro[®]. Para obtener la superficie correspondiente a las sierras y a las áreas destinadas a la actividad agropecuaria se clasificó la imagen satelital Landsat 8, path y row 226-087, de fecha 10 de diciembre de 2014 (cedida por CONAE).

Tabla 3.2. Descomposición analítica del concepto Usos y Coberturas del Suelo

Concepto	Dimensión	Subdimensión
Usos y Coberturas del suelo	Áreas urbanas	Centros urbano-turísticos
		Transporte y comunicaciones
		Servicios
		Equipamiento e instalaciones turísticas
	Áreas naturales	Áreas protegidas
		Áreas con escasa intervención antropogénica
	Áreas turístico-recreativas	Atractivos turísticos
	Áreas agrícola-ganaderas	Actividades agropecuarias

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

El siguiente paso consistió en determinar la probabilidad de ignición para cada uso y cobertura (muy alto: 4, alto: 3, medio: 2 y bajo: 1). Para ello, se realizó una descripción de cada uno, destacando las características que inciden en el grado de peligro. Los centros urbano-turísticos se analizaron según la cantidad de población, la llegada de turistas, existencia de cuartel de bomberos y las características de entorno (si está rodeada de vegetación, campos agropecuarios, sierras o áreas protegidas). El transporte y las comunicaciones se estudiaron teniendo en cuenta la tipología del tránsito y la posibilidad de acceder a centros urbano-turísticos, atractivos, equipamiento e instalaciones turísticas. Los servicios están representados por las líneas eléctricas de media tensión que se encuentran sobre la banquina de la RP 72 y 76, uniendo los centros urbano-turísticos y en algunos caminos vecinales abasteciendo de electricidad a emprendimientos turísticos y agropecuarios.

La influencia del equipamiento y servicios turísticos se evaluó a partir de su capacidad de acogida, tipo de servicios que ofrecen y cercanía a las vías de comunicación. Las áreas naturales corresponden al PPET y a las zonas que presentan una escasa intervención humana. En esta última, se incluyen las sierras, afloramientos rocosos y pastizal. Por último, las áreas turístico-recreativas están representadas por los atractivos turísticos.

Una vez identificados los usos del suelo fue necesario construir buffers o corredores, debido a que su influencia excede los límites del uso. Un buffer se define como el área de influencia espacial en torno a un evento, se crean zonas de igual distancia alrededor de un punto, línea o polígono (Gómez García en Moreno Gimenez, 2007), para ello se utilizó el SIG ArcGIS 10.1®.

Para determinar el ancho de los corredores se consultaron diferentes autores, Salas Rey y Chuvieco (1994) consideraron una distancia de 150 m para caminos, zonas de ocio y monte en el Macizo Oriental de la Sierra de Gredos. En Valencia, De Vicente y López

(2012) utilizó un ancho de 50 m para las líneas eléctricas, 100 m para las vías del ferrocarril y para los caminos tomó dos rangos, hasta 150 m y hasta 500 m. En Sidney, Price y Bradstock (2013) determinaron la influencia de las carreteras a partir de una escala de cinco clases con un riesgo muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo (0-100 m, 100-200 m, 200-300 m, 300-400, > 400 m). En el área de estudio la topografía, impide o reduce el acceso y la circulación en algunos sectores, por ello se proponen buffers de menores dimensiones a los citados. Cuando el peligro es muy alto se establece un corredor de 80 m (4), cuando es alto 60 m (3), medio 40 m (2) y bajo 20 m (1).

Para finalizar cada capa vectorial fue convertida a raster con el objetivo de realizar un álgebra de mapas (suma). El resultado fue clasificado en cuatro niveles (muy alto: 4, alto: 3, medio: 2 y bajo: 1) obteniendo la cartografía de peligro de ignición antropogénico.

2.1.3. Estado hídrico del combustible

El estado hídrico del combustible se estima a partir del contenido de humedad del combustible (FMC), tradicionalmente se realiza con el muestreo directo (Blackmarr y Flanner, 1968) el cual implica un intenso trabajo de campo, que en áreas de difícil acceso se torna muy complejo. Por ello, se propone una metodología alternativa, basada en el uso de imágenes satelitales y SIG. El objetivo es establecer una relación entre el parámetro a estimar y la información espectral contenida en la imagen, para elaborar un producto que resuma las características de la vegetación y la temperatura.

Para ello se obtuvieron diferentes índices verdes y la temperatura de superficie (TS), luego a través del coeficiente de correlación de Pearson se contrastan los valores mencionados y el FMC. Esta técnica determina el grado de relación lineal entre las variables a analizar, los valores oscilan entre -1 y 1, correlación negativa y positiva perfecta, la tabla 3.3 sintetiza el significado de los posibles resultados. Al aplicar la correlación se determina el índice que se ajusta mejor al valor del contenido de humedad. Luego se realiza un cociente con la TS cuyo valor es normalizado, el producto resume el comportamiento de la actividad fotosintética o estrés hídrico y la temperatura.

Tabla 3.3. Escala del coeficiente de correlación de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,1 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva perfecta

Fuente: Hernández Sampieri *et al.*, 2008.

La altura y la orientación de la pendiente modifican la humedad del combustible. Para estimar esta influencia se calculó, a partir del MDE-Ar del IGN, de 30 m de resolución y en el entorno del SIG, el mapa de altura y el de orientación de la pendiente. El primero se agrupa en función de las categorías establecidas para el trabajo de campo: zona basal (<400m), baja (400-600m), intermedia (600-800m) y alta (>800m). Luego cada una de ellas es clasificada en función del cociente entre la TS y el índice verde para lo cual, se distribuyeron aleatoriamente sobre cada clase 10 puntos y se calcula el valor promedio. A continuación, a partir del agrupamiento de datos en intervalos de clases (3 y 4), se establecieron cuatro clases en función del peligro de ignición (Muy Alto, Alto, Moderado y Bajo), las que son utilizadas para elaborar el mapa de peligro de ignición asociado a la altura.

$$R = x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n} \quad (3)$$

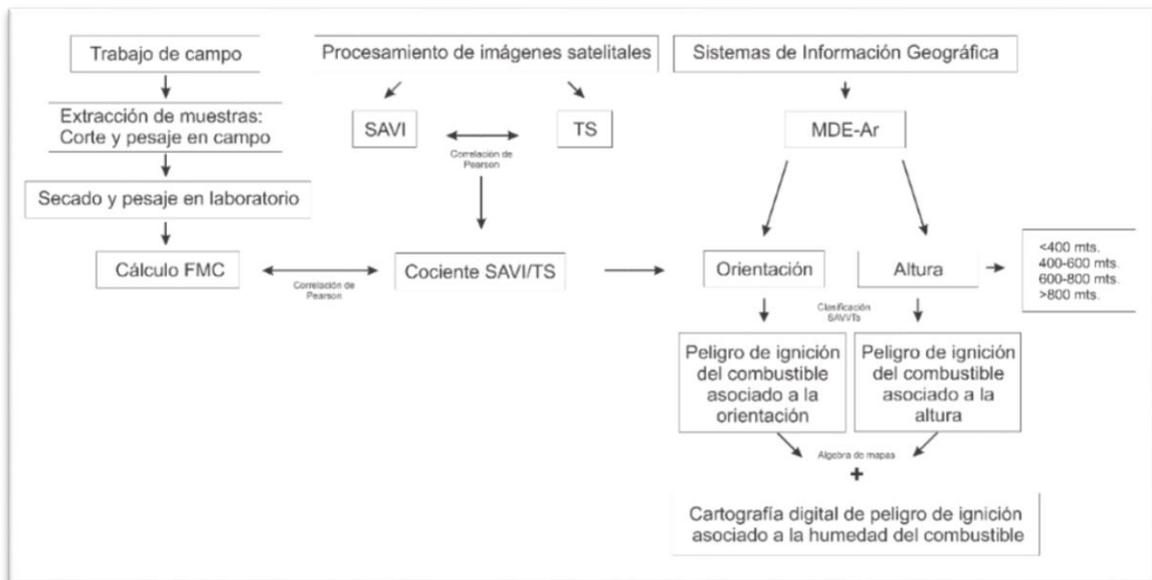
$$A = R / N \quad (4)$$

Donde R= rango de datos analizados, $x_{m\acute{a}x}$ = valor máximo, $x_{m\acute{i}n}$ = valor mínimo, A= amplitud de la clase y N= cantidad de clases

Con respecto a la orientación de la pendiente, se procedió de igual manera, se distribuyeron 10 puntos al azar, con su correspondiente valor de humedad del combustible y se calculó el promedio para cada orientación. Luego se establecieron las cuatro clases de peligro de ignición con la técnica antes citada (10 y 11), estas fueron utilizadas para la elaboración del mapa final de peligro de ignición asociado a la orientación de la pendiente. Por último, se aplicó una máscara a las áreas con alturas inferiores a 400 m, dado que son consideradas zonas planas.

Una vez obtenida la variación de la humedad del combustible según la orientación de la pendiente y la altura, se realiza un álgebra de mapas en el SIG ArcGIS 10.1®. Esta operación suma los datos de ambos mapas estableciendo nuevas categorías, el mapa resultante presenta tantas categorías como combinaciones entre clases sea posible. De esta manera se obtiene la cartografía de peligro de ignición asociada a la humedad del combustible (Fig. 3.1).

Figura 3.1. Metodología aplicada para el cálculo del peligro de ignición asociado a la humedad del combustible



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

2.1.3.1. Cálculo del contenido de humedad de combustibles vivos a partir de datos obtenidos en campo

El contenido de humedad de los combustibles vivos se obtuvo a partir del muestreo directo utilizando métodos gravimétricos. Para ello, se extraen muestras de vegetación las cuales se pesan in situ, luego son llevadas al laboratorio donde se secan en una estufa y

se vuelven a pesar, obteniendo el porcentaje de humedad a partir de la diferencia de pesos (Blackmarr y Flanner, 1968).

Este índice presenta algunas desventajas entre las que se destacan: la recolección de las muestras resulta poco operativa dado que las mediciones son costosas; el material es sensible a las variaciones del peso fresco al momento de recoger la muestra y por último, no es una medida instantánea del contenido de agua. Para realizar este cálculo se toma un procedimiento estándar en las diferentes etapas del proceso: recolección, manejo, procesamiento y estimación del contenido de humedad de las muestras. El objetivo es estandarizar los resultados para hacerlos comparables con otros lugares (Norum y Miller, 1984). Es imprescindible la precaución al momento de la recolección y manipulación de la muestra, dado que cualquier descuido puede conducir a resultados erróneos en los pasos siguientes.

Las etapas a seguir son:

- a) Selección de los tipos de combustibles
- b) Selección y localización de las muestras
- c) Recolección de las muestras
- d) Pesaje de las muestras frescas
- e) Secado y pesaje de las muestras secas
- f) Cálculo de la humedad del combustible

Para la selección de los tipos de combustibles se debe tener en cuenta que éstos pueden referirse a especies muertas o vivas. En la presente investigación se estimó el contenido de humedad de estas últimas dado que proporcionan la carga de biomasa y además, el dosel vegetal dificulta la detección mediante teledetección de los materiales muertos que quedan en el suelo.

La selección y localización de las muestras requiere un conocimiento previo del área de estudio, como se indicó en el capítulo I, la vegetación está representada por una estepa gramínea con predominio del género *Stipa*, *Piptochaetium*, *Festuca* y *Briza*. En algunos sectores se encuentran comunidades arbustivas de *Eupatorium buniifolium* y *Discaria americana* (Barrera y Frangi, 1997). Por lo tanto, la recolección de las muestras se restringe al material fino (pastizal pampeano), que se caracteriza por perder humedad con mayor rapidez que el material grueso, esta diferencia explica que la combustión de los pastos sea más rápida que la de los troncos.

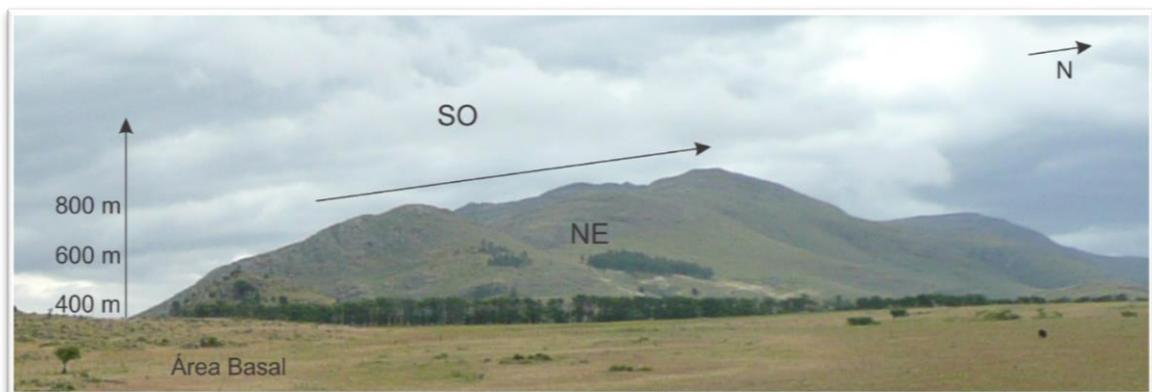
Por otro lado, la selección del material puede incluir una única especie representativa de la zona de estudio o medir el FMC de varias especies y obtener un valor medio. En

este caso se calculó el valor medio debido a que el pastizal serrano no presenta una única especie dominante característica, sino una asociación de especies.

Para la localización de los sitios se tomó como punto de partida el trabajo de Kristensen y Frangi (1995a), quienes establecieron diferencias climáticas a escala local en función de la exposición, altitud y pendiente. Dichos autores clasificaron el área tomando como base por un lado, la divisoria principal de las sierras que determina una vertiente nororiental y una sudoccidental, y por otro, el viento predominante que posee dirección NE-SO, perpendicular a las sierras. Los autores reconocieron tres áreas, ladera Noreste, ladera Suroeste y área basal (Fig. 3.2). A esta categorización se suma la variable altitud, que se divide en 4 sectores, sitios inferiores a los 400 m, de 400 a 600 m, de 600 a 800 m y alturas superiores a 800 m. Es decir, que el área de estudio para el análisis de la humedad del combustible se clasifica en (Fig. 3.2):

- a) Área basal con alturas inferiores a los 400 m.
- b) Área baja con alturas entre 400 y 600 m con orientación NE y SO.
- c) Área intermedia con alturas entre 600 y 800 m con orientación NE y SO.
- d) Área alta y cumbres con alturas superiores a los 800 m con orientación NE y SO.

Figura 3.2. Clasificación del área de estudio en función de la humedad del combustible vivo



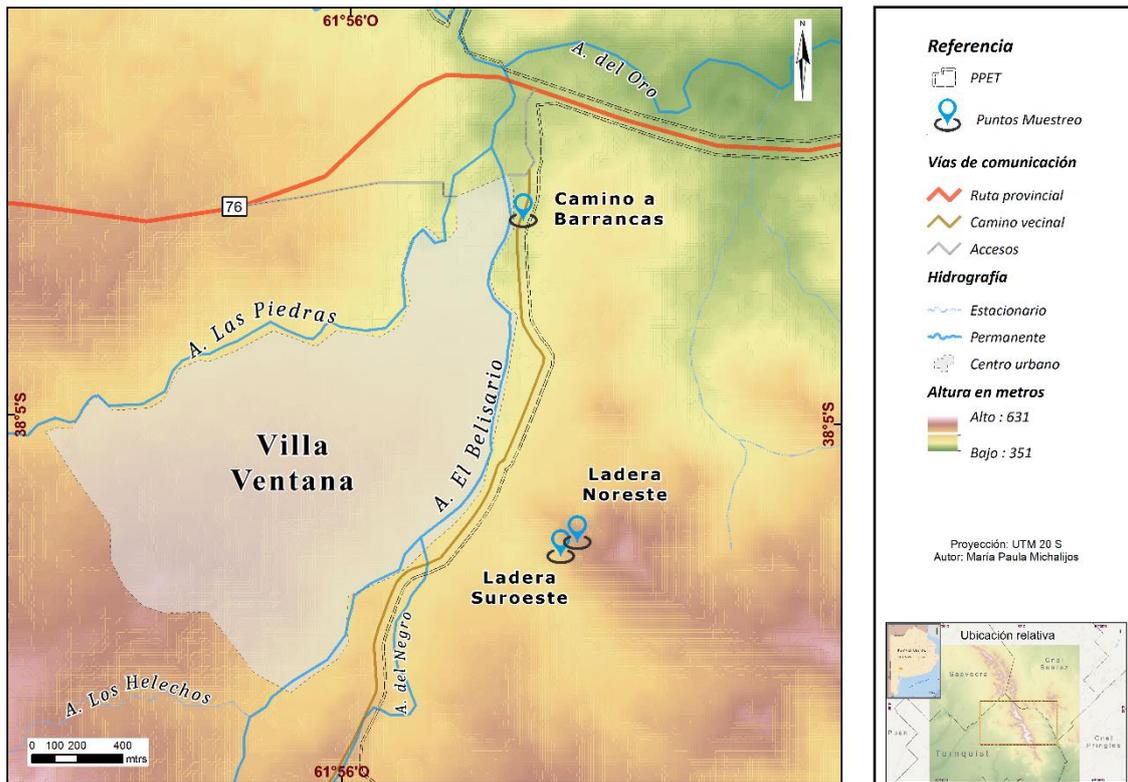
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

En base a esta clasificación se seleccionaron los sitios de muestreo. Del total de ellos se tomaron muestras en 4 puntos (Fig. 3.3) dado que los demás fueron afectados por el incendio del 29 de diciembre de 2013.

Las campañas se iniciaron en diciembre de 2013 y finalizaron en diciembre de 2014, tuvieron una periodicidad mensual. La muestra del mes de enero no se tuvo en cuenta debido al mencionado incendio, también se descartaron la de los meses de abril y agosto

por las abundantes precipitaciones. Es importante destacar que según el protocolo de muestreo no se recogieron muestras de vegetación los días de lluvias ni el día posterior inmediato por ser, la humedad del combustible, sensible a las condiciones meteorológicas.

Figura 3.3. Puntos de muestreo para el cálculo del contenido de humedad de los combustibles vivos



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Con respecto al tamaño de las muestras, autores como Norum y Miller (1984) recomiendan recolectar muestras pequeñas (entre 20 y 25 gramos) que luego se introducen en cajas herméticas con el fin de conservar el contenido de humedad hasta llegar al laboratorio, donde se pesan y se secan. En la presente investigación, se optó por tomar muestras de mayor tamaño (200 – 300 gramos) con el objetivo de pesarlas en campo y evitar la pérdida de humedad en el trayecto al laboratorio (Brown *et al.*, 1979, Viegas *et al.*, 1992). Para el pesaje se utilizó una balanza digital portátil con una precisión de un dígito. Luego las muestras fueron introducidas en sobres de papel para su traslado (Fig. 3.4).

Figura 3.4. Recolección, pesaje y almacenaje de las muestras recolectadas en campo



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Dado que el FMC varía a lo largo del día (según la radiación solar) para asegurar características similares al momento de la recolección de las muestras, estas deben efectuarse siempre a la misma hora. El valor máximo de humedad se registra momentos antes del amanecer, mientras que el mínimo se produce en las horas centrales del día. A mediodía, el FMC es más bajo y por consiguiente las condiciones de peligro son mayores, por ello el trabajo de campo se realizó entre las 12 y 16 horas (Cocero *et al.*, 1998).

Simultáneamente se realizaron observaciones meteorológicas. Se midió la humedad relativa, temperatura del aire y velocidad del viento con un termohigrómetro ambulatorio digital DAVM+ SUPCO, perteneciente al Departamento de Geografía y Turismo (DGyT) de la Universidad Nacional del Sur (UNS).

Norun y Miller (1984) sugieren realizar el proceso de secado durante 18 horas a 100°C, Piño *et al.* (1998) proponen utilizar la misma temperatura por 24 horas. Por su parte Viegas *et al.* (1992) y Cocero (2002) secan las muestras por 48 horas a 60°C. Se probaron las distintas propuestas y se optó por la última, dado que es el método que mejor se adapta a las características del material recogido en campo. A 60°C no se observa carbonización del material y solo se elimina el agua y los elementos más volátiles.

Transcurridas las 48 horas, las muestras se retiran de la estufa e inmediatamente se pesan para evitar que la vegetación absorba la humedad del ambiente. Se utiliza la misma balanza de campo para mantener el error de un dígito propio del instrumento (Fig. 3.5).

Figura 3.5. Secado y pesaje de las muestras en laboratorio



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Finalmente el cálculo del contenido de humedad se realiza a partir de la fórmula:

$$FMC = \left((P_h - P_s) / P_s \right) * 100 \quad (5)$$

Donde P_h y P_s corresponden al peso húmedo y seco de la muestra respectivamente.

2.1.3.2. Cálculo del contenido de humedad de combustibles vivos a partir de datos de satélite

La caracterización del estado hídrico del combustible a partir del muestreo directo presenta algunas dificultades operativas y económicas. Por ello, la teledetección es una herramienta de gran utilidad para la obtención de parámetros biofísicos de superficie.

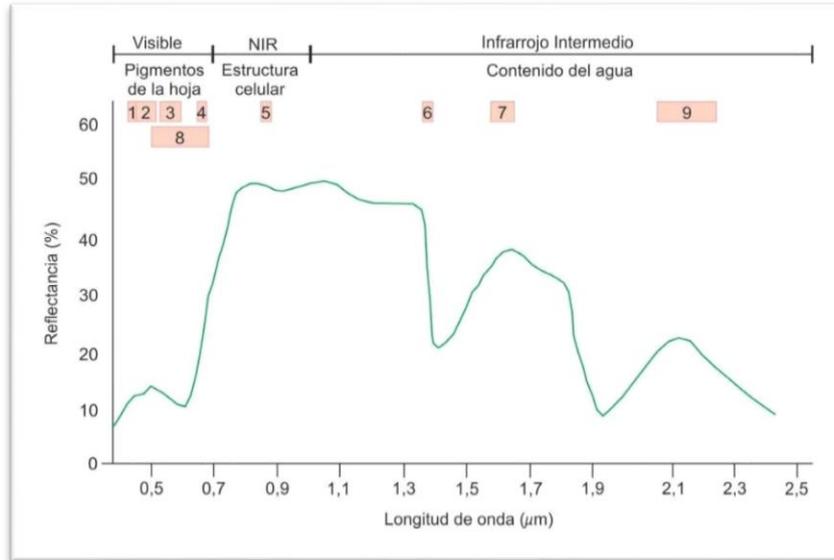
A partir de la forma en que la vegetación refleja o emite energía a distintas longitudes de onda (Fig. 3.6) es posible discriminar dicha cubierta de otras. En el rango visible del espectro electromagnético (0,4 – 0,7 μ m) el efecto absorbente de los pigmentos de la hoja (clorofila) explican la baja reflectividad. La absorción se produce en torno a los 0,445 y 0,645 μ m (bandas azul y rojo) y alrededor de los 0,55 μ m (banda verde) se produce un máximo de emisión.

En el infrarrojo cercano (0,7 – 1,3 μ m) la reflectividad es elevada debido a la baja absorción de la clorofila y por la estructura de la hoja. Es decir que la vegetación sana presenta una reflectividad alta contrastando con la respuesta en el visible (Chuvieco, 2008).

En el infrarrojo medio, más precisamente en el infrarrojo de onda corta (Short Wave Infrared, SWIR) entre 1,3 y 2,5 μ m el efecto absorbente del agua es muy claro, la reflectividad de la vegetación sana se reduce drásticamente, permitiendo estimar el

contenido de humedad de la vegetación y el suelo. Cuando el follaje sufre stress por sequía la diferencia entre las bandas del rojo y el infrarrojo cercano disminuye mientras que en el SWIR la reflectividad aumenta.

Figura 3.6. Firma espectral de la vegetación y localización de las bandas del Landsat 8



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Chuvieco (2008), 2016.

Con la información de la firma espectral de la vegetación se desarrollaron una gran cantidad de índices verdes, que se basan principalmente en un cociente entre bandas de una misma imagen. Si bien, la bibliografía sobre el tema es abundante se consultaron autores que han utilizado estos índices para discriminar el contenido de humedad en la vegetación asociado al riesgo de incendio forestal. Trabajos como los realizados por Cocero *et al.* (1996), Cocero *et al.* (1999), Cocero y Chuvieco (2004) y Yebra Álvarez (2008) determinaron que los índices más utilizados son:

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) es el más conocido y de mayor difusión desarrollado por Rouse *et al.* (1974). Consiste en realizar un cociente entre las bandas rojo e IRC.

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R} \quad (6)$$

Donde R corresponde a la banda del rojo, IRC corresponde a la banda del infrarrojo cercano.

Cocero y Chuvieco (2004) y Ceccato *et al.* (2001) determinaron su importancia al medir el efecto indirecto de la pérdida de agua, manifestando cambios en el área foliar y el contenido de clorofila. Sin embargo, algunos autores no lo consideran un buen indicador del FMC debido a que está influenciado por variables que no están relacionadas con el contenido de agua. En este sentido Jackson *et al.* (2004) mencionan que:

- Cada especie vegetal posee una relación particular entre el contenido de clorofila y la humedad.
- Una disminución del contenido de clorofila no implica un descenso de humedad.
- Un descenso en el contenido de humedad no implica una disminución de clorofila.
- El NDVI satura a valores intermedios de Índice de Área Foliar por lo que no es sensible a todos los valores de FMC.

Normalized Difference Infrared Index (NDII) (Hunt y Rock, 1989) se lo considera un índice de contenido de agua, estrés hídrico o sequía al utilizar la banda del IRC que contiene información sobre el grado de deterioro de la hoja y el SWIR que aporta datos sobre el contenido de agua.

$$NDII = IRC - SWIR / IRC + SWIR \quad (7)$$

Entre los factores que modifican el comportamiento de los índices verdes la proporción vegetación/suelo se presenta como uno de los principales elementos a tener en cuenta. Para excluir este factor se desarrolló el Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) (Huete, 1988) que incluye un parámetro L para ajustar el resultado a una reflectividad promedio de fondo. La fórmula es:

$$SAVI = \frac{IRC - R}{IRC + R} (1 + L) \quad (8)$$

Donde L = 0,5

2.1.3.3. Estimación de la temperatura superficial a partir de datos de satélite

Las variaciones del contenido de humedad en las plantas vivas provocan cambios fisiológicos y anatómicos. La falta de agua implica que la planta transpire menos aumentando, de esta manera, su temperatura superficial. A partir de este principio se utilizó el rango del infrarrojo térmico para estimar la temperatura de superficie (TS) con el objetivo de realizar un seguimiento del dinamismo térmico de la vegetación. Se realizó

el cálculo de esta variable para luego correlacionarla con los diferentes índices verdes y el FMC.

Para la estimación de TS se utilizan imágenes del sensor OLI-TIRS de la plataforma Landsat 8 (cedidas por CONAE). Su elección se basa en las características propias del sensor como su resolución espacial, espectral y temporal y en la disponibilidad de las imágenes. Como se mencionó, los datos adquiridos a partir de la teledetección deben ser validados por los obtenidos en campo. Para ello, la diferencia temporal entre ambas medidas debe ser mínima para evitar errores. La tabla 3.4 muestra las salidas a campo y las imágenes disponibles, de ellas se seleccionaron las correspondientes a julio (invierno), septiembre (fin de invierno) y diciembre (fin de primavera) de 2014.

Tabla 3.4. Fechas de las salidas a campo y de las imágenes satelitales disponibles

Salidas a campo	Imágenes satelitales disponibles	Path/Row
22/12/13	23/12/13	226/087
15/02/14	09/02/14	226/086
29/03/14	20/03/14	227/086
30/05/14	01/06/14 (con presencia de nubes)	226/086
28/06/14	24/06/14	227/086
18/07/14	19/07/14	226/086
10/09/14	12/09/14	227/086
22/10/14	30/10/14	227/086
24/11/14	24/11/14	226/087
16/12/14	17/12/14	227/086

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Sobre la banda 10 (10,60 – 11,19 μm) correspondiente a la región del infrarrojo térmico, con 100 metros de resolución espacial, se aplica el algoritmo monocanal desarrollado por Jiménez-Muñoz y Sobrino (2003). El primer paso para calcular TS es transformar los niveles digitales (ND) de la imagen a radiancia (L). Esta última, es el total de energía radiada en una determinada dirección por unidad de área y por ángulo sólido de medida ($\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}^{-1}$). Es un parámetro fundamental en teledetección porque expresa aquella cantidad de energía que el sensor capta o detecta (Chuvienco, 2008). Para realizar la transformación se aplica la siguiente ecuación:

$$L_{\lambda \text{ sat}} = G_{\lambda} * ND_{\lambda} + B_{\lambda} \quad (9)$$

Donde L_{sat} , es la radiancia del pixel en una banda espectral específica, λ indica el número de banda, G_{λ} y B_{λ} son coeficientes de transformación de ND_{λ} a valores de

radiancia (Chander y Markham, 2003; Chander *et al.*, 2007). El primero indica la ganancia en dicha banda espectral y la segunda el sesgo (Bias - Offset).

A partir de los valores de radiancia, la temperatura de superficie (Ts) se obtiene mediante la inversión directa de la ecuación de transferencia radiativa (10). Para la aplicación de esta ecuación se deben calcular los parámetros L_{atm}^{\uparrow} , L_{atm}^{\downarrow} , t y ϵ .

$$B(Ts) = \frac{\left[\frac{(L_{sat} - L_{atm}^{\uparrow})}{t} - (1 - \epsilon) * L_{atm}^{\downarrow} \right]}{\epsilon} \quad (10)$$

Donde L_{atm}^{\uparrow} = effective band pass upwelling radiance, L_{atm}^{\downarrow} = effective band pass downwelling radiance ambas en $W/m^2/sr/\mu m$, t = transmisividad, y ϵ = emisividad.

Los parámetros atmosféricos L_{atm}^{\uparrow} , L_{atm}^{\downarrow} y t necesarios se calculan a partir de perfiles atmosféricos que corresponden a la hora de adquisición de la imagen y a los códigos de transferencia radiativa. Estos datos se obtienen desde la herramienta web desarrollada por Barsi *et al.* (2003; 2005). La emisividad de la superficie se define como la relación entre la emitancia de una superficie y la que ofrecería un emisor perfecto, cuerpo negro, a la misma temperatura (Chuvieco, 2008), se obtiene con la siguiente fórmula (Valor y Caselles, 1996):

$$\epsilon = \epsilon_v * P_v + \epsilon_s (1 - P_v) \quad (11)$$

Donde ϵ_v y ϵ_s corresponden a la emisividad de la vegetación y del suelo respectivamente (Valor y Caselles, 1996) y P_v es la proporción de vegetación.

La proporción de vegetación es la relación entre el NDVI y sus valores máximos y mínimos de verdor y se calcula a partir de (Carlson y Ripley, 1997):

$$P_v = \left(\frac{(NDVI - NDVI_{MIN})}{(NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN})} \right)^2 \quad (12)$$

Una vez calculada la fórmula (10) se aplica la inversa de Planck (13), último paso para obtener la TS en grados Kelvin. La ley de Planck señala que cualquier objeto por encima

del cero absoluto (-273°C) radia energía y aumenta con la temperatura. A mayor temperatura el cuerpo irradiará con más intensidad en longitudes de onda más cortas.

$$TS = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{B(TS)} + 1\right)} \quad (13)$$

Donde K_1 = constante expresada en Kelvin y K_2 = constante expresada en $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$.

2.2. Peligro de Propagación

2.2.1. Estimación de los elementos meteorológicos a partir de la simulación de datos

En el área de estudio la ausencia de datos meteorológicos muchas veces dificulta las tareas de prevención y combate, por ello es necesario recurrir a programas de simulación para predecir dichos datos. En este sentido, los programas para la simulación de vientos disponibles (MM5, WRF, CALMET, CANYON, WinWizard, WindNinja) son capaces de representar el flujo de viento en superficie. Es importante destacar que el éxito de ellos va a depender de la calidad y cantidad de los datos de entrada, cuantos más procesos físicos intervengan en la simulación más efectivo será el resultado.

WindNinja es un software libre, desarrollado por The Missoula Fire Sciences Laboratory del Departamento de Agricultura y el Servicio Forestal de Estados Unidos. Es un modelo de diagnóstico simple que tiene en cuenta la influencia del terreno a microescala (pixel de 50 m). Sus características técnicas (Tabla 3.5) y la posibilidad de exportar los resultados al SIG ArcGIS 10.1[®] lo hacen adecuado para su utilización en el área de estudio. Los datos de entrada que requiere el programa para realizar el modelado son: modelo digital de elevación, velocidad y dirección de viento, vegetación dominante, ubicación geográfica, fecha (opcional), porcentaje de cobertura de nubes (opcional) y temperatura (opcional).

Tabla 3.5. Principales características de los modelos de vientos analizados

Nombre	Presión	Calentamiento de la superficie	Estabilidad atmosférica	Superficie de fricción	Topografía	Tiempo de procesamiento	Tamaño del pixel
MM5 (Modelo Mesoescalar 5° generación)	X	X	X	X	X	3-4 h	4 km
WRF (Weather Research and Forecasting)	X	X	X	X	X	3-4 h	100 m
CALMET		X	X	X	X	2-4 h	100 m
CANYON				X	X	1 h	50 m
WindWizard				X	X	1,5 h	50 m
WindNinja				X	X	5 min	50 m

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Potter y Butler (2009), 2015.

Para realizar la simulación se utilizaron los datos correspondientes al mes de diciembre de 2014, cuando se inicia la temporada de incendios y coincidente con el mes en el que fue calculada la humedad del combustible. La información meteorológica referida al viento y temperatura se obtuvo de la estación disponible más cercana, perteneciente al DGyT de la UNS, ubicada en las coordenadas 38°2'42,69'' S y 61°51'5,49'' O (Nonthue). Se tomaron como parámetros de entrada al modelo de simulación: el viento predominante que en este caso es del cuadrante Norte, con una velocidad promedio de 3 km/h y la temperatura media mensual de 19° C. Con respecto al porcentaje de cobertura de nubes se utilizó el valor promedio mensual para el período 1961-1970, de las Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (1981), que corresponde al 42%. Por último, la formación vegetal dominante es el pastizal y se utilizó el MDE-Ar.

Una vez obtenidos los mapas de velocidad y dirección del viento se procedió a clasificar cada uno en cuatro categorías. El primero en función de la configuración del relieve y el segundo, teniendo en cuenta la influencia de la dirección viento y de la orientación de las pendientes en el desarrollo y extinción de un incendio. Luego se realizó un algebra de mapas (suma), cuyo resultado es la cartografía de peligro de propagación por la acción del viento.

Una variable vital en el análisis de los incendios es la precipitación, dado que el combustible vegetal arde con más facilidad cuanto más seco está. La precipitación aporta humedad directamente sobre la capa vegetal, humedece el suelo y por capilaridad también llega a las raíces y a la propia cubierta vegetal.

Para analizarla se tomaron los valores correspondientes al mes de diciembre de 2014, las estaciones meteorológicas más cercanas son Hogar Funke, PPET, Sierra de la Ventana, Saavedra, Dufaur, Coronel Pringles y Cabildo. Dada la falta de datos en altura, la distribución espacial de la precipitación se considera a partir del análisis de regresión lineal múltiple (Álvarez Rogel, 2000). Este método permite modelar, examinar, explorar relaciones espaciales y predecirlas, además de explicar los factores que existen detrás de los patrones observados. En este caso, el método se utiliza para prever, dado que la interpolación para generar el mapa de precipitaciones no es suficiente debido a la escasez de estaciones de monitoreo en altura. A través de la regresión se creó un modelo de predicción consistente y preciso de valores de precipitación.

La formulación matemática de la ecuación de regresión lineal está compuesta por la variable dependiente, las explicativas y los coeficientes de regresión. La variable dependiente es la que se pretende modelar y representa el proceso que se intenta predecir. En este caso es la precipitación, es decir la variable a ajustar para obtener valores en altura.

Las independientes y/o explicativas son las que permiten explicar y predecir a la dependiente, siendo ésta una función de las variables explicativas. Las independientes son en el presente ajuste, la altura, la latitud y la longitud. La primera, altitud pondera los condicionamientos locales y las dos segundas, latitud y longitud, ponderan la influencia de la ubicación espacial de las estaciones. Cada variable independiente tiene asociado un coeficiente de regresión que indica la intensidad y la dirección de la relación entre las variables independiente y dependiente. Esta relación puede ser positiva o negativa, expresándose con un signo positivo o negativo respectivamente. Cuando existen relaciones débiles los coeficientes se acercan a cero; β_0 es la intercepción de la regresión.

La ecuación de regresión es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \quad (14)$$

Donde β_0 , β_1 , β_2 y β_3 son los coeficientes; Y es la precipitación; X_1 es la latitud; X_2 la longitud y X_3 la altura.

Para estimar los coeficientes se tomaron todas las variables a las alturas de 300, 310, 400 y 500 m. La formulación matemática, que para el cálculo de las constantes se realizó en base a la fórmula para una altura constante, es:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 \quad (15)$$

Para estimar β_1 , β_2 y β_3 con las “n” mediciones de lluvia se tiene:

$$\begin{aligned} Y(1) &= \beta_1 X_1(1) + \beta_2 X_2(1) + \beta_3 + \varepsilon(1) \\ Y(2) &= \beta_1 X_1(2) + \beta_2 X_2(2) + \beta_3 + \varepsilon(2) \end{aligned} \quad (16)$$

$$Y(n) = \beta_1 X_1(n) + \beta_2 X_2(n) + \beta_3 + \varepsilon(n)$$

En forma matricial:

$$Y = A * X + \varepsilon \quad (17)$$

Donde Y (lluvia) es un vector de nx1 que posee las n mediciones de lluvia, $A = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)^T$ y X es una matriz de nx3 que contiene las n mediciones de latitud y longitud en las dos primeras columnas y un vector de n unos en la tercer columna, ε es el vector de errores de la estimación. El cálculo del vector A se obtiene mediante el método de mínimos cuadrados:

$$A = (X^T * X)^{-1} X^T Y \quad (18)$$

Donde X^T es la matriz transpuesta de X

La ecuación general es la siguiente:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 \quad (19)$$

De manera similar (15), (19) se escribe también en forma matricial como en (17), donde ahora $A = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)^T$ y X es una matriz de nx4 que contiene las n mediciones de la latitud, la longitud y la altitud en las tres primeras columnas y un vector de n unos en la cuarta columna. El cálculo del vector A se obtiene como en (18) (Draper y Smith, 1981).

Una vez obtenidos los coeficientes para cada una de estas alturas se juntaron todas las matrices para estimar esta función que sirve para todos los niveles:

$$Y = \beta_0 X_1 + \beta_1 X_2 + \beta_2 X_3 + \beta_3 \quad (20)$$

Para aplicar la ecuación de regresión se construyeron las tres variables independientes y el modelo digital del terreno donde el valor de cada pixel que representa una altitud se multiplica por su constante. Para la latitud y la longitud se construyeron matrices con coordenadas UTM del mismo tamaño y característica donde cada pixel en lugar de la altitud tenga su valor longitudinal y latitudinal, los cuales se multiplicaran por sus constantes. Estas matrices se generan a partir de coordenadas extremas que permiten definir una malla.

Además del cálculo de la precipitación se obtuvieron los valores de temperatura a partir de datos de satélite, según el procedimiento explicado anteriormente. En el SIG ArcGIS 10.1[®] se clasificaron los mapas de precipitación y temperatura en cuatro categorías utilizando el método de *natural breaks* (cortes naturales). El mismo consiste en el agrupamiento de datos similares donde, los límites de las entidades quedan establecidos por las diferencias considerables entre los valores de los datos (de Smith *et al.*, 2015). Luego, se realizó un álgebra de mapas (suma) para obtener la cartografía de peligro de propagación a partir de la precipitación y temperatura.

Por último, se realizó nuevamente un álgebra de mapas entre todos los elementos meteorológicos obteniendo, de esta manera, la cartografía del peligro de propagación asociado a los elementos meteorológicos.

2.2.2. Identificación de los modelos de combustible

La estructura de la vegetación determina su combustibilidad, la que es necesaria para conocer el peligro de propagación de un incendio. Para ello, se elaboró la cartografía de modelos de combustibles teniendo en cuenta la clasificación propuesta por Scott y Burgan (2005). Los autores crearon, en base a la propuesta de Rothermel (1972) del National Fire Danger System de Estados Unidos, siete modelos de combustibles con 49 subgrupos. Ellos son: áreas no combustibles (NB), herbáceas (GR), herbáceas y arbustos (GS), arbusto (SH), sotobosque (TU), sotobosque con desechos (TL) y sotobosque con restos de poda (SB). A cada uno le corresponde una velocidad de propagación y una altura de llama.

Una vez seleccionados los modelos se elaboró la cartografía correspondiente. Se realizó un análisis digital sobre la imagen satelital del sensor OLI-TIRS de la plataforma Landsat 8 (provista por CONAE), de fecha 17 de diciembre de 2014, path-row 227/086.

En el procesador de imágenes ENVI 4.8[®] se obtuvo el índice de vegetación SAVI que luego fue clasificado en función de los modelos seleccionados. Dado que este índice presenta algunas dificultades para diferenciar las herbáceas densas de las coníferas, se realizó también un NDVI. Se vectorizaron y combinaron los resultados de ambos índices dentro del SIG, obteniendo de esta manera el mapa de modelo de combustible, el que fue validado con observaciones de campo. Finalmente, a cada modelo se le asignó un valor de peligro de propagación en función de sus características.

2.2.3. Elaboración de mapas topográficos: orientación, iluminación y pendiente

La topografía se analizó a partir de la orientación de las laderas con respecto al Norte, la inclinación de las pendientes, la iluminación, la altura y la configuración. Para ello, se utilizó el MDE-Ar que permite por un lado, visualizar fácilmente los rasgos más sobresalientes del relieve y por otro, obtener variables de gran influencia sobre el medio que no son visibles como los mencionados. A partir de los SIG es posible la obtención de estas características y además, analizar las relaciones espaciales existentes entre ellas e integrarlas con otras variables para obtener una representación simplificada de la realidad, es decir, un modelo espacial (Fernández García, 2007, en Moreno Jiménez, 2007).

El mapa de sombreado o iluminación representa las zonas de luz y sombras producto de la incidencia del sol. El factor de iluminación depende del acimut o posición relativa del sol con relación a la tierra y varía a lo largo del día; y de la altura o ángulo de elevación del sol sobre el horizonte. La perpendicularidad de los rayos varía a lo largo del día, con un máximo al mediodía y un mínimo al amanecer y atardecer. También oscila a lo largo del año, es mayor en el verano y menor en el invierno (Fernández García, 2007, en Moreno Jiménez, 2007). El cálculo de la iluminación se realizó con los metadatos de la imagen satelital utilizada para la elaboración de la cartografía de modelos de combustible (Landsat 8, de fecha 17 de diciembre de 2014), en el cual el acimut fue de 72° y la elevación del sol de 59°.

Para obtener los mapas mencionados (orientación, inclinación de las pendientes, iluminación y altura) se utilizan las funciones de análisis de superficies de ArcGIS 10.1[®]. Luego cada uno de ellos es clasificado en 4 clases, el de orientación de la pendiente en función del grado de representatividad de cada una de ellas, el de iluminación a través del método de *natural breaks* y el de inclinación siguiendo la propuesta de Van Zuidam y Cancelado (1979).

3. Resultados

3.1. Peligro de Ignición

3.1.1. Ocurrencia histórica de incendios en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana

Como se expresó anteriormente un indicador o descriptor de los daños provocados por el fuego lo constituye la ocurrencia histórica de incendios. Su descripción cronológica es de vital importancia cuando se estudian los incendios forestales. En la tabla 3.6 se presentan los datos referidos a cada evento en el área de estudio para el período 2004-2014.

Tabla 3.6. Ocurrencia histórica de incendios forestales en el área de estudio (2004-2014)

Nº	Fecha Incendio	Hora de inicio	Lugar de inicio	Área quemada	Causa	Observaciones
1	22-01-2004	-----	Lote El Abra, banquina RP 76	75 m ²	Negligencia	
2	26-01-2004	13.11	Abra de la Ventana	-----	Desconocido	
3	11-07-2004	-----	RP 76 frente a portones del PPET	-----	Negligencia	Fuego en hueco de árbol, habrían hecho un fogón
4	05-01-2005	10.15	Campo Sopransetti (RP 76)	6,7 ha.	Desconocido	Material afectado: rastrojo
5	09-04-2005	15.16	La Celinda, RP 76	2,5 ha.	Negligencia	Quema controlada se descontrola
6	20-05-2005	15.33	Ea. Rodolfo Funke	-----	Negligencia	Alambre eléctrico rosó montaña de maíz
7	01-12-2005	18.24	RP 76, San Andrés de la Sierra	1 ha.	Negligencia	Material afectado: pastos naturales
8	10-05-2006	20.40	RP 76 y hotel Mirador	10 x 3 m	Desconocido	Material afectado: hojarasca y residuos
9	30-09-2006	02.35	RP 76 km 222 , abra de la Ventana, entre Co. Ventana y el mirador del Co. Ventana	8 ha.	Negligencia	Línea de media tensión. Material afectado: Pastizal, pinos y retamas
10	23-08-2007	5.10	Ea. Las Vertientes	-----	Negligencia	Corto circuito en la estancia, se quemó el 90% de la edificación
11	29-08-2007	17.45	San Andrés de la Sierra	4,13 ha.	Negligencia	Quema controlada, que se descontroló. Material afectado: pastos naturales
12	30-09-2007	18.05	Lote El Abra, sector "Triángulo Sur," bosque de descanso frente a los portones de acceso al Co.Ventana.	2 ha.	Negligencia	Material afectado: pastizal y pino
13	11-12-2007	19.50	Banquina RP 76 en el PPET	8 x 35 m	Desconocido	Material afectado: pastos naturales
14	11-12-2007	20.47	RP 76, escuela 10, Ea. Chica	2 m x 8 m	Desconocido	Material afectado: pastos naturales. Viento del Oeste
15	20-01-2008	08.43	Abra de la Ventana (PPET)	683 ha.	Intencional	Se detectaron, casi simultáneamente, 3 focos sobre la banquina de la RP 76, entre el km 227 y 217
16	22-01-2008	-----	lote El Abra (PPET)	683 ha.	Negligencia	
17	20-02-2008	20.15	RP 76 cerca de El Mirador	-----	Desconocido	Material afectado: pastos naturales
18	26-08-2008	10.30	Restaurant El Mirador	20 x 5 m	Negligencia	Quema controlada, por precaución se llama a bomberos. Material afectado: pastizal
19	21,22, 23-10-2008	14.30	Base Co. Ventana (PPET)	55,12 ha.	Negligencia	Material afectado: pinos y pastos
20	11-01-2009	09.40	RP 76 km 235, familia Bary, cuartel II	22 x110 m	Desconocido	Pastos naturales, banquina

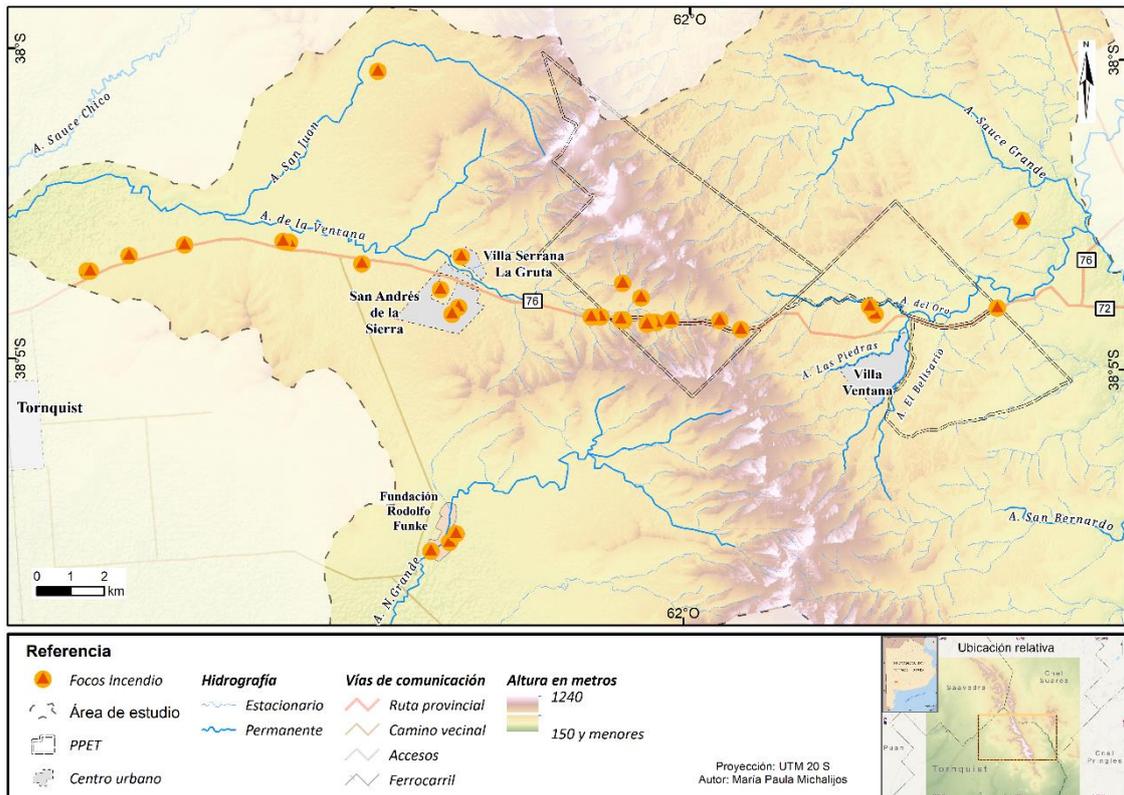
*Capítulo III. Los factores desencadenantes del riesgo de incendio forestal:
peligro de ignición y de propagación*

21	28-01-2010	22.00	Ea. Funke entre el Co. Naposta y Tres Picos	-----	Natural	Caída de rayo
22	28-01-2010	22.00	Establecimiento la Blanqueada a 20 km de Sierra de la Ventana	-----	Natural	Caída de rayo
23	29-01-2010	-----	Ea. Mahuida-co	-----	Negligencia	Caída de cable
24 - 25	29-01-2010	-----	Dos focos a ambos lados de la RP 76 entre Tornquist y Villa Ventana	-----	Natural	Caída de rayo
26	30-01-2010	-----	Ea. Fortín Chaco	-----	Natural	Caída de rayo
27	18-08-2010	12.10	RP 76, Puesto Rotela	3 ha.	Desconocido	
28	22-12-2010	-----	Lote El Abra, sector "Triángulo Sur" (PPET)	< 10 m ²	Natural	Caída de rayo
29	22-12-2010	-----	Lote El Carol (PPET)	1063 m ²	Natural	Caída de rayo
30	05-02-2011	16.00	Sector "Triángulo Sur", ladera al este del bosque de descanso frente al Mirador del Co. Ventana	450 ha.	Desconocido	Se presume por causas humanas
31	09-05-2011	10.20	Campo Ohlsson	10 ha.	Negligencia	
32	03-09-2011	08.08	Ea. Funke	10 ha.	Negligencia	Caída de cables de media tensión
33	01-11-2011	11.45	Banquina RP 76 frente al mirador Co. Ventana	4 ha.	Negligencia	Caída de cable de media tensión. Material afectado: vegetación nativa y exótica. Se extinguió a las 13.05
34	21-12-2011	-----	Lote El Avestruz, a 2000 m del camino frente al acceso a Palo Alto (PPET)	10 m ²	Natural	Caída de rayo
35	03-01-2012	15.00	Piletos Naturales, fin del sendero (PPET)	5 m ²	Natural	Caída de rayo. Material afectado: pastos naturales
36	15-01-12	-----	Banquina RP 76 frente a antiguo acceso a GD	20 m ²	Intencional	Avisa un turista al móvil que vigilaba en la ruta. En el lugar aparece una colilla.
37	26-01-2012	13.55	Camino vecinal Ea. Funke	0,5 ha.	Desconocido	
38	04-04-2012	15.54	Establecimiento Hogar Funke	10 ha.	Desconocido	
39	16-06-2012	14.18	Establecimiento Ricardo Sopransetti	10 ha.	Desconocido	
40	17-07-2012	16.11	RP 76 km 238	0,5 ha.	Desconocido	
41	20-06-2013	11.25	Establecimiento La Norlandia	10 ha.	Desconocido	
42	29-12-2013	13.00	Villa Serrana La Gruta	29.005 ha.	Negligencia	
43	08-01-2014	11.40	Abra de la Ventana	0,5 ha.	Desconocido	
44	13-01-2014	03.50	Pie Co. Ventana (PPET)	10 ha.	Desconocido	
45	02-02-2014	08.40	RP 76, km 218	272,25 ha.	Desconocido	

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

En el período considerado se contabilizaron 45 incendios, de los cuales 32 pudieron ser localizados. Su distribución espacial (Fig. 3.7) evidencia una marcada concentración, 24 eventos (que representan el 53% del total) se iniciaron a lo largo de la RP 76, en un trayecto de 28 km. Esta densidad es máxima en el sector comprendido entre el acceso a la base del Co. Ventana (PPET) y el abra de la Ventana.

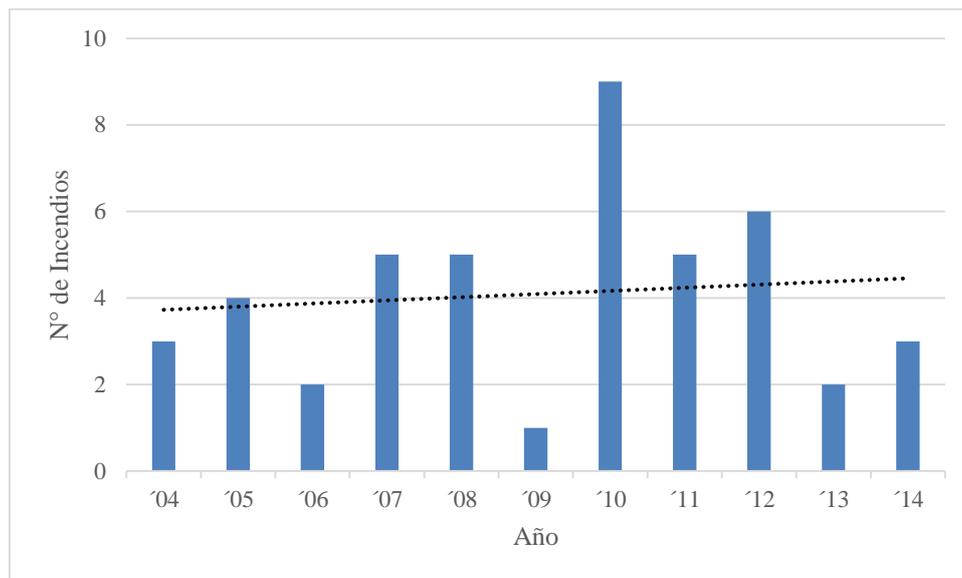
Figura 3.7. Distribución espacial de los incendios forestales en el área de estudio (2004-2014)



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

El análisis de la distribución temporal de incendios indica que se desarrollaron eventos en todos los años analizados, registrando una tendencia levemente ascendente (Fig. 3.8). La distribución de los mismos no es igual a lo largo del período considerado, la mayor cantidad de eventos sucedieron en 2010, con un total de nueve incendios. Es importante destacar que en 2009 las precipitaciones tuvieron los valores más bajos del período (621 mm). La frecuencia es alta de 6,18.

Figura 3.8. Distribución anual de incendios forestales en el área de estudio (2004-2014)



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

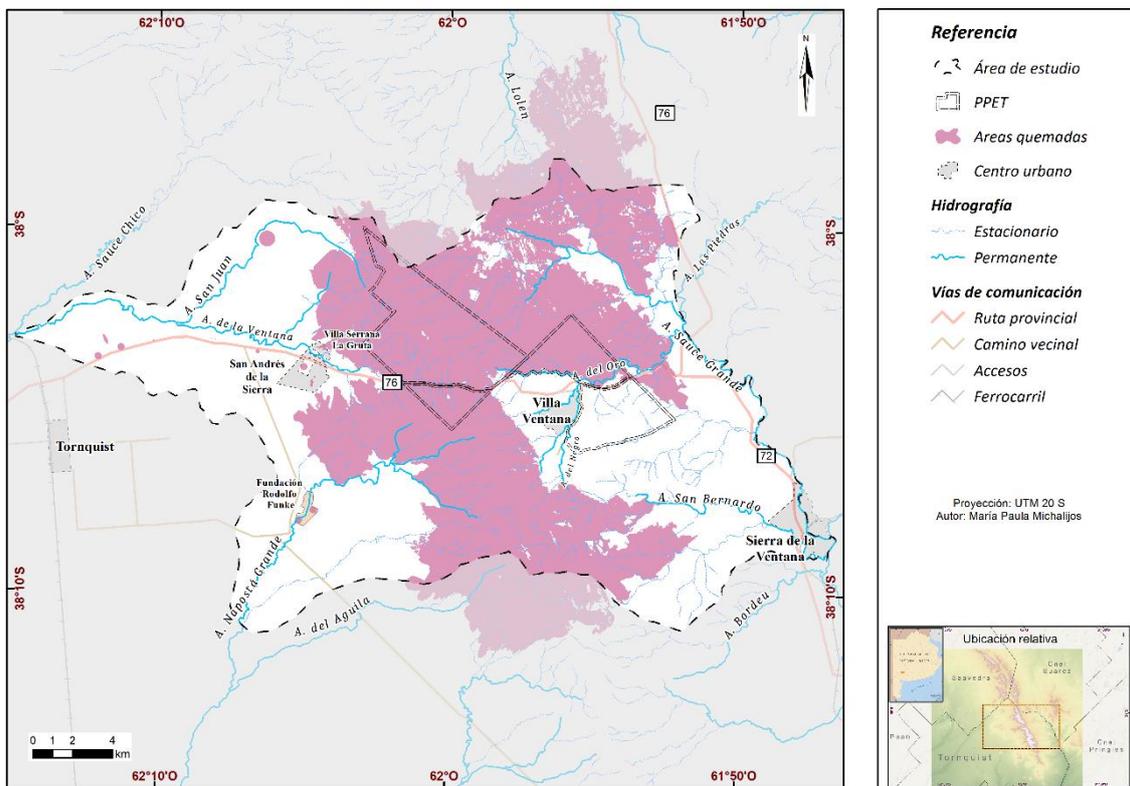
El 25% de los incendios se iniciaron en las horas centrales del día, entre las 12.00 y 16.00 hs., cuando la humedad del combustible y del ambiente es mínima, el 22% durante la mañana, el 15% por la noche y el 13% por la tarde. El porcentaje de incendios en los cuales se desconoce el horario asciende al 25%. Con respecto a la dimensión el 64% son incendios pequeños, es decir, menores a 100 ha., el 7% corresponden a incendios grandes, mayores a 500 ha., y 5% son medianos, entre 100 y 500 ha. No se dispone información de 11 eventos, cifra que representa el 24% del total.

La causa principal de ignición es la negligencia, es decir, fuegos provocados por descuido con el 37,8%, siguen en importancia los naturales, por caída de rayos en tormentas eléctricas (20%), y por último los intencionales (4,4%). Los guarismos se calcularon en base a los datos conocidos, los partes de incendios no detallan los motivos, los mismos fueron inferidos a partir de la sección observaciones, de fuentes periodísticas y entrevistas a informantes clave, sin embargo, no se pudo establecer la causa en el 37,8% de los casos.

La temporada alta de incendios está determinada por la concentración de fuegos en una estación del año. En el área de estudio se registra en verano, con el 58% de los eventos, mientras que en otoño e invierno el porcentaje es del 15,5% para cada una, y en primavera solo el 11%. De los 26 incendios en época estival, 17 se desarrollaron en enero, seis en diciembre y tres en febrero.

La cartografía de áreas quemadas (Fig. 3.9) presenta algunas dificultades asociadas a la falta de datos, el reducido tamaño de algunos incendios y de la disponibilidad de imágenes satelitales, por ello 13 eventos no pudieron ser localizados. Se ubicaron siete incendios en imágenes satelitales (Nº 4, 9, 11, 16, 19, 41 y 45) y sobre ellos se calculó el IAQ. Además, a partir de la información de los partes de intervención y de entrevistas al personal del PPET y Bomberos Voluntarios de Tornquist se localizaron 25 eventos y sus áreas quemadas se representaron con buffer.

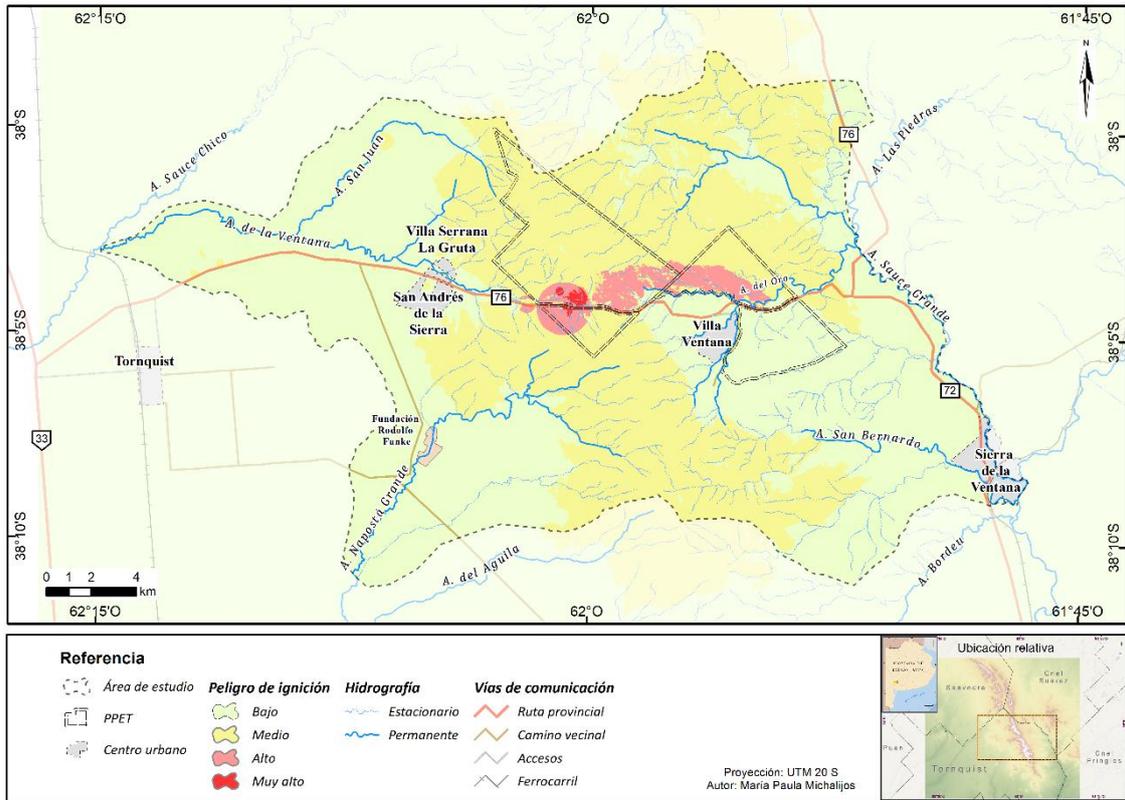
Figura 3.9. Distribución de las áreas quemadas en el área de estudio (2004-2014)



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

En la figura 3.10 se observa que entre el 40 y el 50% del área de estudio se quemó por lo menos una vez durante el período 2004-2014, el 2,3% de la superficie presenta una recurrencia media y el 0,13% alta. El tramo de la RP 76 comprendido entre VSLG y el cruce con la RP 72 posee el registro más alto y particularmente el PPET ha sufrido la mayor recurrencia, sus accesos se encuentran en las categorías media y alta, el lote Barrancas es el único sector del PPET que no ha sido afectado por incendios.

Figura 3.10. Peligro de ignición asociado a la ocurrencia histórica de incendios forestales (2004-2014)



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

3.1.2. La incidencia de las actividades antrópicas en el peligro de incendio forestal

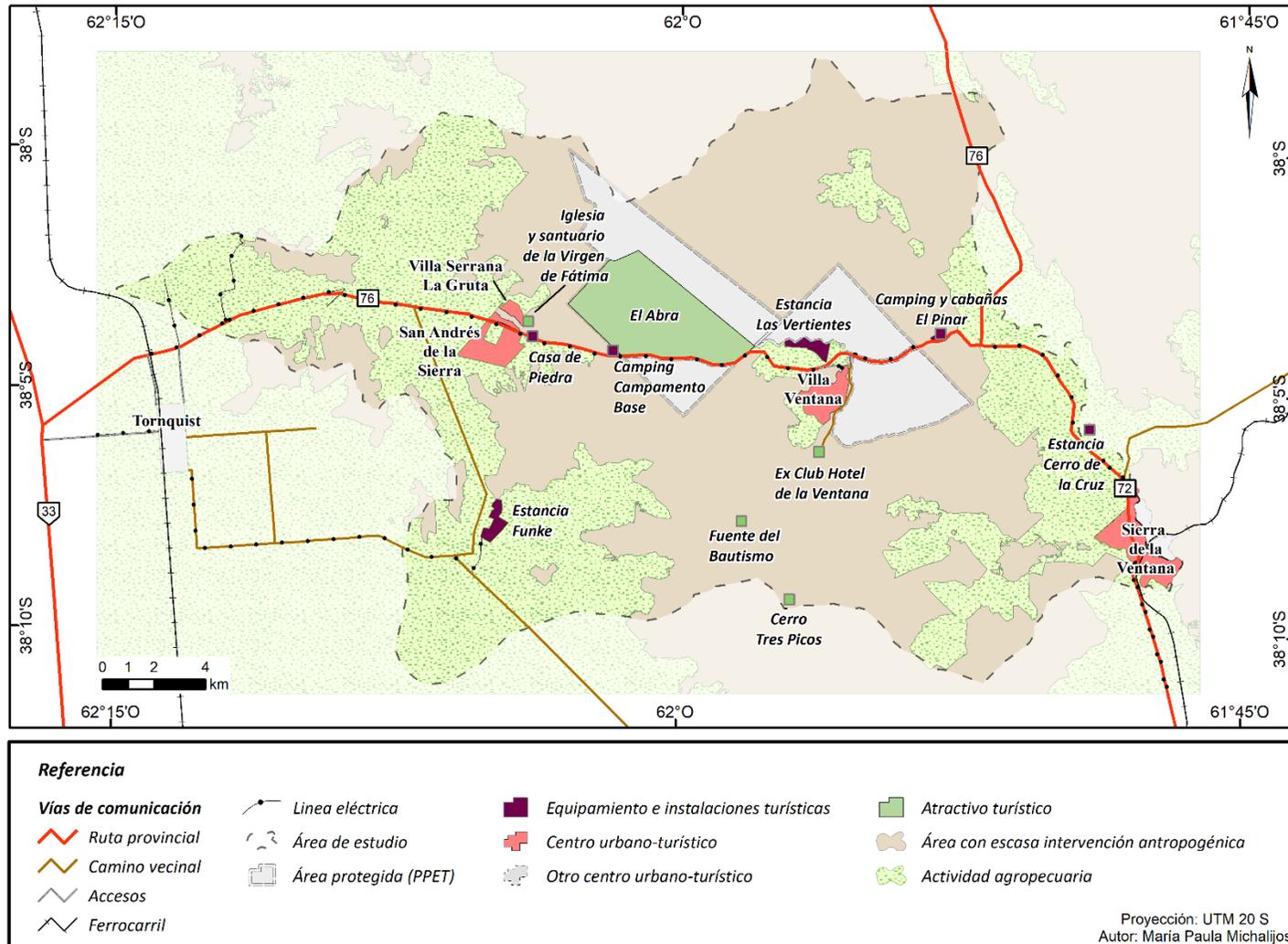
A partir de la documentación analizada se determinaron y localizaron los principales usos y coberturas de suelo (Tabla 3.7 y Fig. 3.11), ellos son: urbano, natural, turístico-recreativo y agrícola-ganadero. Cada uno posee características propias, por ello en la tabla 3.8 se sintetiza por un lado, las variables que identifican a cada uso y cobertura, y por otro, el peligro de ignición.

Tabla 3.7. Usos y coberturas del suelo

Concepto	Dimensión	Subdimensión	
Usos y coberturas del suelo	Áreas urbanas	Centros urbano-turísticos	Villa Serrana La Gruta
			San Andrés de la Sierra
			Villa Ventana
			Sierra de la Ventana
		Transporte y comunicaciones	RP 72
			RP 76
			Camino vecinal consolidado
			Ruta turística
			Accesos a centros urbano-turísticos
			Ferrocarril
		Servicios	Líneas de media tensión
		Equipamiento e instalaciones turísticos	Fundación Rodolfo Funke
			El Mirador Complejo Turístico
	Camping Campamento Base		
	Estancia Las Vertientes		
	Camping y Cabañas El Pinar		
	Estancia Cerro de la Cruz		
	Casa de Piedra		
	Áreas naturales	Áreas protegidas	Mirador Monumento Natural Co. Ventana
		Áreas con escasa intervención antropogénica	Áreas de descanso
Parque Provincial Ernesto Tornquist (PPET)			
Sierras			
Áreas turístico-recreativas	Atractivos turísticos	Afloramientos rocosos	
		Pastizal	
		Co. Tres Picos	
		Iglesia y Santuario de la Virgen de Fátima	
		PPET - Zona de Manejo de Uso Intensivo	
Áreas agrícola-ganaderas	Actividades agropecuarias	Ex - Club Hotel de la Ventana	
		Fuente del Bautismo	
			Campos agropecuarios

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Figura 3.11. Usos y coberturas del suelo



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017

Tabla 3.8. Usos del suelo: caracterización y estimación del peligro de ignición

Uso del suelo	Denominación	Variables					Peligro de ignición
		Población residente	Llegadas de turistas	Cuartel de bomberos	Limitado/rodeado por	Otras características	
Centros Urbano-turísticos	Villa Serrana La Gruta	52	Sin datos	No	Sierras y ruta	Es un centro urbano y turístico con poca población pero en crecimiento.	Medio
	San Andrés de la Sierra	Sin datos	Sin datos	No	Campos agropecuarios y ruta	El municipio de Tornquist lo considera barrio, posee un desarrollo muy incipiente. Cuenta con un complejo de cabañas con 23 plazas.	Bajo
	Villa Ventana	609	26563	Si	PPET, arroyos, campos agropecuarios y ruta	Gran densidad forestal en la trama urbana.	Medio
	Sierra de la Ventana	2165	55350	Si	Campos agropecuarios y sierras	Calles asfaltadas, la densidad de la forestación varía según los barrios.	Bajo

Uso del suelo	Denominación	Variables						Peligro de ignición
		Tipología de tránsito			Acceso a:			
		Tránsito urbano	Tránsito interurbano	Tránsito estacional	Centros urbano-turísticos	Atractivos turísticos	Equipamiento e instalaciones turísticos	
Transporte y comunicaciones	Ruta Provincial 72	x	x	x	x	x	x	Muy alto
	Ruta Provincial 76 	x	x	x	x	x	x	Muy alto
	Camino vecinal consolidado 	x				x	x	Medio

Capítulo III. Los factores desencadenantes del riesgo de incendio forestal:
 peligro de ignición y de propagación

	Ruta turística	x		x		x		Alto
	Accesos a centros urbano-turísticos 	x		x	x	x		Alto
	Ferrocarril				x			Bajo

Uso del suelo	Denominación	Variables			Peligro de ignición
		Ubicación	Plazas hoteleras y/o extrahoteleras	Servicios ofrecidos	
Equipamiento e instalaciones turísticas	Fundación Rodolfo Funke 	Se accede desde la RP 76 por un camino de tierra de 13 km, y desde Tornquist también por un camino de tierra de 12 km.	60	Posee restaurant solo para los que se alojan en la fundación y quincho con parrilla.	Medio
	El Mirador Complejo Turístico 	Localizado a la vera de la RP 76, km 226.	56	Cuenta con un restaurant y confitería para 180 personas, alojamiento y piscina. Está abierto gran parte del año.	Alto
	Camping Campamento Base 	Localizado en la RP 76, km 224. Se accede desde el PPET, no existe un límite físico entre ambos.	90	Es un alojamiento extrahotelero (hostel), ofrece lugar para acampar, restaurant y parrillas. Está permitido hacer fuego, las instalaciones están rodeadas de árboles y el cuartel de bomberos más cercano está en Villa Ventana a 8 km de distancia.	Muy alto

Capítulo III. Los factores desencadenantes del riesgo de incendio forestal:
 peligro de ignición y de propagación

<p>Estancia Las Vertientes</p> 	<p>Localizada a la vera de la RP 76, km 221.</p>	<p>Sin datos</p>	<p>Dentro del predio se pueden realizar caminatas, cabalgatas, paseos en cuatriciclo y 4x4. Además posee un salón de eventos.</p>	<p>Medio</p>
<p>Camping y Cabañas El Pinar</p> 	<p>Localizado a la vera de la RP 76, km 217.</p>	<p>40</p>	<p>Posee un salón de usos múltiples, piscina, parrillas y sanitarios. Todas las instalaciones se encuentran bien cuidadas.</p>	<p>Alto</p>
<p>Estancia Cerro de la Cruz</p> 	<p>Localizada a 3 km de Sierra de la Ventana, el primer camino de tierra sobre la RP 72.</p>	<p>14</p>	<p>Posee canchas de tenis, parrillas, salón para eventos y se pueden realizar cabalgatas.</p>	<p>Medio</p>
<p>Casa de Piedra</p> 	<p>Localizado a la vera de la RP 76, km 228.</p>	<p>No</p>	<p>Posee restaurante y casa de té.</p>	<p>Medio</p>
<p>Mirador Monumento Natural Co. De la Ventana</p> 	<p>Localizado a la vera de la RP 76, entre Co. Ventana y Co. Bahía Blanca.</p>	<p>No</p>	<p>Plataforma de madera de 400 m² con bancos y cartelera informativa.</p>	<p>Muy alto</p>
<p>Áreas de descanso</p> 	<p>Localizadas a la vera de la RP 76, en la entrada a VSLG y enfrente al portón de acceso al Co. Ventana.</p>	<p>No</p>	<p>Áreas forestadas algunas acondicionadas con bancos y mesas de cemento.</p>	<p>Muy alto</p>

Capítulo III. Los factores desencadenantes del riesgo de incendio forestal:
 peligro de ignición y de propagación

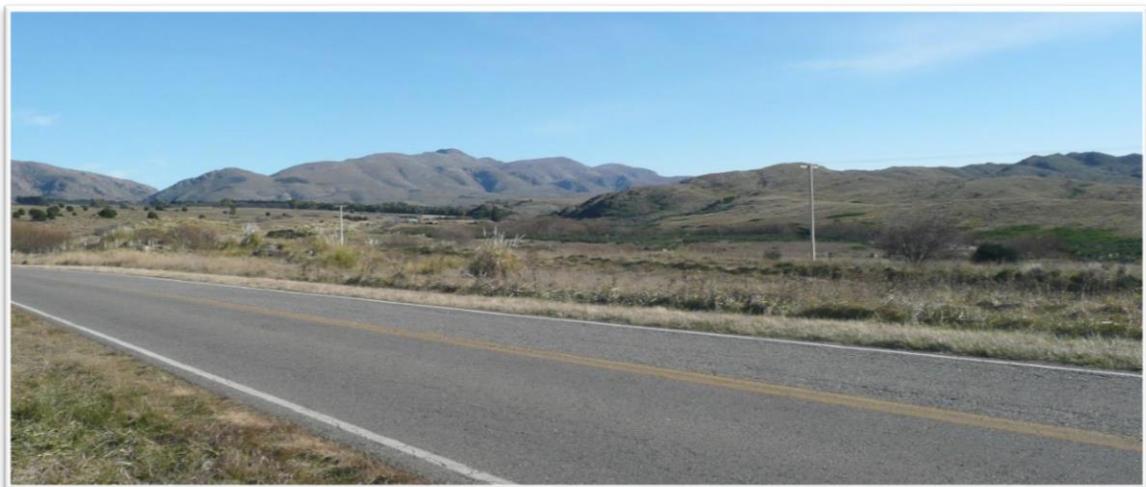
Uso del suelo	Denominación	Características	Peligro de ignición
Atractivos Turísticos	Cerro Tres Picos 	Atractivo natural. Es el punto más alto de la provincia de Buenos Aires. Es propiedad de la fundación Funke y para acceder a la cima se debe hacer noche en refugios naturales, por ello los excursionistas suelen realizar fogatas.	Alto
	Iglesia y Santuario de la Virgen de Fátima 	Atractivo cultural. Se localiza en Villa Serrana La Gruta, es muy frecuentado durante la procesión que se realiza anualmente en el mes de mayo, el resto del año solo es visitado por los residentes y en verano por turistas. El lugar se encuentra muy bien cuidado.	Bajo
	Parque Provincial Ernesto Tornquist 	Atractivo natural. En 2015 recibió 68.433 visitantes. Todos sus atractivos se encuentran en la Zona de Manejo de Uso Intensivo y Primitivo, ellos son: Co. de la Ventana, Los Piletones, Garganta Olvidada, Garganta del Diablo, Sendero Claro Oscuro, Co. Bahía Blanca y Reserva Integral (Cuevas del Toro y Pinturas Rupestres). La mayoría de los senderos son autoguiados y están bien señalizados.	Muy alto
	Ex - Club Hotel de la Ventana 	Atractivo cultural. Las ruinas se localizan a 1.500 m de Villa Ventana, se accede desde la villa acompañado por personal autorizado. En 2015 recibió 3.744 visitantes (Secretaría de Turismo de Tornquist).	Medio
	Fuente del Bautismo 	Atractivo natural. Se localiza detrás de Villa Ventana, se accede tras una hora de caminata por el cauce del Belisario, acompañado por personal autorizado. Es un piletón con una profundidad de 2,70 m y posee una caída de agua de 10 m.	Bajo

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Del análisis de la tabla 3.8 se desprende que, para los centros urbano-turísticos es necesario construir buffers, se establece un corredor de 20 m para San Andrés de la Sierra y S. de la Ventana y 40 m para Villa Ventana y VSLG, dado que el peligro de ignición es bajo y medio respectivamente. El transporte y las comunicaciones también requieren de la construcción de buffers. Sobre las rutas provinciales es de 80 m, de 60 m en rutas turísticas y accesos a centros urbano-turísticos, de 40 m en los caminos vecinales y de 20 m en las vías del ferrocarril. Cabe destacar que la frecuencia de este transporte es de una vez por semana para carga.

Los servicios están representados por las líneas eléctricas de media tensión sobre las banquetas de la RP 72 y 76 (Fig. 3.12). La distancia del tendido a las vías de comunicación no es uniforme a causa de la topografía, este se ubica al finalizar las banquetas sobre los alambrados que delimitan las propiedades, a una distancia que puede variar entre 5 y 25 m. Los incendios asociados a este servicio se producen por desprendimientos de cables por lo que, la probabilidad de ignición es baja, determinándose un buffer de 20 m.

Figura 3.12. Tendido eléctrico en la banquina de la RP 76, sector Villa Ventana – El Pinar



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2016.

Con respecto al equipamiento y servicios turísticos el peligro de ignición varía entre muy alto, alto y medio. El camping Campamento Base, el Mirador Monumento Natural Co. de la Ventana y las áreas de descanso poseen un peligro muy alto. En el Mirador Complejo Turístico y en el Camping y Cabañas El Pinar el peligro es alto. En estos lugares, y dado el elevado peligro de ignición, es necesario la concientización de los turistas al hacer uso de estos espacios, así como también una mayor consideración de la

situación de riesgo por parte de los planificadores. Por último, la Fundación R. Funke, Ea. Las Vertientes, Ea. Cerro de la Cruz y Casa de Piedra presentan un peligro de ignición medio.

Las áreas naturales corresponden al PPET y a las zonas que presentan una escasa intervención humana. El área protegida está zonificada en función de los distintos objetivos de conservación, posee una Zona de Conservación Intangible, Primitiva, de Uso Intensivo y de Uso Especial (ver Capítulo 1). Cada una de ellas posee distinto grado de peligro en función de las actividades recreativas, científicas y administrativas permitidas.

En la Zona Intangible el peligro de ignición asociado a causas antropogénicas es bajo, dado que no está permitido el ingreso de visitantes. En la Zona de Uso Especial es medio porque en ella se incluyen actividades e instalaciones de bajo impacto ambiental. Mientras que en la Zona Primitiva es alto y de Uso Intensivo/Primitivo muy alto debido a que aquí se desarrollan la mayor cantidad de actividades permitidas.

Con respecto a las áreas turístico-recreativas, representadas por los atractivos turísticos, la probabilidad de ignición varía en función de las características de cada uno. Existen atractivos naturales y culturales, algunos con acceso vigilado y otros no. A partir de ellos se establece un peligro muy alto para los que se encuentran dentro de la reserva en la Zona de Manejo de Uso Intensivo, alto en el Co. Tres Picos, medio en las ruinas del Ex Club Hotel y bajo en la Fuente del Bautismo y la Iglesia y Santuario de la Virgen de Fátima.

En cuanto a las áreas agrícola-ganaderas (Fig. 3.13) la probabilidad de ignición asociada a causas humanas corresponde a chispas de maquinarias. Por este motivo, se considera que el peligro es bajo.

Figura 3.13. Campos de girasol sobre la RP 76



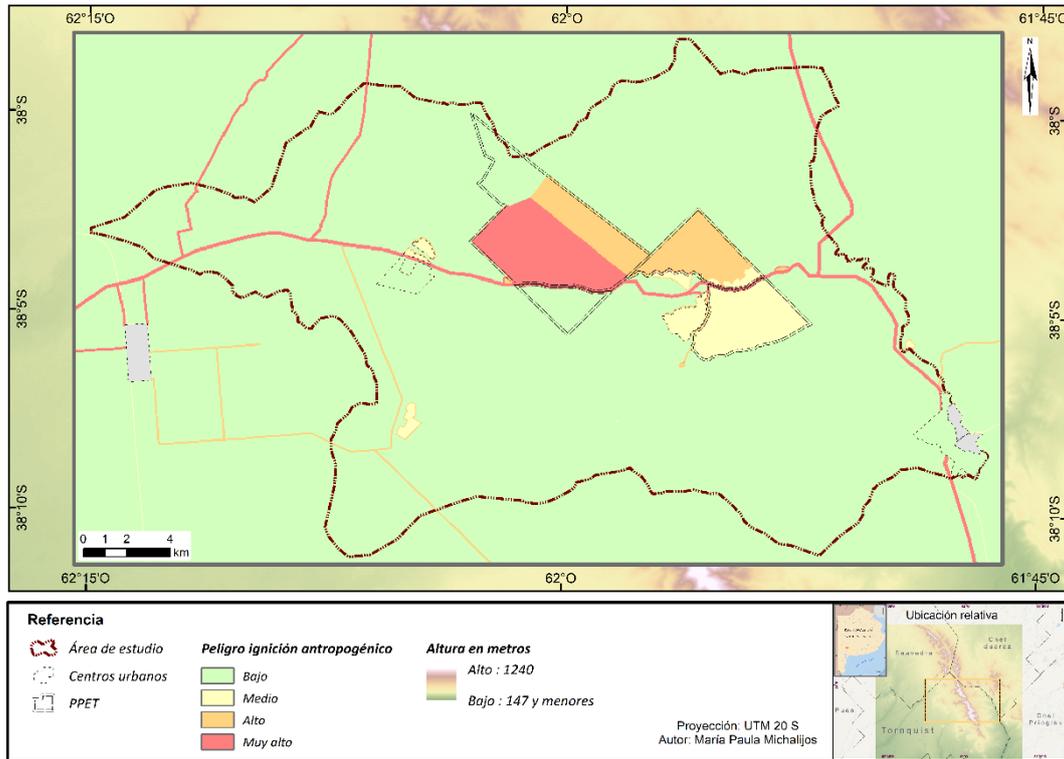
Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2016.

En la figura 3.14 se presenta el mapa de peligro de ignición antropogénico, obtenido de la reclasificación en cuatro clases del peligro de ignición de cada uso y cobertura. En él se observa que las áreas que presentan mayor peligro corresponden a: la RP 72 y 76 y sus banquinas, el Camping Campamento Base, las áreas de descanso, el Mirador Monumento Natural Co. Ventana y el lote El Abra del PPET. En la ruta turística, los accesos a Villa Ventana, El Mirador Complejo Turístico, Camping y Cabañas El Pinar y el Co. Tres Picos los valores son altos.

El aumento de turistas y visitantes en el área de estudio puede provocar la mayor frecuencia de incendios en proximidades a las vías de comunicación al intensificar el tránsito en ellas. Los incendios derivados de estos usos recreativos en zonas forestales son por negligencia, no existe intencionalidad, pero teniendo en cuenta el grado de información pública sobre el peligro de incendio, en ocasiones se trata de “negligencia culpable” (Martínez y Martín, 2004).

En VSLG, Villa Ventana, el camino vecinal que lo rodea y a través del cual se accede a dos atractivos turísticos, el camino que conduce a la Fundación R. Funke, las vías del ferrocarril, Fundación R. Funke, Ea. Las Vertientes, Ea. Cerro de la Cruz, Casa de Piedra, las zonas de Uso Primitivo y Especial del PPET, Ex Club Hotel de la Ventana y Fuente del Bautismo el peligro es medio dado que el acceso a dichos atractivos está controlado. Por último, los usos y coberturas de suelo con baja probabilidad de ignición son San Andrés de la Sierra, Sierra de la Ventana, las zonas intangibles del PPET, las sierras y afloramientos rocosos, el pastizal con escasa intervención, la Iglesia y Santuario de la Virgen de Fátima y los campos agropecuarios.

Figura 3.14. Peligro de ignición antropogénico



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

3.1.3 La importancia de la vegetación en el inicio de un incendio forestal: estudio del estado hídrico del combustible

3.1.3.1. Análisis de la humedad del combustible con datos obtenidos en campo

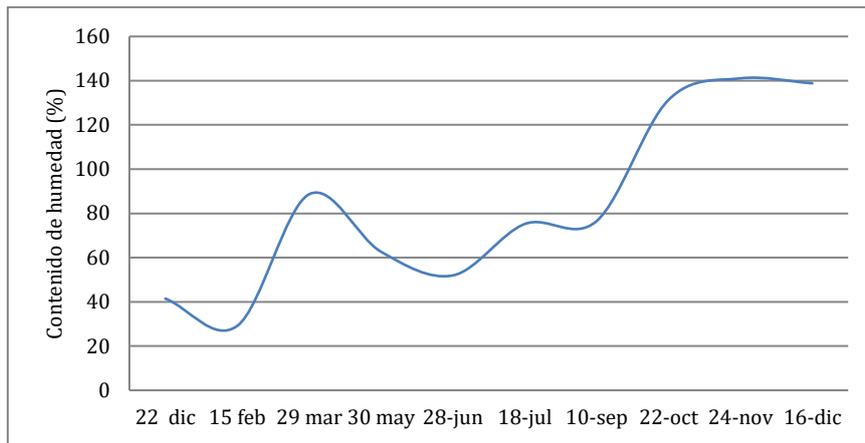
El contenido de humedad del combustible vivo depende de una gran cantidad de factores como las condiciones de la vegetación, la estación del año, la temperatura del aire, la humedad relativa, los días sin lluvias, la cantidad de sombra, el viento, la exposición y la pendiente, comportamiento que puede observarse en las mediciones realizadas (Fig. 3.15). A fines de primavera y principios de verano (octubre, noviembre y diciembre) se registraron los valores medios más altos de contenido de humedad con 131, 141 y 139%. A mediados de verano la vegetación posee los valores más bajos, siendo máximo el peligro de incendio, en el mes de febrero la humedad media fue de 29%. Una vez deshidratada la planta, el contenido de humedad va a depender de las variaciones diarias y horarias de la temperatura y humedad relativa.

En otoño e invierno, durante el período de latencia de la vegetación, el contenido de humedad es bajo. El descenso se torna irregular dependiendo de la disponibilidad de agua en el suelo y de los cambios en el estado del tiempo, proceso que se puede

observar en la figura 3.15. En mayo, junio y julio, los valores promedios oscilan entre 63%, 52% y 75% respectivamente.

Los datos obtenidos coinciden con Vélez (2000), quien afirma que a lo largo del año la humedad, en las zonas templadas, varía según el periodo vegetativo. El máximo se registra en primavera, cuando se producen tejidos nuevos (hojas, tallos, flores y frutos) y un mínimo en verano según las variaciones de humedad y temperatura del ambiente.

Figura 3.15. Evolución anual del valor promedio del FMC obtenido en campo



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Con respecto a la exposición de la pendiente (Tabla 3.9 y Fig. 3.16), a lo largo del año la ladera SO posee los valores más bajos con un promedio de 76%, el mínimo se registra en febrero (33%) y el máximo en noviembre (134%). VSLG posee los valores más altos, la media fue de 114% y octubre el mes con mayor humedad (207%). Camino a Barrancas y ladera NE presentaron valores medios de 101 y 88% respectivamente.

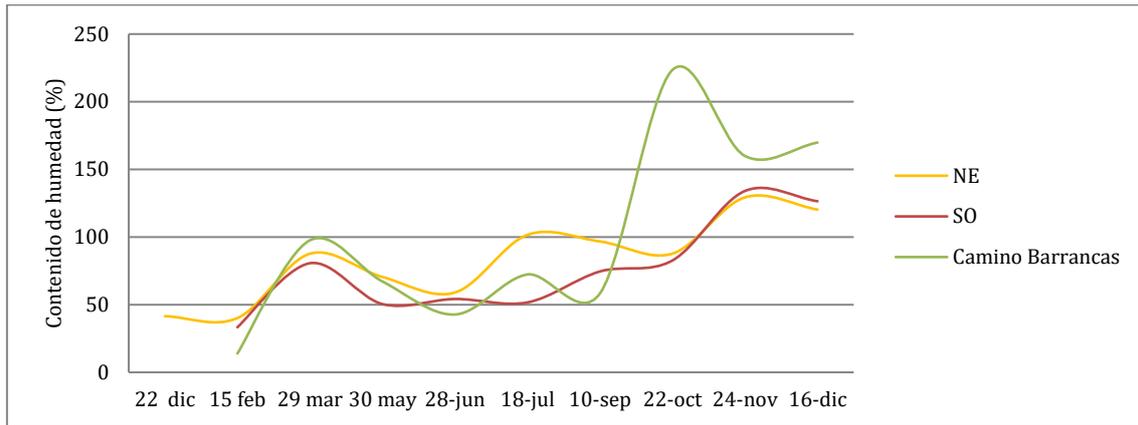
Tabla 3.9. Valores de FMC con datos obtenidos en campo

Área de muestreo	Fecha										Promedio*
	22/12 2013*	15/02 2014	29/03	30/05	28/06	18/07	10/09	22/10	24/11	16/12	
NE	41,47	40,1	87,67	70,46	58,95	101,6	96,70	87,73	129,29	120,27	88,08
SO	error	33,33	80,64	50,42	54,19	51,67	74,54	82,66	134,04	126,43	76,43
Camino a Barrancas	error	13,92	97,6	67,14	42,71	72,32	58,33	223,52	159,86	169,81	100,57
Promedio	-----	29,11	88,63	62,67	51,95	75,19	76,52	131,30	141,06	138,83	-----

*los valores de diciembre de 2013 de FMC no se tuvieron en cuenta para el cálculo del promedio.

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Figura 3.16. Evolución anual del FMC en los sitios de muestreos



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Es necesario realizar un análisis detallado del FMC durante la temporada de incendios. Para ello se toman los valores de diciembre de 2014, inicio de la temporada y como se verá más adelante fecha que puede ser comparada con los datos obtenidos a partir de imágenes satelitales. Cabe destacar, que los datos de febrero son extremadamente bajos y según la clasificación propuesta por Yebra Álvarez *et al.* (2008) cuando la humedad es inferior al 30% la vegetación es considerada combustible muerto, razón por la cual se analiza el mes de diciembre.

El promedio mensual de FMC en dicho mes es del 139%, por lo tanto la probabilidad de ignición para esta fecha es baja por ser el final de la primavera y el inicio de temporada de incendios. Camino a Barrancas, área denominada basal con alturas inferiores a 400 m, presenta el valor más alto de humedad (170%) y por lo tanto menor probabilidad de ignición que en el sector anterior. En las zonas con alturas superiores a 400 m la humedad oscila entre 120 y 126 %, representando la ladera SO una probabilidad intermedia y ladera NE más alta.

3.1.3.2. Análisis de índices verdes y temperatura de superficie

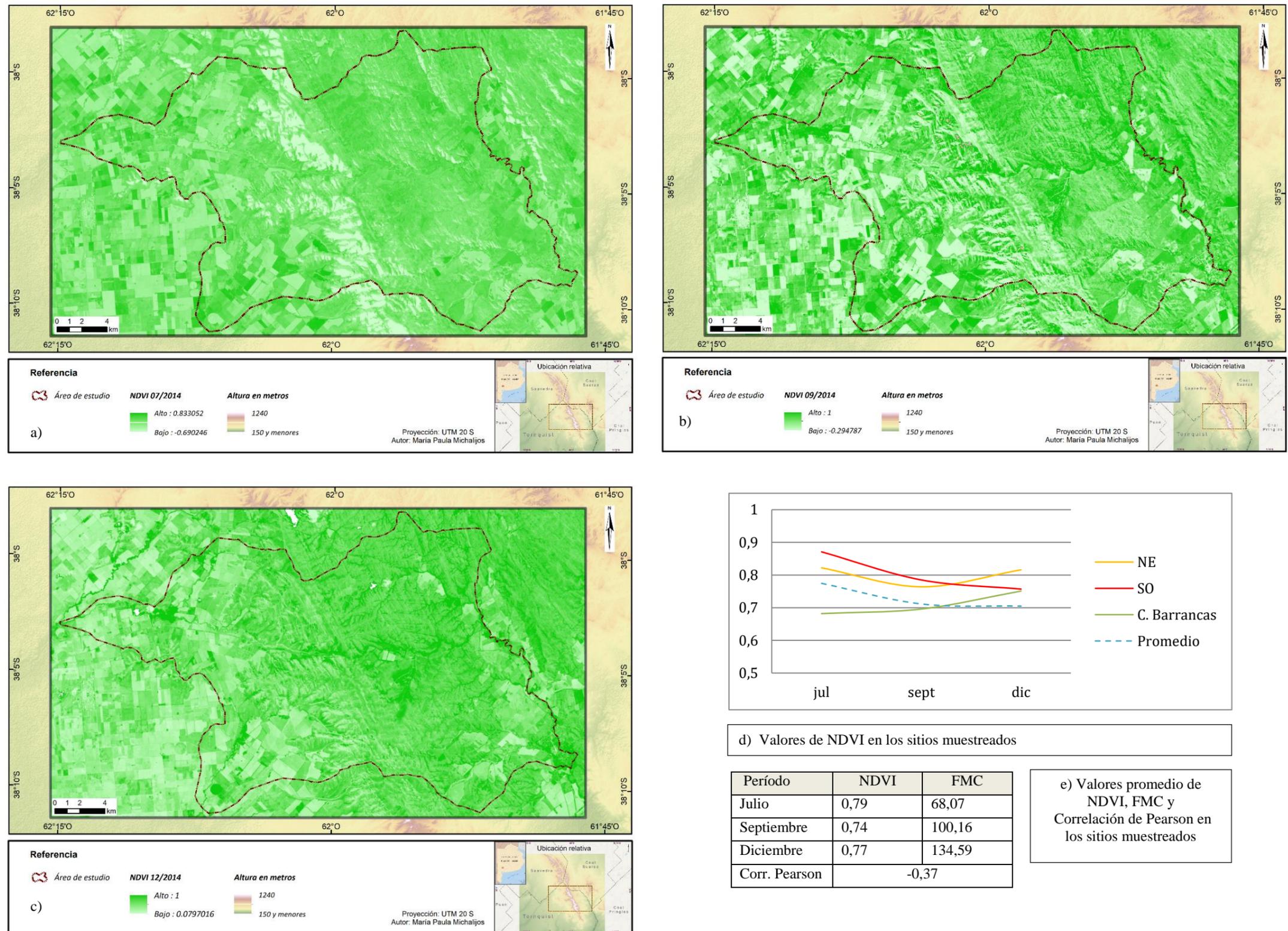
Con el objetivo de conocer los valores de humedad del combustible vivo a partir de datos obtenidos de satélites, se analiza el comportamiento de los distintos índices de vegetación y de la temperatura de superficie (TS). La figura 3.17 a, b, c y d muestra la evolución del NDVI para cada sitio muestreado y el promedio general para las tres fechas. Se observa que el valor más alto se registra en julio, mientras que en septiembre desciende notoriamente y en diciembre el índice asciende, pero sin llegar a los

guarismos de julio. La curva promedio no refleja la variación anual del FMC, por el contrario evidencia la presencia de otra variable que altera los valores esperados.

La correlación de Pearson entre NDVI y FMC muestra una relación negativa baja, a medida que aumenta el porcentaje de humedad en la vegetación, disminuye el valor de NDVI (Fig. 3.17e). Este resultado tiene correspondencia con los obtenidos por Cocero y Chuvieco (2004) quienes determinaron que este índice no es un buen indicador del FMC.

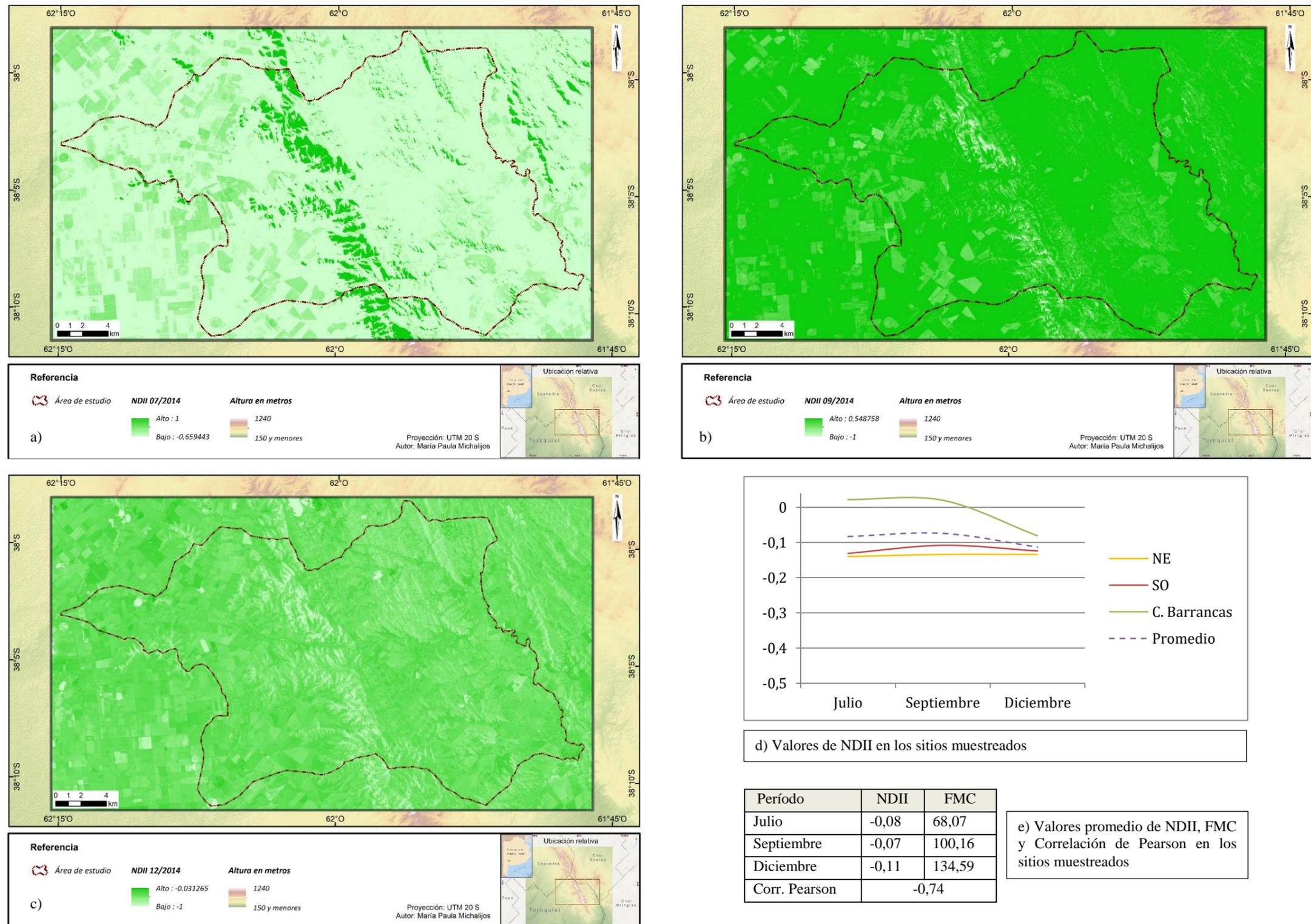
El NDII varía entre -1 y 1, cuanto mayor es el resultado mayor es el contenido de humedad en la vegetación (Fig. 3.18 a, b, c, d). La figura 3.18 d muestra los valores de los meses seleccionados, en julio y septiembre se mantienen en torno a -0,07 y en diciembre descienden levemente a -0,11. El signo negativo indica baja humedad, resultado que se contrapone al obtenido en campo. Con respecto a la correlación de Pearson (Fig. 3.18 e), el valor es negativo, es decir, que este índice al igual que el NDVI presenta dificultades para la caracterización de la humedad del combustible en el área de estudio.

Figura 3.17. Evolución del NDVI en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Figura 3.18. Evolución del NDII en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014



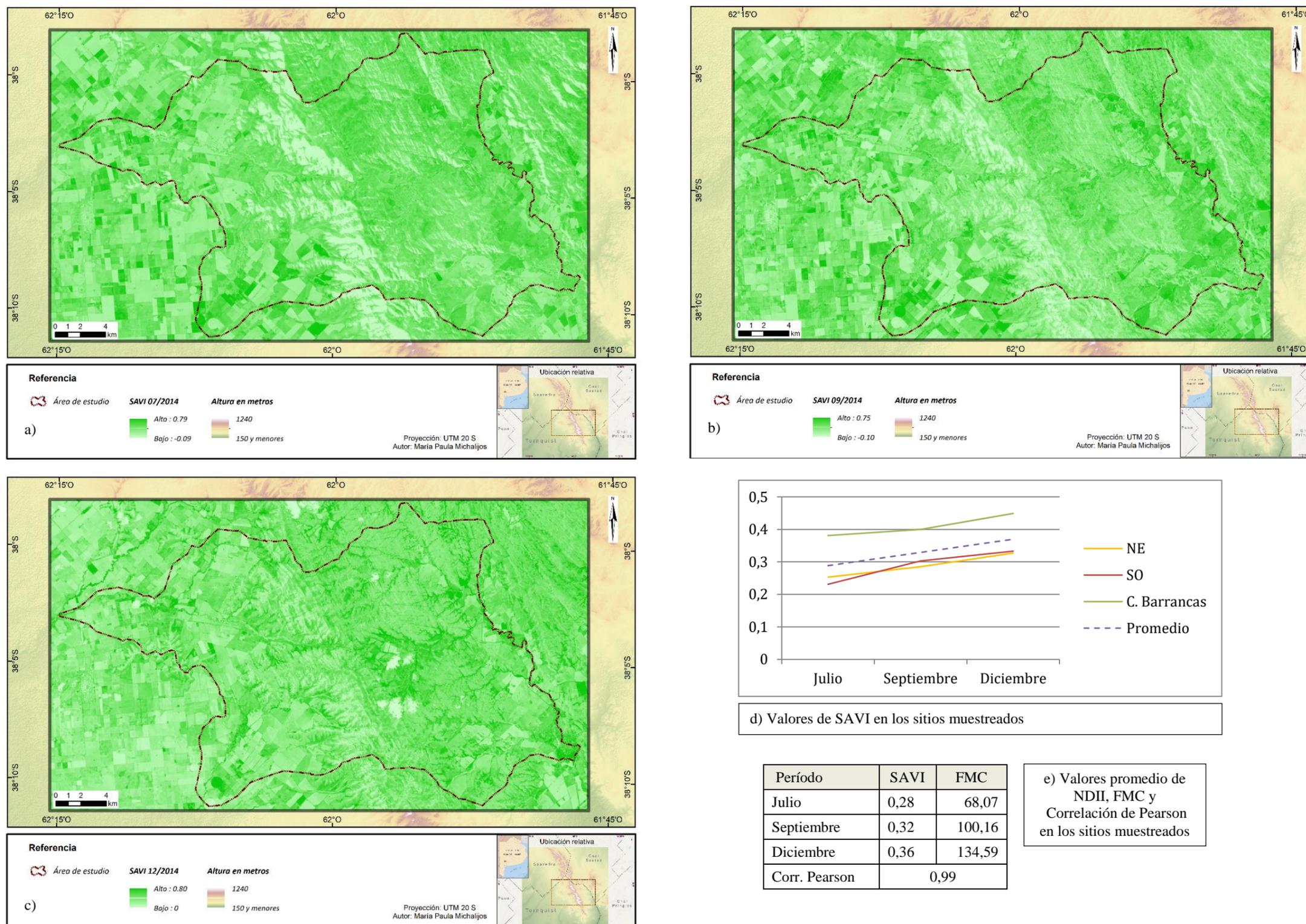
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Los afloramientos rocosos y la influencia del suelo pueden explicar los resultados obtenidos a partir del NDVI y NDII, que no se corresponden con los datos obtenidos en campo. Para evaluar esta incidencia se propone el cálculo del SAVI, que como se mencionó presenta un factor de corrección para ajustar la influencia del suelo (Fig. 3.19 a, b, c).

La aplicación de este índice muestra una tendencia ascendente entre julio y diciembre coincidiendo con la evolución del FMC. Al centrar el análisis en el mes de diciembre se observa que existe correspondencia en los sectores denominados Camino a Barrancas y ladera SO, donde el FMC y el SAVI presentan los valores más altos (Fig. 3.19 d) y por lo tanto menor peligro de ignición.

La correlación de Pearson entre el SAVI y el FMC (Fig. 319 e) es positiva muy alta (0,99), a medida que aumenta el porcentaje de humedad en la vegetación crece el valor de SAVI, relación esperada dado que un mayor contenido de humedad implica menor stress en la vegetación y mayor respuesta espectral. Este valor justifica su utilización como variable de ajuste para calcular la humedad del combustible a partir de imágenes satelitales.

Figura 3.19. Evolución del SAVI en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014



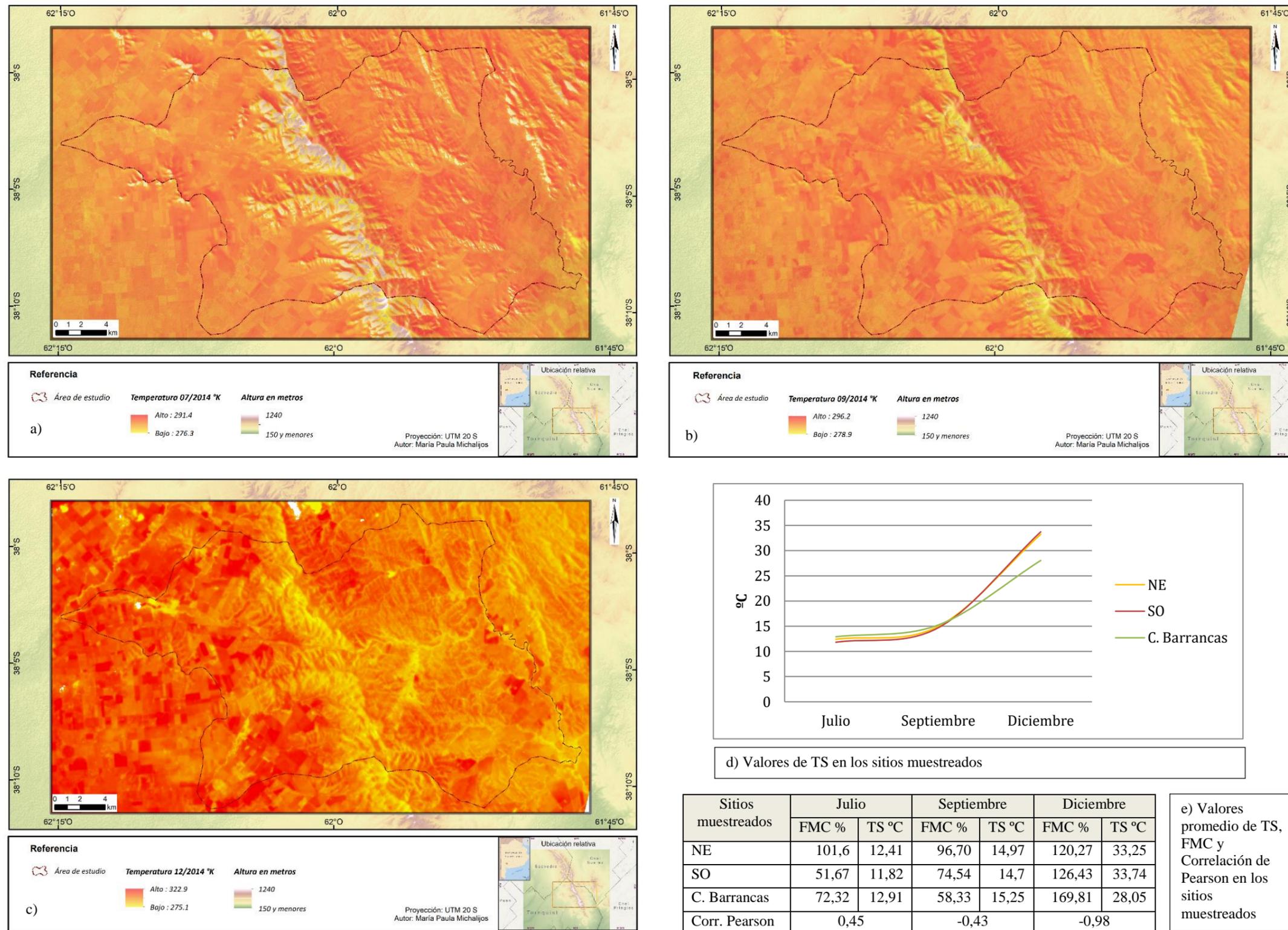
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

La figura 3.20 a, b, y c representa la distribución de TS calculada a partir de datos de satélite. En las fechas seleccionadas la tendencia de la TS tiene un comportamiento normal, es decir, la temperatura aumenta progresivamente de invierno a verano. Los valores promedian en julio 12°C, en septiembre 15°C y en diciembre 32°C (Fig. 3.20 d)

La variabilidad entre los sitios muestreados no registra diferencias significativas en los meses de julio y septiembre (1,09 y 0,55° C respectivamente), sin embargo, en diciembre existe una diferencia de 5,7°C (Fig. 3.20 d). Es decir, que a fines de primavera la cantidad de horas de sol y la altura determinan diferencias térmicas. Camino a Barrancas (< 400 m) es el punto que presenta menor temperatura (28,05°C) y las laderas son los sitios más cálidos con 33,25 y 33,74°C (NE y SO).

La relación entre el FMC y la TS se analiza como en el caso anterior, con la correlación de Pearson. En este caso se observa que en julio la relación es positiva moderada, a medida que aumenta la temperatura la relación se invierte y se convierte en negativa, en septiembre es moderada y en diciembre muy alta. Esto indica que en invierno la temperatura no es la única variable que explica el comportamiento del FMC. A fines de la primavera a medida que aumenta la temperatura disminuye el contenido de humedad del combustible, y por lo tanto la regresión es negativa (-0,98) (Fig. 3.20 e). A mayor temperatura menor humedad en la vegetación, pues un aumento de la primera deriva en una mayor pérdida del agua almacenada en las plantas. Por ello, los valores obtenidos justifican la utilización de TS para analizar el comportamiento del FMC en temporada de incendios, cuando la temperatura registra sus valores máximos.

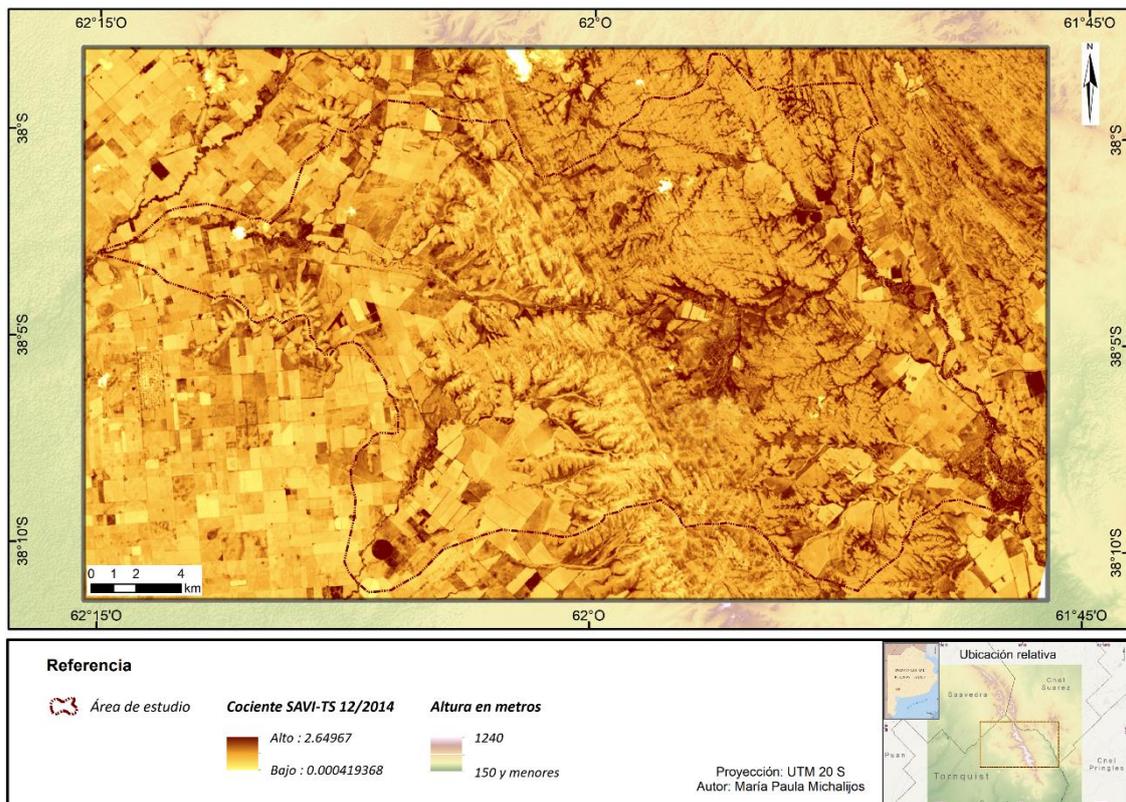
Figura 3.20. Distribución de la temperatura superficial en los meses de julio, septiembre y diciembre de 2014



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

A partir del análisis realizado, se estima el contenido de humedad del combustible en el mes de diciembre de 2014 con datos de satélite, utilizando el índice SAVI y la TS. La relación entre ambos marca el contraste entre la actividad fotosintética o estrés hídrico y la temperatura, razón por la cual se la considera un buen indicador de peligro de ignición. Se realiza un cociente simple (Fig. 3.21) cuyo valor aumenta cuando el SAVI es alto y la temperatura es baja, indicando una baja probabilidad de ignición, por el contrario cuando el SAVI disminuye y aumenta TS, el peligro de ignición es mayor (Tabla 3.10). De los sitios muestreados, el valor más alto corresponde a Camino a Barrancas, representando el sector con menor peligro y las laderas con orientación NE son las que poseen mayor peligro.

Figura 3.21. Cociente entre SAVI y TS



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Tabla 3.10. Valores de SAVI/TS, SAVI y TS en los sitios muestreados

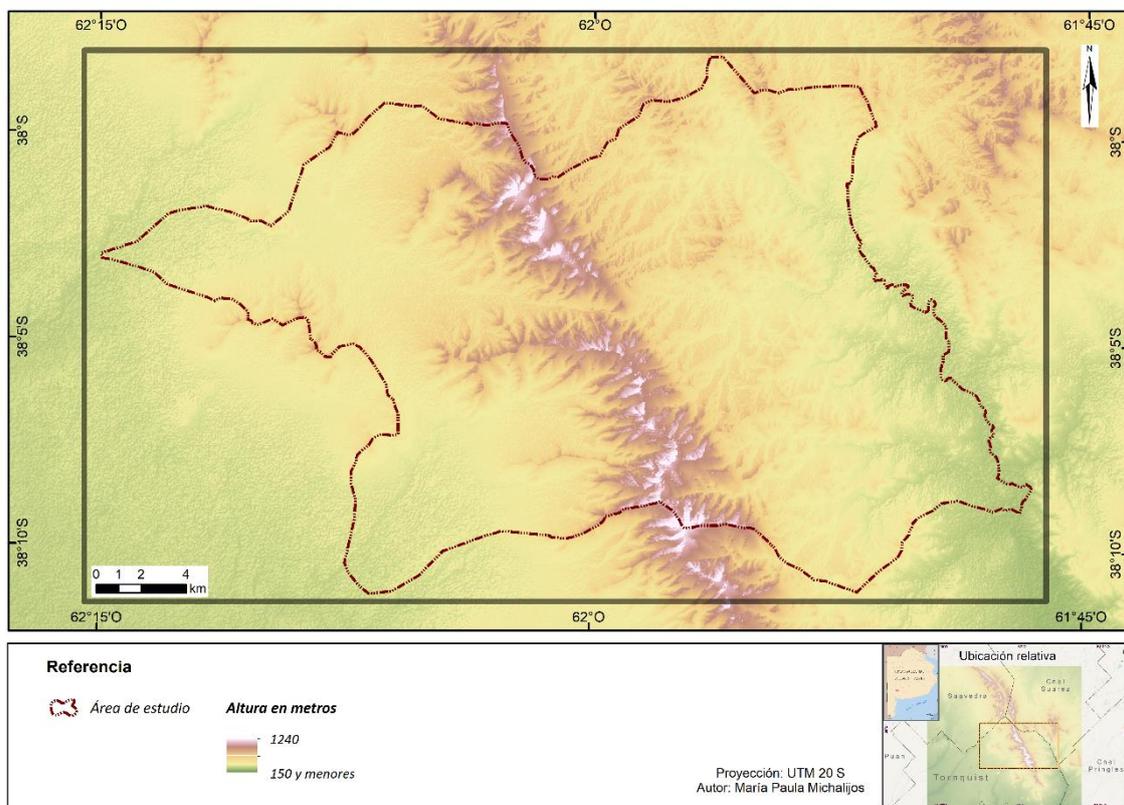
Sitios muestreados	SAVI/TS	SAVI	TS °C
NE	1,06	0,32	33,25
SO	1,08	0,33	33,74
Camino Barrancas	1,49	0,44	28,05

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

3.1.3.3. Peligro de ignición asociado a la humedad del combustible

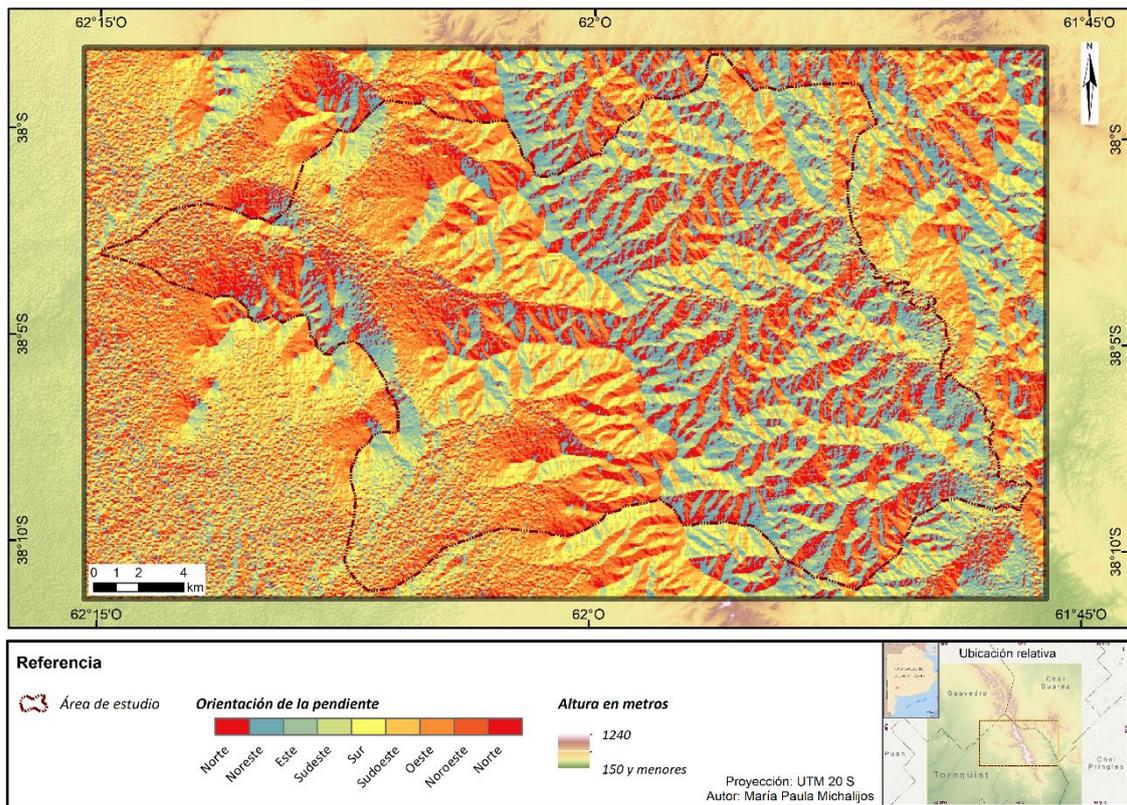
En función de la altura varía la temperatura, la precipitación y la humedad, y según la orientación de las laderas con respecto al Norte y a los vientos dominantes, existen diferencias de radiación solar recibida. Estas variaciones modifican la humedad del ambiente, del suelo y por lo tanto, influyen en el desarrollo de la vegetación. Es entonces de vital importancia relacionar el cociente SAVI/TS con los mapas de altura (Modelo Digital del Terreno, DEM) (Fig. 3.22) y orientación de la pendiente (Fig. 3.23). En ellos se observan las diferencias de altura y pendiente y su incidencia en la orientación.

Figura 3.22 Modelo digital del terreno



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Figura 3.23. Orientación de la pendiente

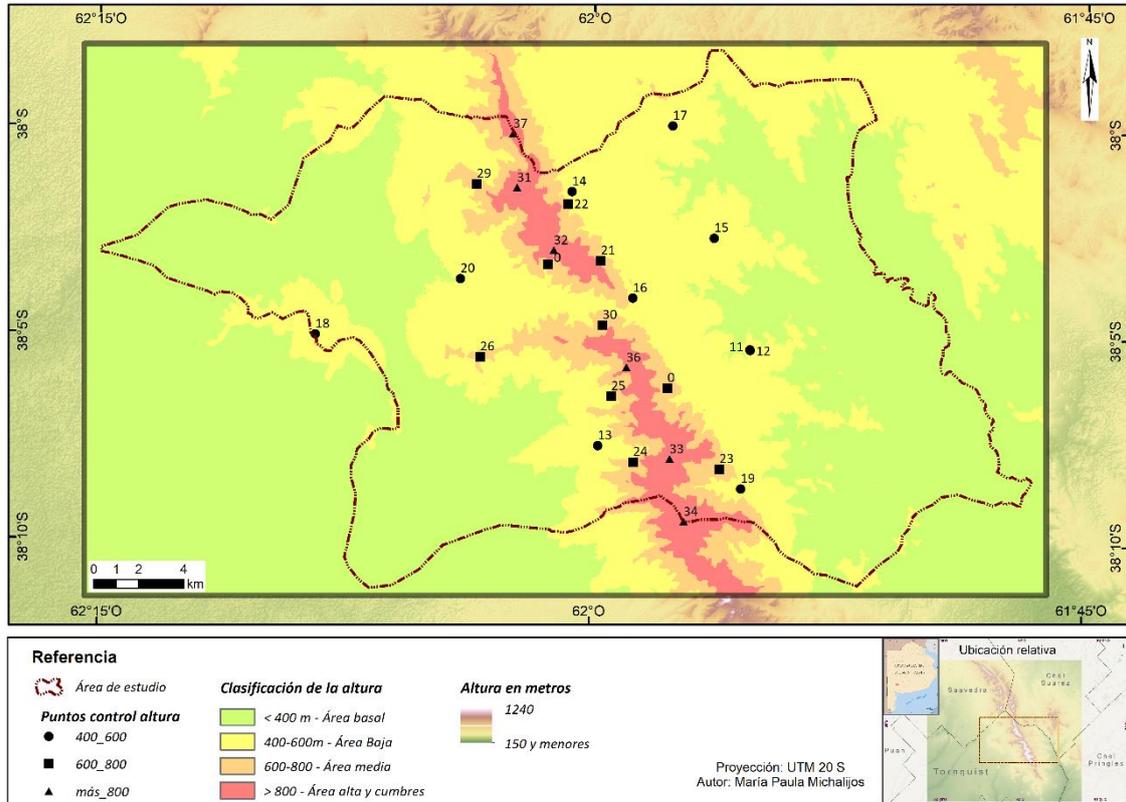


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

La figura 3.24 muestra el DEM clasificado y la tabla 3.11 los 10 puntos de control que contienen valores de humedad del combustible para cada clase. En la tabla se observa que el área basal tiene el promedio más alto y las zonas altas presentan la relación más baja. A partir de ellos y del agrupamiento de datos en intervalos de clases se establecen cuatro categorías (Tabla 3.12), las que son utilizadas para elaborar el mapa de peligro de ignición asociado a la altura (Fig. 3.25).

En la figura 3.25 se observa que las áreas de mayor peligro corresponden a las zonas más altas, dado que el viento aumenta en intensidad con la altura. El aire durante el verano presenta una gran capacidad evaporante y la incidencia de la radiación solar es mayor. A medida que desciende la altura disminuye el peligro de ignición, siendo el área basal el que presenta menor peligro.

Figura 3.24. Modelo Digital del Terreno clasificado y distribución de los puntos de control



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Tabla 3.11. Puntos de control en función de la altura y los valores del cociente SAVI/TS

Área basal			Área baja			Área intermedia			A. alta y cumbres		
Nº	SAVI/TS	(m)									
1	1,09	360	11	1,06	462	21	1,12	700	31	1,04	1172
2	1,21	389	12	1,08	462	22	1,11	700	32	0,82	1134
3	1,21	380	13	1,05	431	23	1,14	750	33	0,73	1110
4	1,48	348	14	1,12	467	24	1,02	684	34	0,77	1239
5	1,49	367	15	1,00	437	25	1,11	651	35	0,91	874
6	1,10	334	16	0,96	441	26	0,89	678	36	0,80	938
7	1,10	374	17	0,96	460	27	0,89	718			
8	1,30	289	18	1,38	543	28	1,11	713			
9	1,43	367	19	1,20	478	29	0,93	786			
10	1,09	272	20	1,05	520	30	0,75	720			
Promedio SAVI/TS 1,25			Promedio SAVI/TS 1,09			Promedio SAVI/TS 1,01			Promedio SAVI/TS 0,85		

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

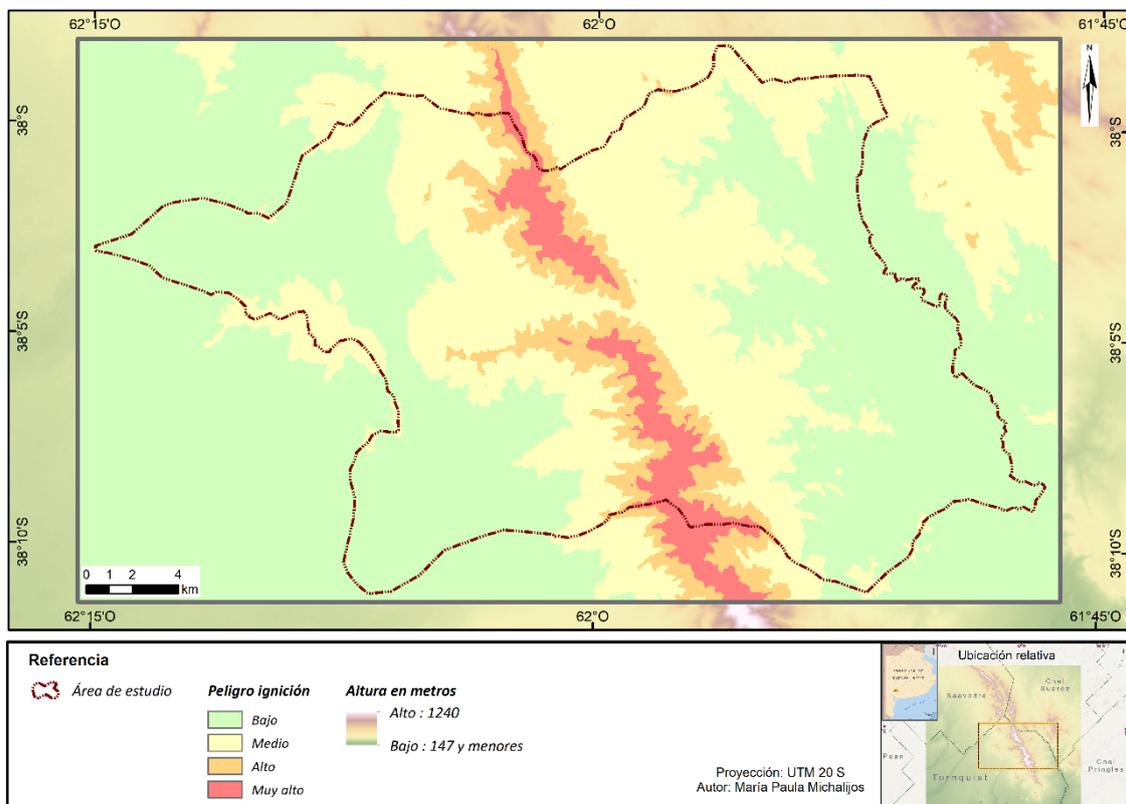
Tabla 3.12. Clasificación del peligro de ignición asociado a la altura

Peligrosidad	Clases (SAVI/TS)*	Áreas según altura	Representación
Baja	1,15 – 1,25	Basal	
Moderada	1,05 – 1,15	Baja	
Alta	0,95 – 1,05	Intermedia	
Muy Alta	0,85 – 0,95	Alta	

*R= (1,25-0,85)/4= 0,10

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Figura 3.25. Peligro de ignición asociado a la altura

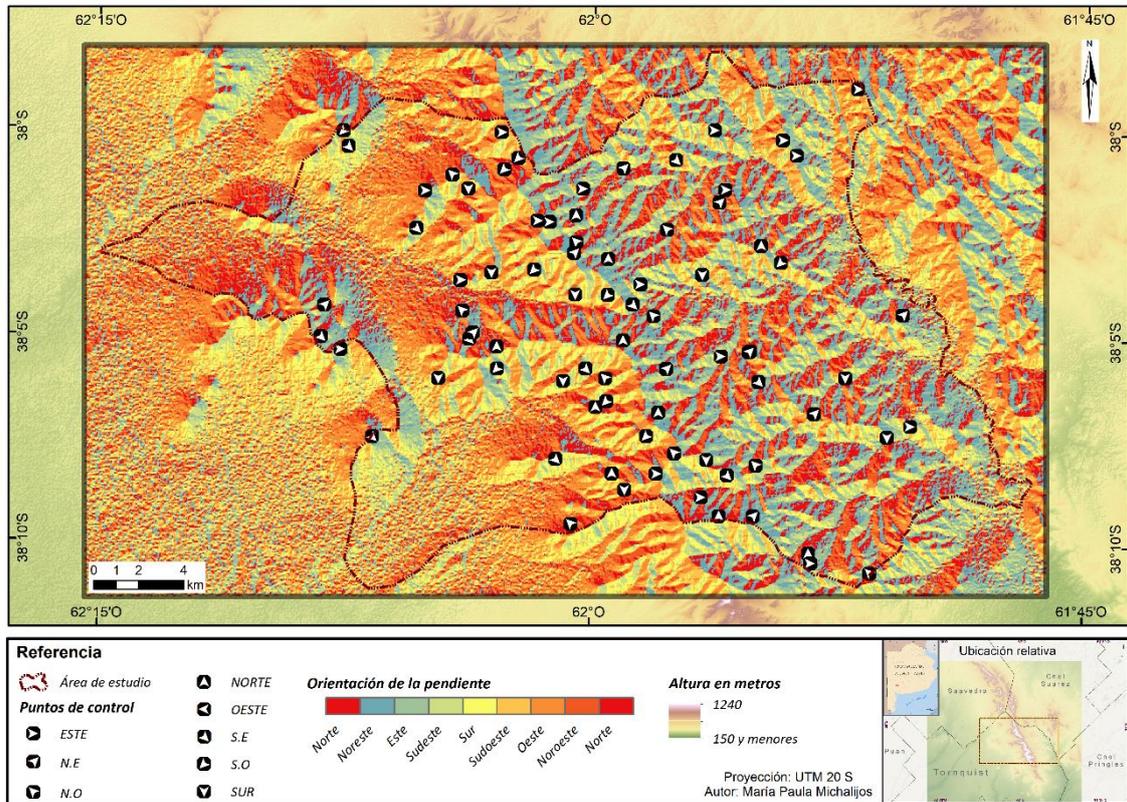


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Con respecto a la orientación de la pendiente se presenta en la figura 3.26 el mapa correspondiente con la distribución de los puntos de control, y en la tabla 3.13 los valores de SAVI/TS para cada uno de los puntos. El agrupamiento de clases se presenta en la tabla 3.14 y se aplica en la figura 3.27, en la misma se observa que la peligrosidad más alta corresponde a las laderas N-NO, el peligro es alto en las orientadas hacia el SO-O, medio en las NE-E y SE-S y los valores más bajos corresponden a las áreas llanas. Sobre el área basal se aplicó una máscara dado que en

las alturas inferiores a 400m las diferencias de orientación no son significativas para este análisis.

Figura 3.26. Distribución de los puntos de control a partir de la orientación de la pendiente



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Tabla 3.13. Valores de SAVI/TS en función de la orientación de la pendiente

Norte		NE		E		SE		S		SO		O		NO	
Nº	SAVI/TS														
1	1,07	11	1,56	21	0,99	31	0,95	41	1,06	51	1,08	61	1,00	71	1,02
2	1,16	12	1,36	22	1,05	32	1,20	42	1,52	52	0,68	62	0,97	72	1,47
3	0,84	13	1,37	23	0,97	33	1,12	43	1,00	53	1,18	63	1,07	73	0,93
4	0,67	14	1,57	24	1,08	34	1,25	44	1,63	54	0,90	64	0,91	74	1,01
5	1,46	15	1,04	25	0,98	35	1,35	45	1,17	55	1,09	65	1,05	75	1,48
6	1,18	16	0,66	26	0,91	36	0,95	46	1,35	56	0,68	66	0,89	76	0,62
7	1,03	18	0,95	27	1,48	37	1,55	47	1,32	57	0,75	67	1,28	77	0,99
8	1,00	18	1,06	28	1,27	38	1,11	48	1,18	58	1,08	68	0,96	78	0,74
9	1,00	19	1,23	29	1,39	39	1,04	49	1,06	59	0,85	69	0,96	79	1,03
10	0,67	20	1,15	30	1,08	40	1,04	50	1,08	60	1,08	70	1,00	80	0,78
Promedio SAVI/TS 1,01		Promedio SAVI/TS 1,19		Promedio SAVI/TS 1,12		Promedio SAVI/TS 1,16		Promedio SAVI/TS 1,24		Promedio SAVI/TS 0,94		Promedio SAVI/TS 1,01		Promedio SAVI/TS 1,01	

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

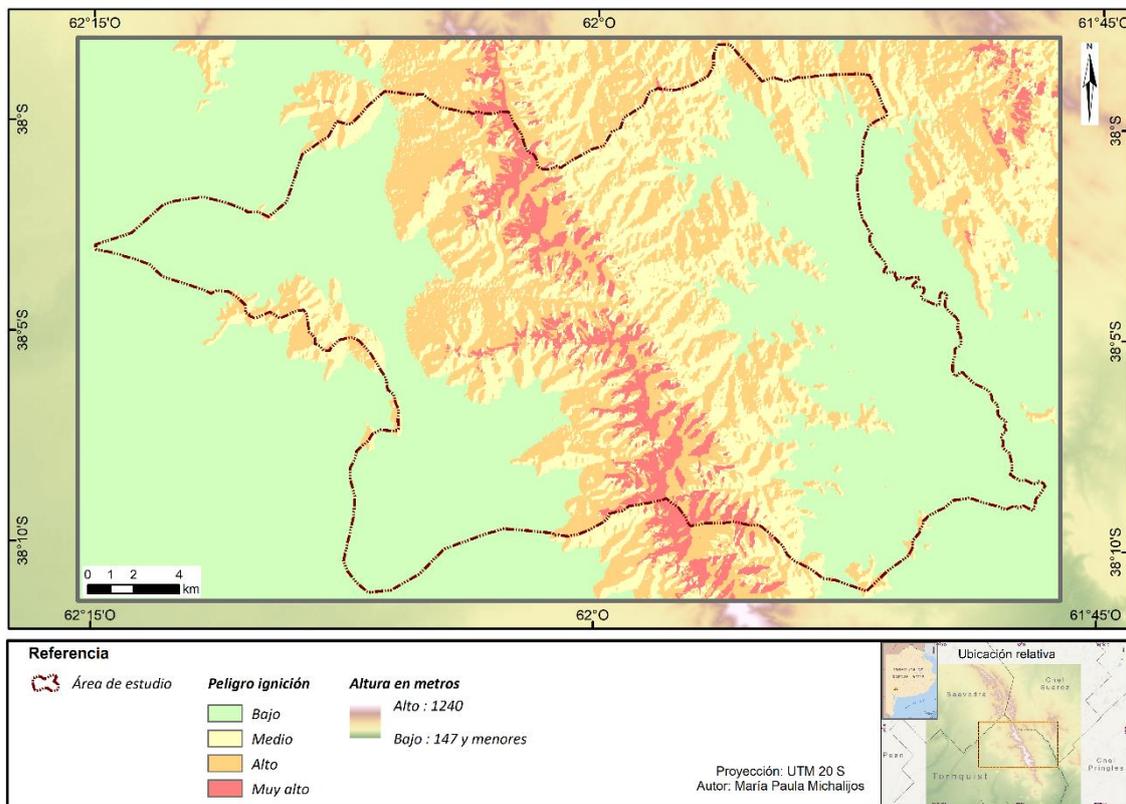
Tabla 3.14. Clasificación del peligro de ignición asociado a la orientación de la pendiente y a la humedad del combustible

Peligrosidad	Clases (SAVI/TS)*	Orientación de la pendiente	Representación
Bajo	1,16 -1,23	NE – S	Verde
Moderado	1,08-1,16	E – SO	Amarillo
Alto	1,01-1,08	O	Naranja
Muy Alto	0,94-1,01	SO – N – NO	Rojo

*R= (1,24-0,94)/4=0,07

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

Figura 3.27. Peligro de ignición asociado a la orientación de la pendiente y a la humedad del combustible



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2015.

La tabla 3.15 resume la información obtenida del álgebra de mapas entre el peligro de ignición asociado a la orientación y a la altura según la humedad del combustible. En la misma se presenta la matriz de relación cuyos valores están comprendidos entre dos y ocho y se agruparon en cuatro clases (bajo, medio, alto y muy alto). Es necesario destacar que al aplicar la máscara en el mapa de pendientes sobre la zona basal, las

combinaciones que se realicen entre esta zona y las diferentes pendientes tendrán siempre peligro bajo.

Tabla 3.15. Matriz de relación entre el peligro de ignición asociado a la humedad del combustible en función de la orientación de la pendiente y de la altura

Peligro de ignición asociado a la humedad del combustible y de la altura	Peligro de ignición asociado a la orientación de la pendiente y humedad del combustible			
	Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Muy Alto (4)
Bajo (1)	2	3	4	5
Medio (2)	3	4	5	6
Alto (3)	4	5	6	7
Muy Alto (4)	5	6	7	8

Referencias	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
-------------	------	-------	------	----------

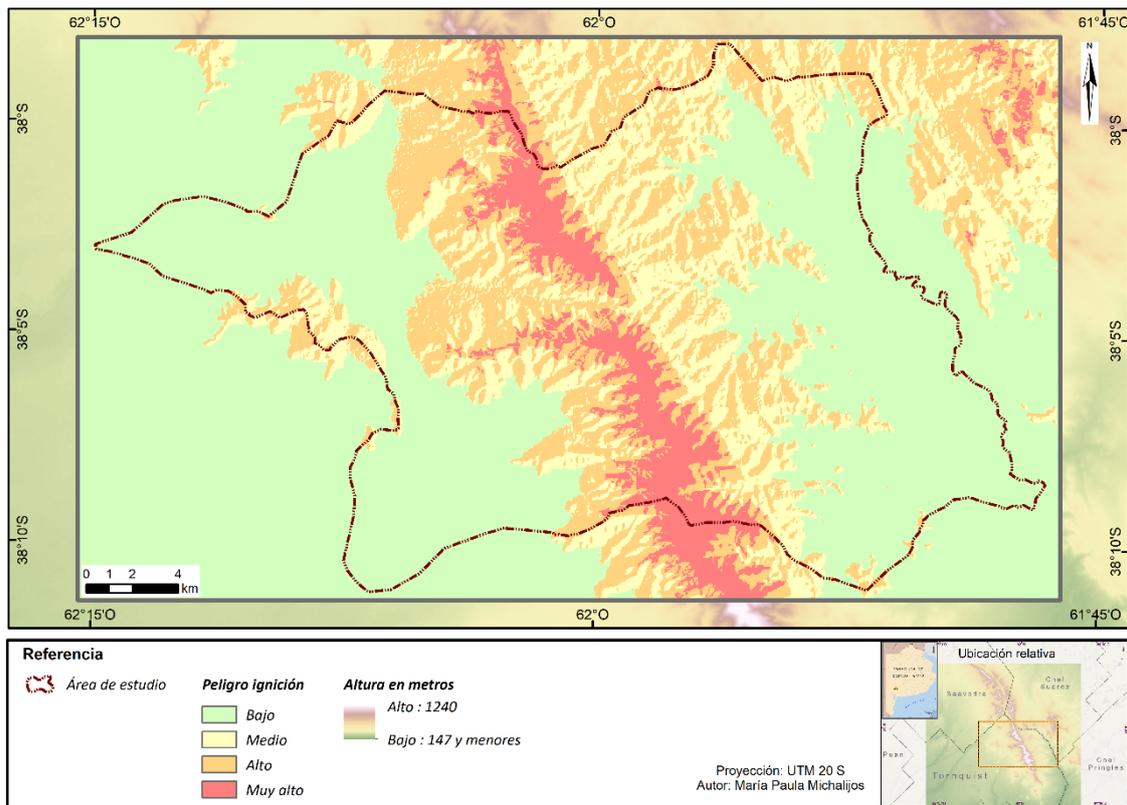
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

En la figura 3.28 se observa que las áreas de mayor peligro de ignición asociado a la humedad del combustible corresponden a las orientaciones SO, N, NO y O con alturas mayores a 800 m, y las laderas SO, N y NO que se encuentran entre los 600 y 800 m. Con peligro alto las pendientes E, SE, NE y S a más de 800 m de altura, E, SE y O entre 600 y 800 m y O, SO, N y NO entre 400 y 600 m. Con peligro moderado las orientaciones NE y S entre 600 y 800 m y NE, S, E y SE entre 400 y 600 m por último, las zonas con alturas inferiores a 400 m (área basal) poseen peligro de ignición bajo.

En síntesis, las zonas con alturas superiores a 800 m poseen peligro muy alto y alto y las áreas de menor peligro poseen alturas inferiores a 400 m. Con situación moderada se encuentran las laderas NE y E con alturas intermedias (entre 400 y 800 m) y SE y E entre los 400 y 600 m.

En base al análisis se puede afirmar que en el área de estudio la altura es el factor geográfico que determina las condiciones de humedad del combustible, dado que a mayor altura la humedad del combustible disminuye. Si bien la orientación de la pendiente respecto al Norte influye, esta no es determinante en las condiciones de humedad de la vegetación.

Figura 3.28. Peligro de ignición asociado a la humedad del combustible



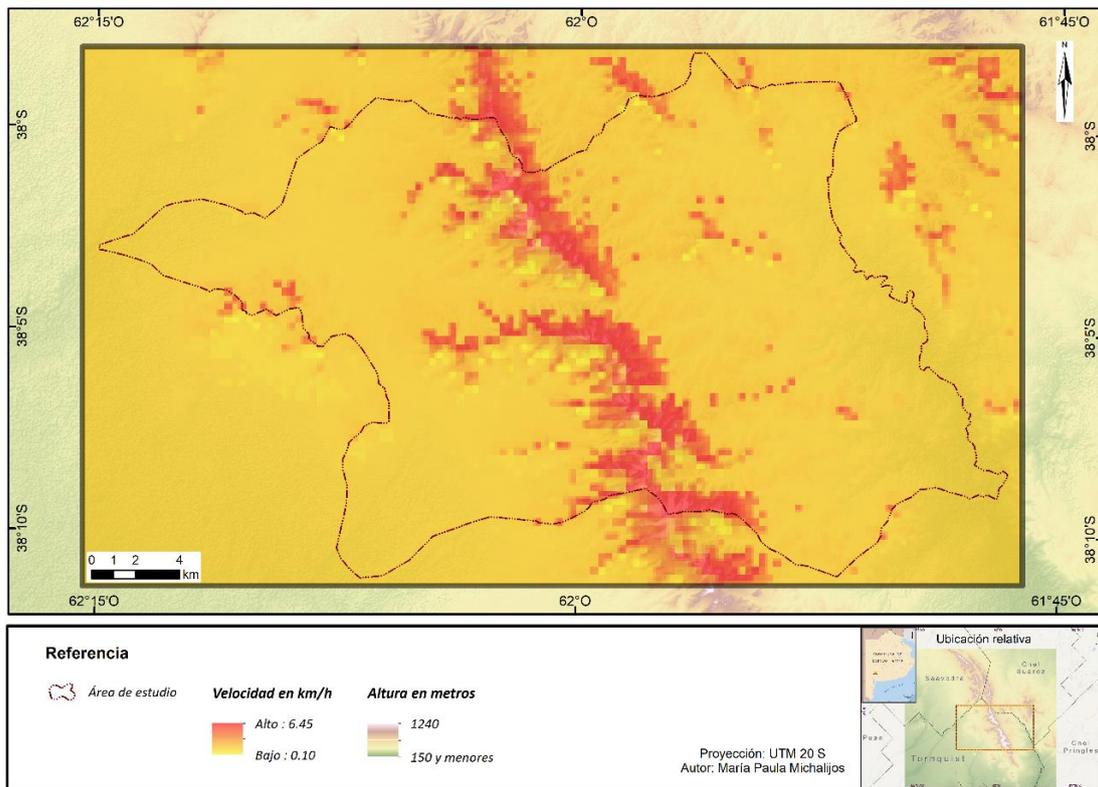
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

3.2. Peligro de propagación

3.2.1. Características de los elementos meteorológicos en un área serrana con peligro de incendio

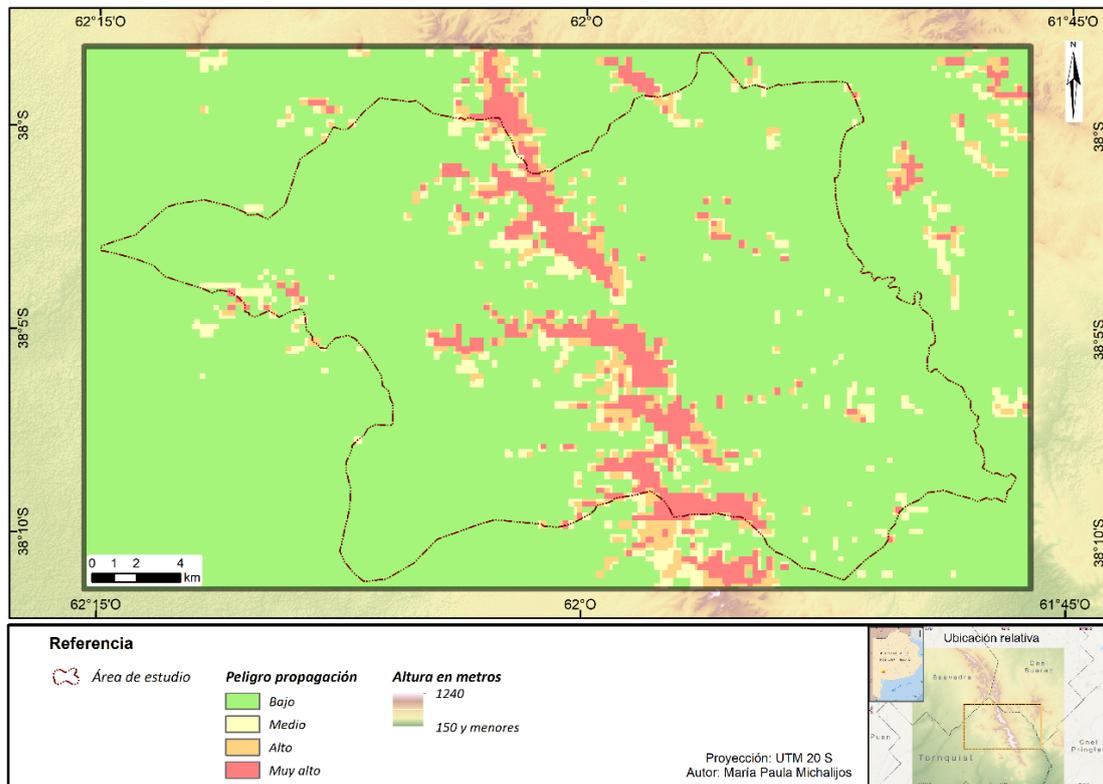
La influencia del viento en la propagación de los incendios forestales se presenta en la figura 3.29. Los valores obtenidos para el mes de diciembre de 2014, oscilan entre 0,10 y 6,45 km/h, estas variaciones se observan a medida que asciende la altura del terreno por la presencia de las sierras. Para lograr un análisis más detallado se relacionan estos valores con la clasificación altimétrica utilizada para el cálculo de la humedad del combustible, donde se establecen 4 clases. Cuando el relieve es inferior a 400 m la velocidad no supera los 2 km/h (velocidad baja), a partir de ese valor y a hasta los 600 m se duplica (velocidad media). Entre los 600 y 800 m llega a 5 km/h (velocidad alta) y sobre esa cota el viento puede alcanzar los 6,45 km/h (velocidad muy alta) (Fig. 3.30).

Figura 3.29. Velocidad del viento en el mes de diciembre de 2014



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Figura 3.30. Clasificación de la velocidad del viento



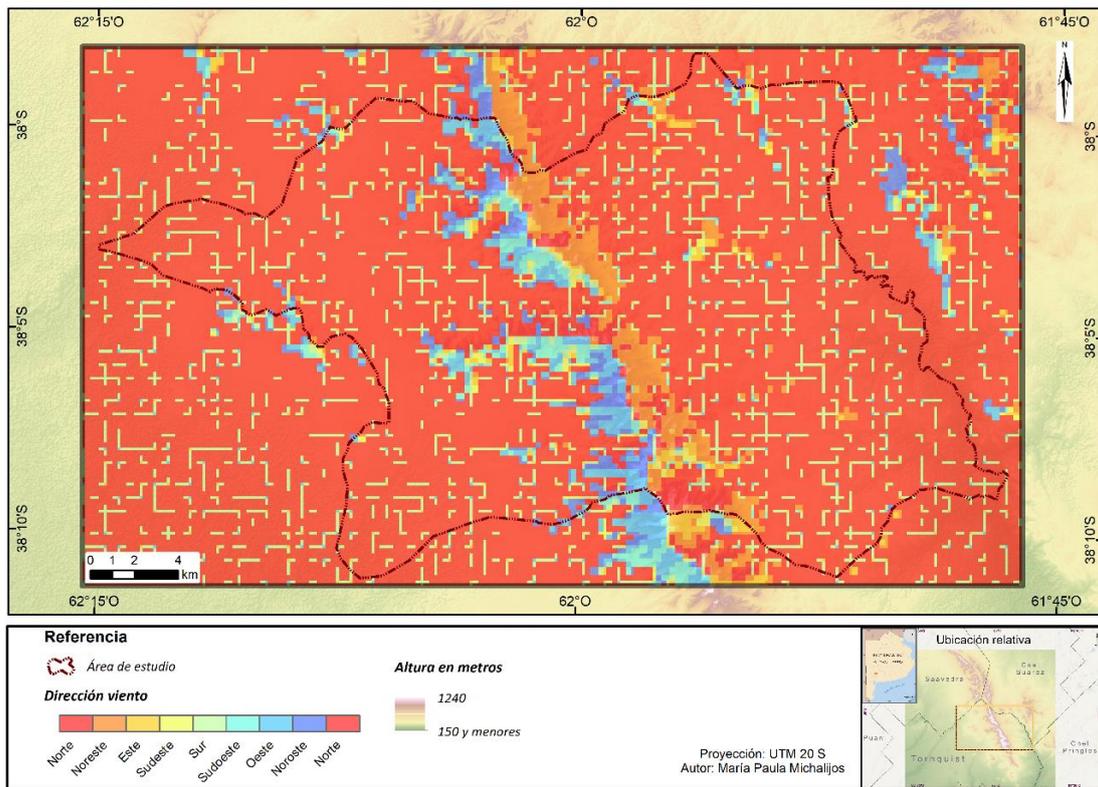
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Con respecto a la dirección del viento, se debe tener en cuenta, como se mencionara en el capítulo I, que la circulación general de la atmósfera en la provincia de Buenos Aires es NE-SO, perpendicular al sistema serrano. La topografía modifica la dirección determinando variaciones locales del clima regional, situación que se observa en la figura 3.31 en coincidencia con en el trabajo realizado por Kristensen y Frangi (1995b). En la misma se destaca el predominio del viento del sector Norte en las áreas inferiores a 500 m, en las laderas orientadas hacia el NE la dirección es uniforme N-NE, mientras que las pendientes Sur presentan variaciones SO-O-NO. En los valles la dirección dominante proviene del cuadrante Norte.

Teniendo en cuenta estas variaciones y su influencia en el desarrollo y extinción de un incendio, en la figura 3.32 se presentan los vientos predominantes clasificados en cuatro clases de peligro de propagación:

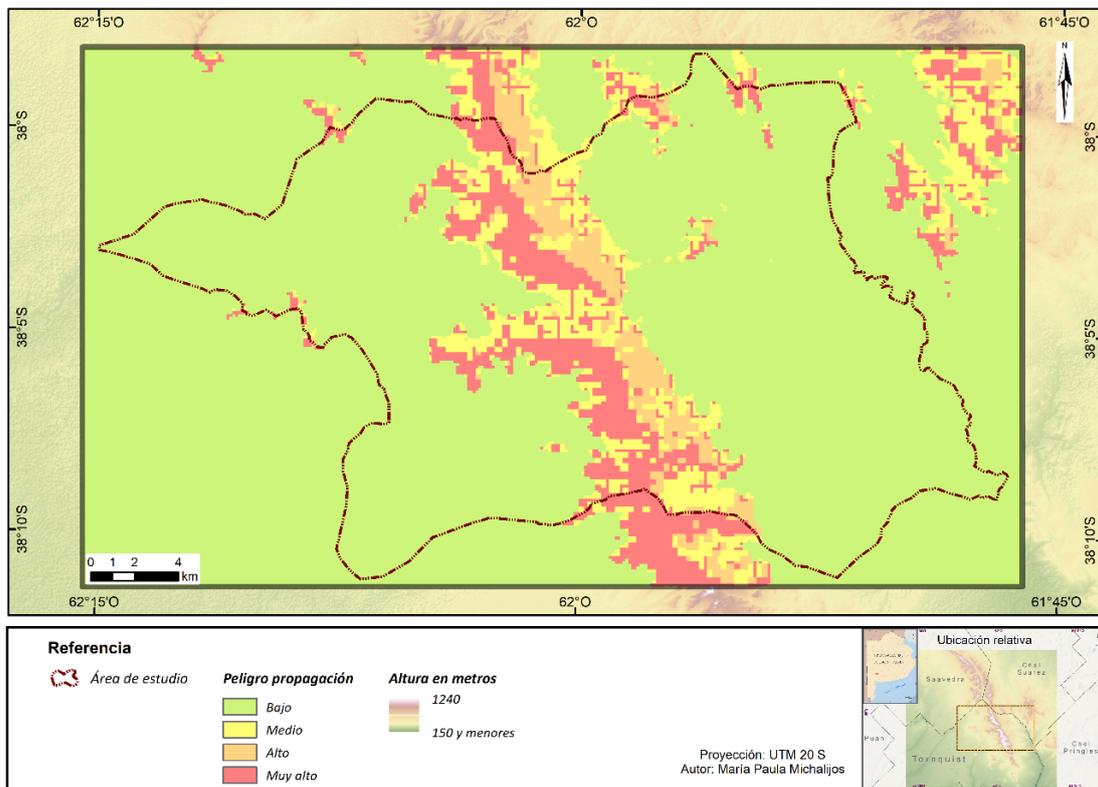
- a) Bajo: áreas de viento Norte con alturas inferiores a 500 m, donde el desarrollo y extinción de un incendio presenta menor dificultad y mayor previsibilidad.
- b) Medio: zonas de viento Norte con alturas superiores a 500 m (valles), donde la elevación del terreno comienza a modificar el comportamiento del fuego.
- c) Alto: sectores con predominio de viento NE y alturas mayores a 500 m, aquí la presencia de las sierras altera la trayectoria predominante del flujo de aire.
- d) Muy alto: áreas con direcciones variables (E, SE, S, SO, O, NO), alturas superiores a 500 m, donde son mayores las dificultades para predecir el comportamiento de un incendio.

Figura 3.31. Dirección del viento en el mes de diciembre de 2014



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Figura 3.32. Clasificación de la dirección del viento

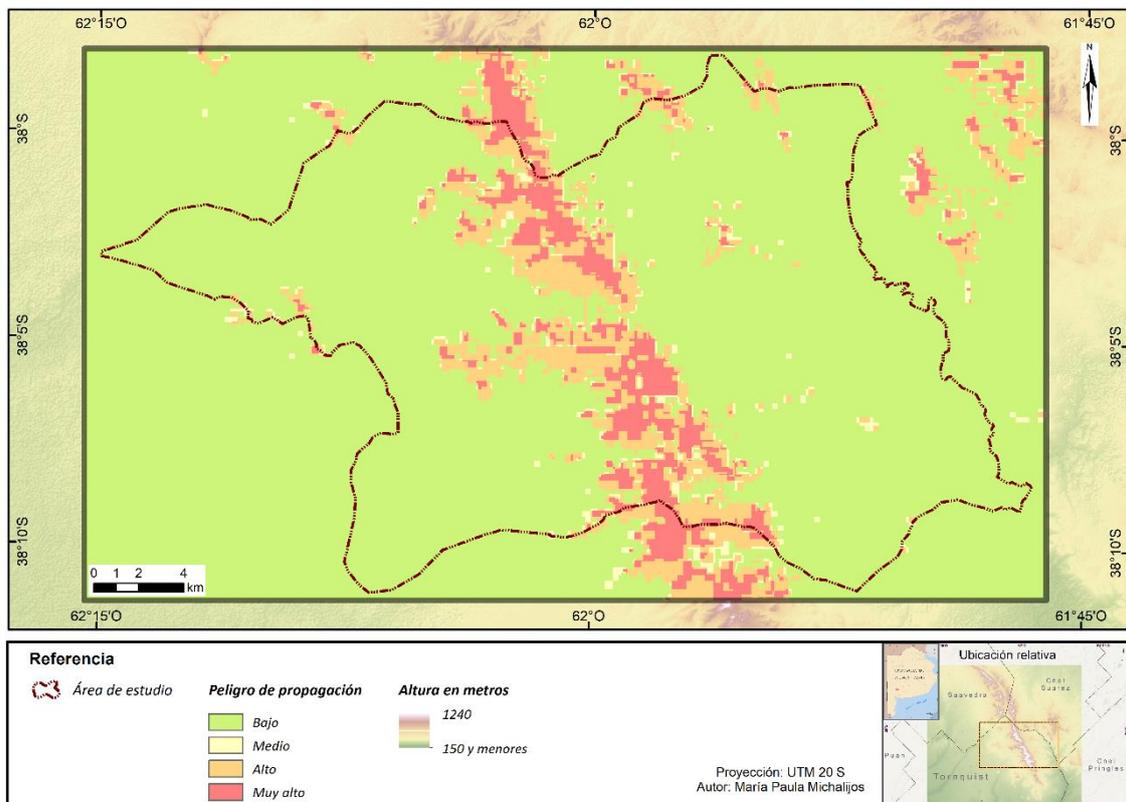


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

Una vez obtenida la cartografía de velocidad y la de dirección del viento se realiza un álgebra de mapas entre ambas obteniendo, de esta manera, la figura 3.33 que representa el peligro de propagación asociado al viento. En ella se observan áreas de:

- Peligro muy alto: velocidad alta y alturas mayores a 500 m, con dirección de viento variable (E, SE, S, SO, O, NO).
- Peligro alto: velocidad baja y dirección N con alturas inferiores a 500 m, velocidad media y direcciones variables con alturas mayores a 500 m, velocidad alta con dirección N y NE a más de 500 m y velocidad muy alta con viento Norte.
- Peligro medio: velocidad media- alta y dirección N-NE con alturas mayores a 500 m y N con alturas inferiores a 500m.
- Peligro bajo: velocidades bajas y medias y dirección Norte con alturas inferiores a 500 m.

Figura 3.33. Peligro de propagación asociado al viento

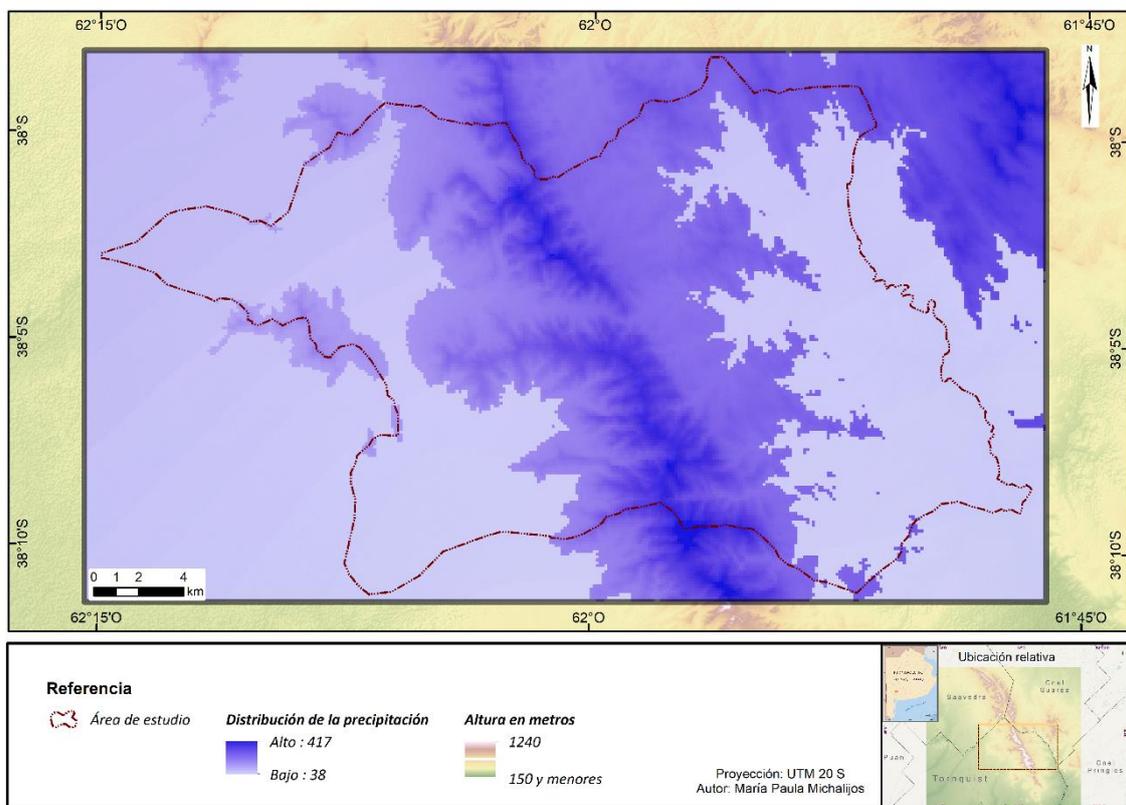


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2016.

La distribución espacial de las precipitaciones, también se calculó a partir de la simulación de datos. En la figura 3.34 se observa como varían las precipitaciones con la altura, evidenciado la influencia de las sierras sobre esta variable, a medida que el terreno se eleva los valores de lluvia aumentan. A 400 m las precipitaciones totalizan 158 mm, a 620 m 235 mm y a 940 m 340 mm, coincidiendo con Gil (2009) quien obtuvo resultados similares con mediciones in situ para el período 1997-2007 en la cuenca alta del río Sauce Grande.

Si se tiene en cuenta la dirección de las sierras, las laderas orientadas al NE presentan, a lo largo del año, mayor humedad dado que el viento predominante es del NNE. Linsley (1977) sostiene que debido al ascenso de las masas de aire en las laderas a barlovento de las barreras orográficas las precipitaciones son mayores, en las laderas a sotavento el aire es descendente por lo que se produce una disminución de la humedad y por lo tanto, de las precipitaciones. Las laderas S, SE y NO presentan valores que promedian los 267 mm, laderas N 260 mm y con menor precipitación las pendientes orientadas al SO y O, a sotavento con 251 mm.

Figura 3.34. Distribución de las precipitaciones en el mes de diciembre de 2014



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

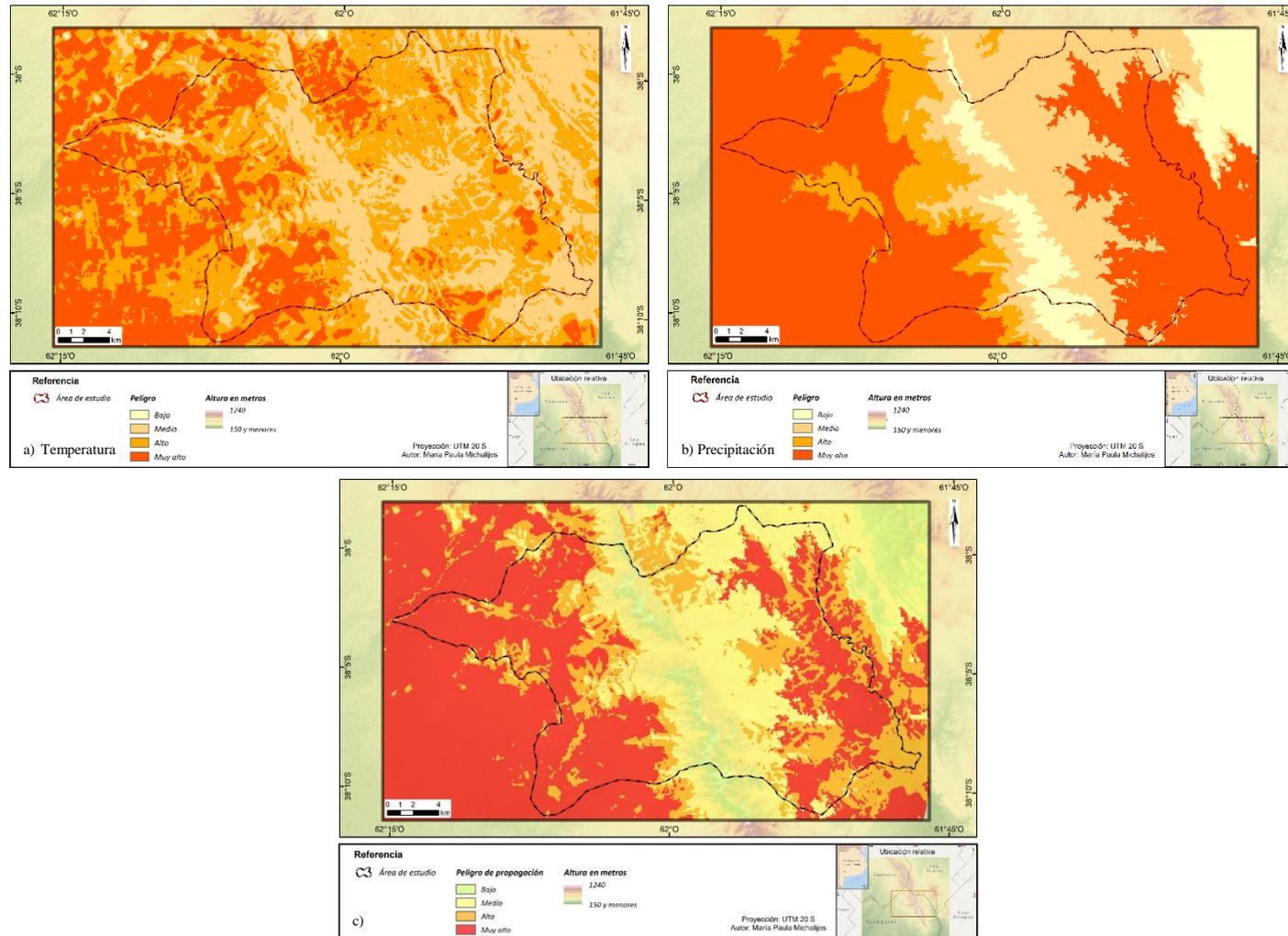
Los mapas de precipitación y temperatura (Fig. 3.34 y Fig. 3.20) fueron clasificados en cuatro categorías por el método de *natural breaks* (Tabla 3.16 y Fig. 3.35 a y b), el primer nivel corresponde a los valores más bajos de temperatura y más altos de precipitación y el cuarto a sectores de mayor temperatura y menor precipitación. En la figura 3.35 c se presenta el mapa final resultado de la combinación de ambos, en él se observa que, el peligro meteorológico más alto corresponde a los valores mínimos de precipitación y máximos de temperatura, donde la altura es menor a 400 m y predominan los campos cultivados. Las áreas con peligro alto presentan precipitaciones medias-bajas, temperaturas medias-altas, la altura oscila entre 400 y 700 m y la vegetación predominante es el pastizal serrano. Con peligro medio se encuentran las zonas con precipitaciones medias-altas, temperaturas medias-bajas y alturas mayores a 400 m. El peligro es bajo cuando la altura supera los 700 m, allí las lluvias son altas y muy altas y las temperaturas bajas-medias y la vegetación es natural y existe roca al descubierto.

Tabla 3.16. Clasificación de la temperatura y precipitación

Peligro	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Bajo	<18,35	275-417
Medio	18,35-32,3	193-275
Alto	32,3-37,2	104-193
Muy alto	>37,2	<104

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Figura 3.35. Peligro de propagación asociado a la temperatura y la precipitación

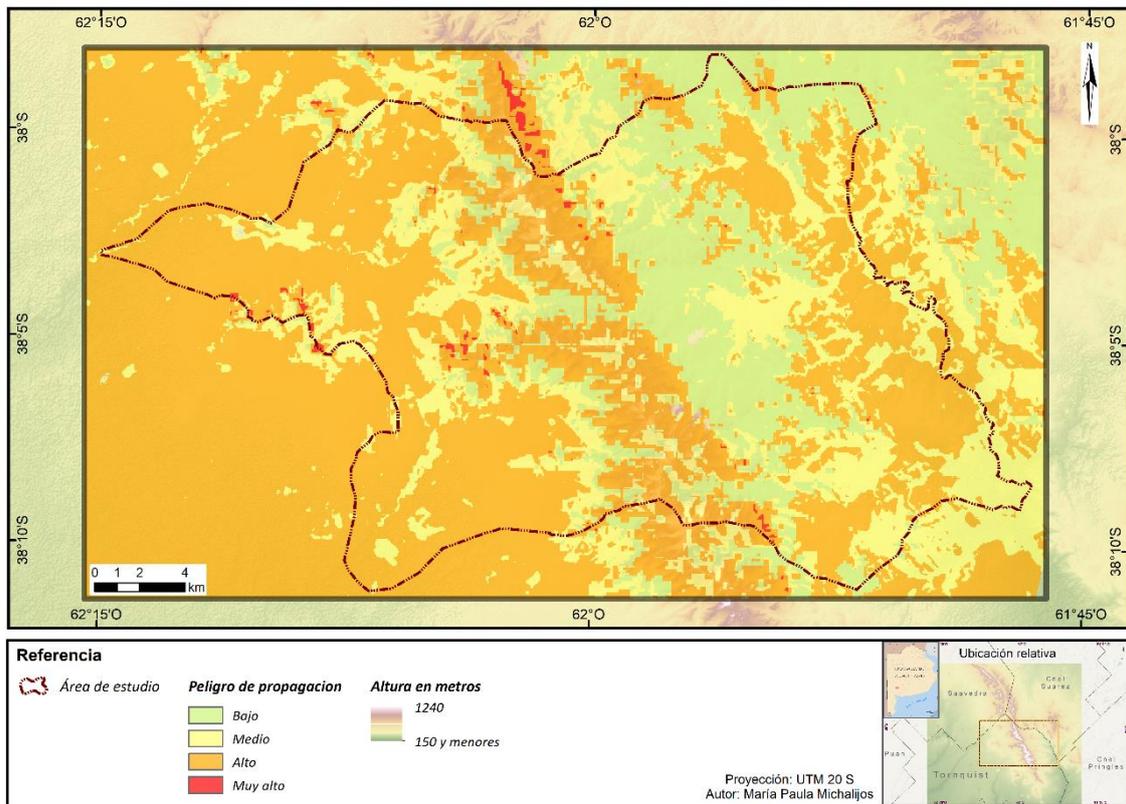


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

La figura 3.36 y tabla 3.17 muestran el peligro de propagación (PP) a partir de los elementos meteorológicos, el mismo surge de combinar las variables velocidad y dirección del viento, distribución de las precipitaciones y de las temperaturas. En la figura puede observarse que:

- a) Las zonas de mayor peligro corresponden a:
 - PP por acción del viento muy alto y PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas bajo.
 - PP por acción del viento alto y PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas alto y moderado.
 - PP por acción del viento moderado y PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas muy alto y alto.
 - PP por acción del viento bajo y PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas muy alto.
- b) Las áreas de peligro moderado son aquellas que presentan:
 - PP por acción del viento muy alto y PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas bajo.
 - PP por acción del viento, por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas moderado.
 - PP por acción del viento bajo y PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas muy alto.
- c) Las zonas de menor peligro son aquellas donde:
 - El PP por acción del viento es moderado y el PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas es bajo.
 - El PP por acción del viento es bajo y el PP por la distribución de las precipitaciones y las temperaturas es moderado y bajo.

Figura 3.36. Peligro de propagación asociado a los elementos meteorológicos



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Tabla 3.17. Matriz de relación entre el peligro de propagación asociado al viento, a las precipitaciones y a las temperaturas

PP en función de las precipitaciones y temperaturas	PP en función del viento			
	Bajo (1)	Moderado (2)	Alto (3)	Muy Alto (4)
Bajo (1)	2	3	4	5
Moderado (2)	3	4	5	6
Alto (3)	4	5	6	7
Muy Alto (4)	5	6	7	8

Referencias	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
-------------	------	----------	------	----------

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

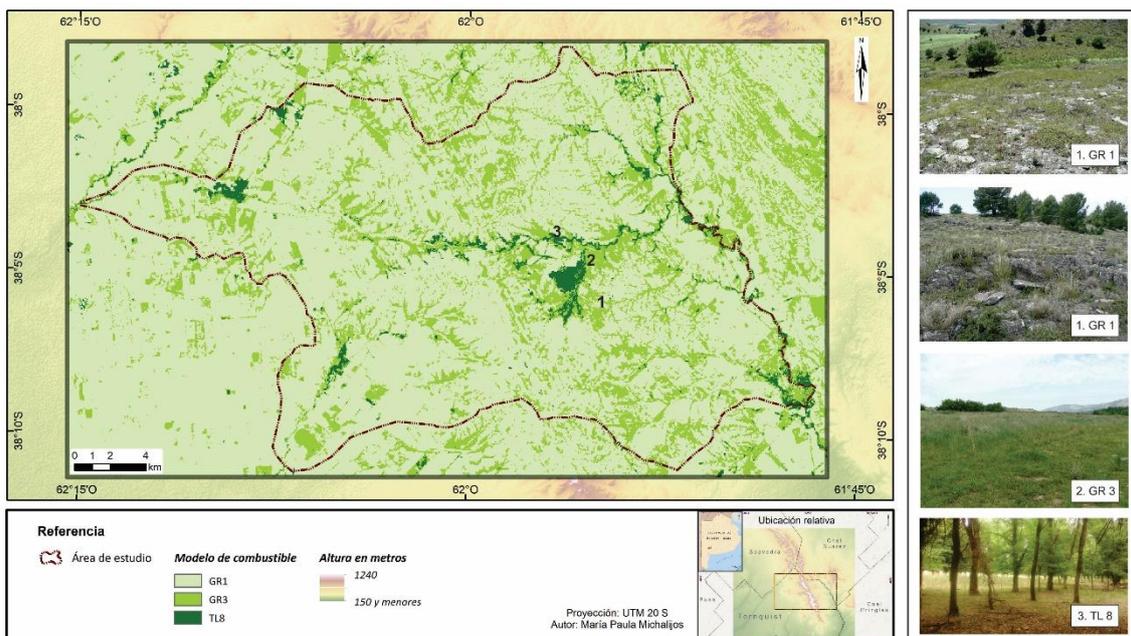
3.2.2. El pastizal pampeano y su influencia en la propagación de incendios

A partir del índice SAVI (Fig. 3.19 c) fue posible discriminar dos subgrupos del modelo de combustible herbáceas (GR). Ellos son: GR1, herbáceas cortas, discontinuas, de propagación moderada, longitud de llama baja y peligro de ignición alto, y GR3, herbáceas muy densas, de profundidad media de dos pies, propagación alta, longitud de llama moderada y peligro muy alto. Sin embargo, este índice de vegetación al estar

ajustado al suelo presenta dificultad para discriminar las herbáceas muy densas de las coníferas, por ello se calculó el NDVI (Fig. 3.17 c) que permitió identificar el subgrupo TL8, capa de combustible compuesta de hojarasca de acículas largas de pino, con carga moderada y compacta de herbáceas, de propagación moderada y longitud de llama baja.

En función de las características de cada subgrupo se le asignó a cada uno de ellos un grado de peligro de propagación. En la figura 3.37 se observa que las áreas de mayor peligro se localizan en las sierras, donde el pastizal crece en las rocas y en las tierras destinadas a la agricultura, las zonas de peligro alto (GR3) se desarrollan principalmente en áreas de menor altura, entre los 300 m y 450 m, y las de menor peligro (TL8) se encuentra en las orillas de ríos y arroyos, en las áreas de descanso y en los cascos de las estancias.

Figura 3.37. Modelos de combustible



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

3.2.3. La Sierra de la Ventana: su incidencia en el comportamiento de un incendio

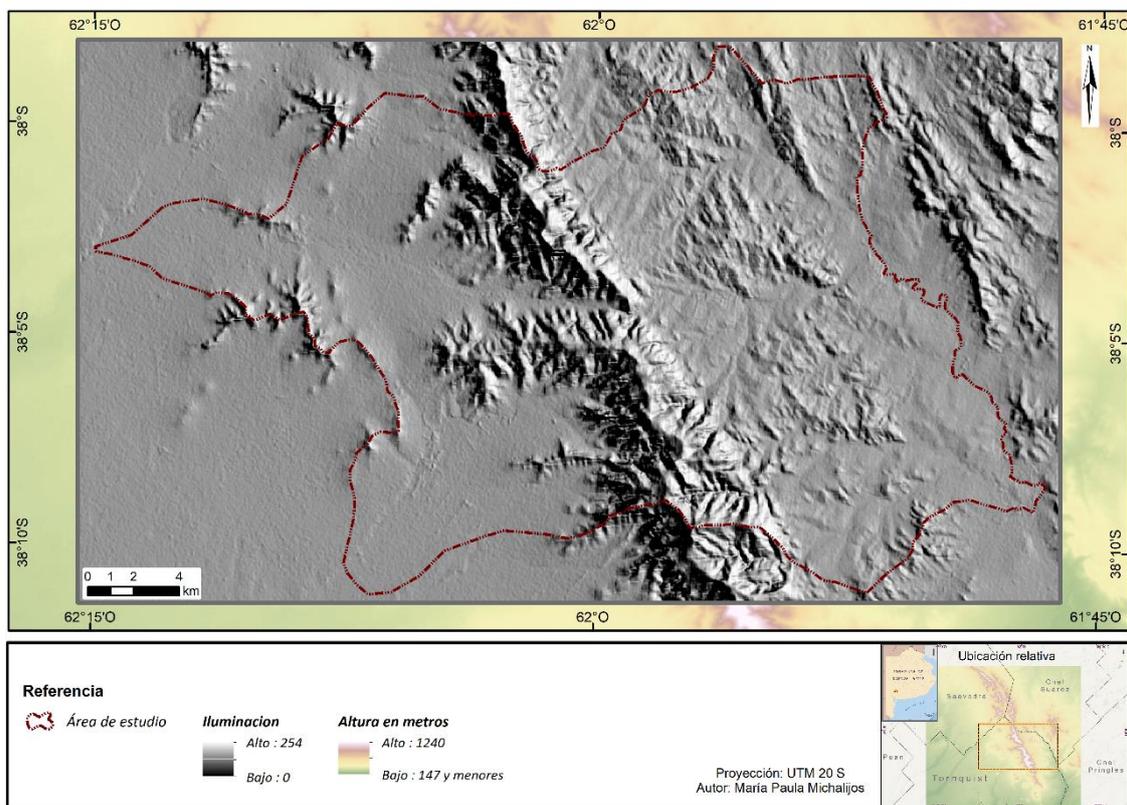
Tanto la orientación de las laderas como la pendiente son factores de gran importancia en el inicio y propagación de incendios. La orientación contribuye en el desarrollo de los mismos determinando que las laderas expuestas al sol presenten material combustible más seco. Por su parte, la pendiente favorece la continuidad

horizontal y vertical de los combustibles y acelera la propagación por la propensión del aire caliente a subir, razón por la cual, la vegetación pendiente arriba se ve afectada.

La orientación de las laderas está representada en la figura 3.23, en ella se observa que las sierras forman un arco con dirección NO-SE, determinando una divisoria principal de aguas en sentido SO-NE. Predominan las laderas SO-O y NE-E (28% y 27% respectivamente), seguidas por pendientes Sur y Norte (12%), NO (11%) y con menor extensión las orientadas hacia el SE (10%).

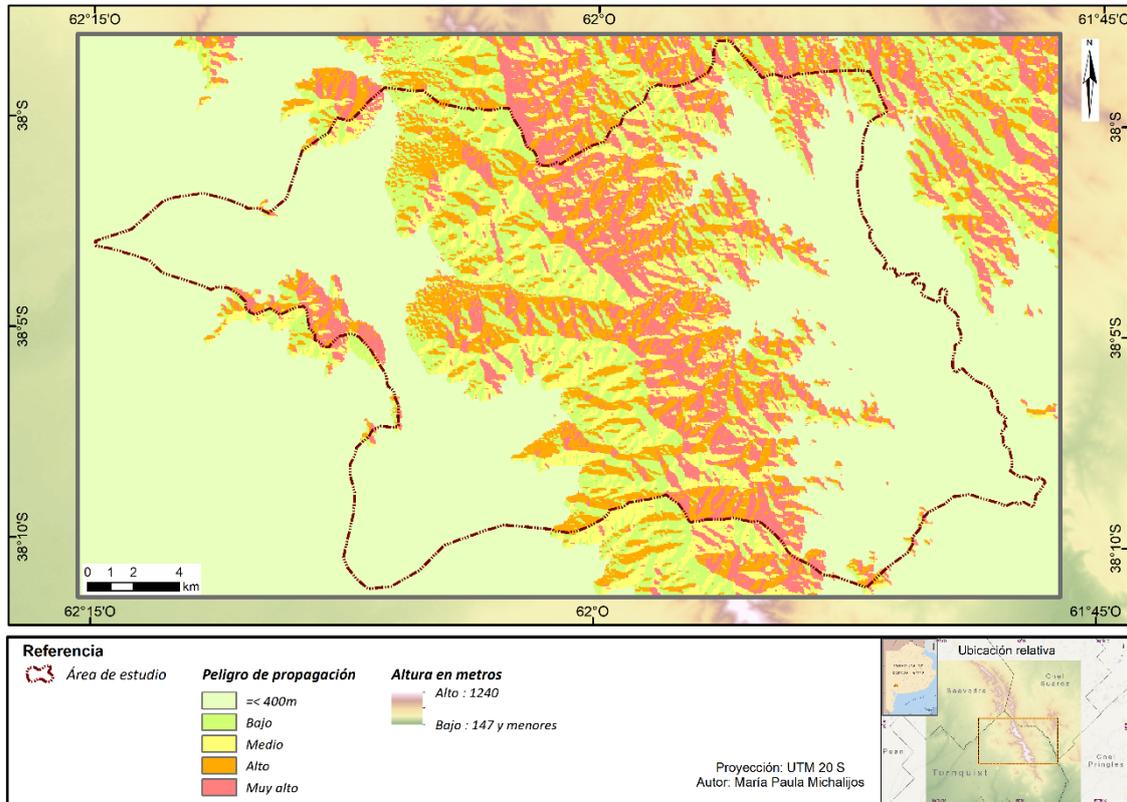
Este mapa se analizó en conjunto con la figura 3.38 que representa el grado de iluminación de las pendientes, se determinó que las laderas que reciben mayor luminosidad son las NE-E y por lo tanto, las que poseen menor humedad, dato que se corrobora con los resultados obtenidos en el cálculo de humedad del combustible (Fig. 3.20). Las laderas SO-O presentan los valores más altos de sombra y por consiguiente mayor humedad. Al contrario las orientaciones N-NO y SE-S poseen valores intermedios, siendo estas últimas un poco más húmedas. Es decir, que las vertientes que presentan menor peligro son las SO-O, con valores medios SE-E, altos N-NO y muy altos NE-E (fig. 3.39).

Figura 3.38. Mapa de iluminación



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

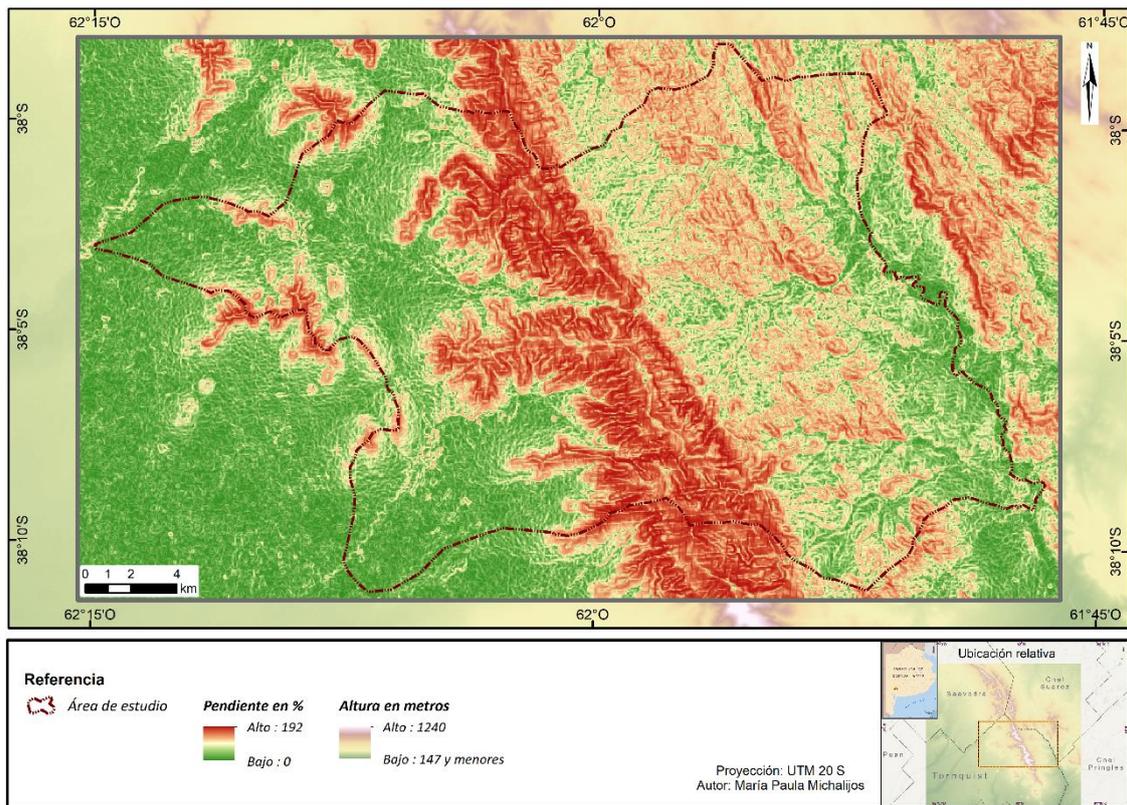
Figura 3.39. Peligro de propagación asociado a la orientación e iluminación de la pendientes



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Con respecto al análisis de las pendientes (Fig. 3.40) los valores oscilan entre 0 y 192%. En la llanura que rodea a las sierras la inclinación no supera el 13%, mientras que en la Sierra de la Ventana se encuentran los máximos porcentajes coincidiendo con las mayores alturas del área. Siguiendo el procedimiento utilizado con la variable orientación, se procedió a clasificar las pendientes en cuatro clases, para ello se modificó la propuesta de Van Zuidam y Cancelado (1979) (Tabla 3.18). Se unificaron las pendientes menores a 13%, que corresponden a las áreas de llanura, y las mayores a 56% por tener una escasa representación, abarcando estas últimas, solamente el 2,81% de la superficie. Las áreas montañosas no se modificaron, allí las condiciones del viento alteran el avance del fuego (Tabla 3.18 y Fig. 3.41).

Figura 3.40. Pendientes en un sector de la Sierra de la Ventana



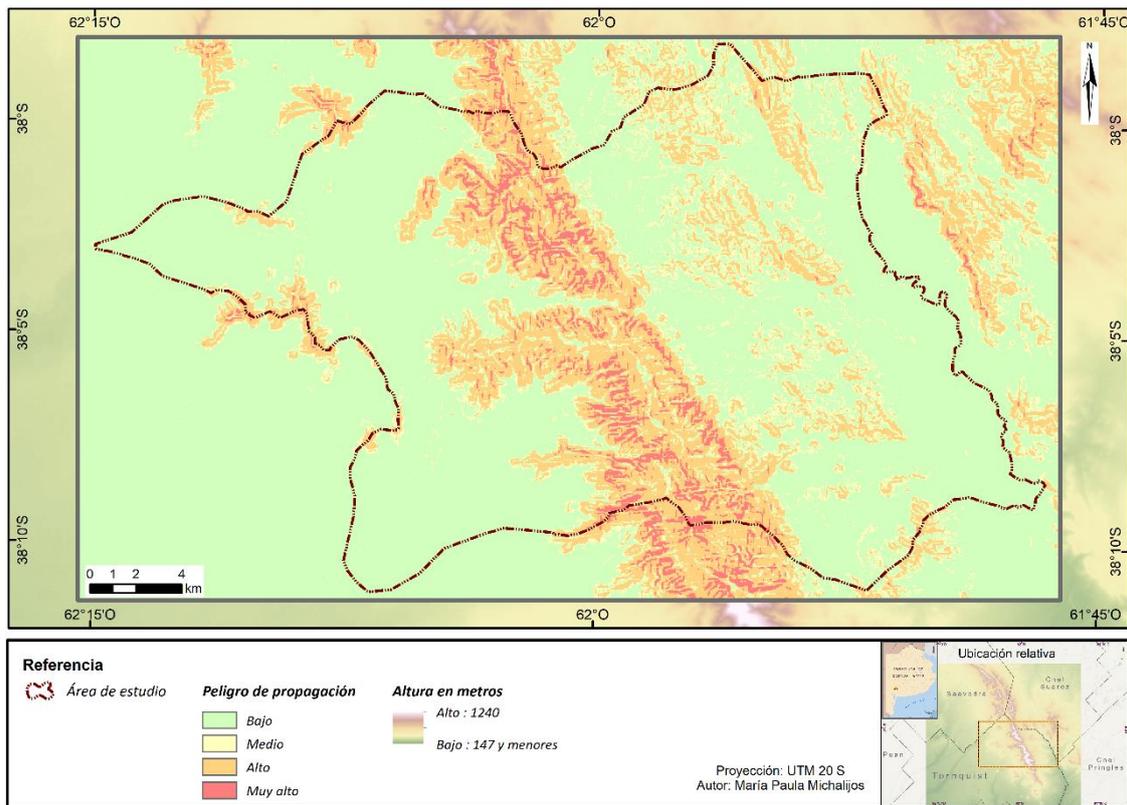
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Tabla 3.18. Clasificación morfométrica

Tipos de relieve (Van Zuidam y Cancelado, 1979)	Pendiente (%)	Clasificación propuesta	Peligro de propagación
Plano o casi plano	0-2	Plano a ondulado	Bajo
Suavemente ondulado	3-7		
Ondulado	8-13		
Montuoso/moderadamente escarpado	14-20	Montuoso/moderadamente escarpado	Medio
Montuoso-diseccionado/escarpado	21-55	Montuoso-diseccionado/escarpado	Alto
Montañoso diseccionado/ muy escarpado	56-140	Montañoso	Muy alto
Montañoso/extremadamente escarpado	>140		

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Van Zuidam y Cancelado (1979), 2017.

Figura 3.41. Pendientes clasificadas

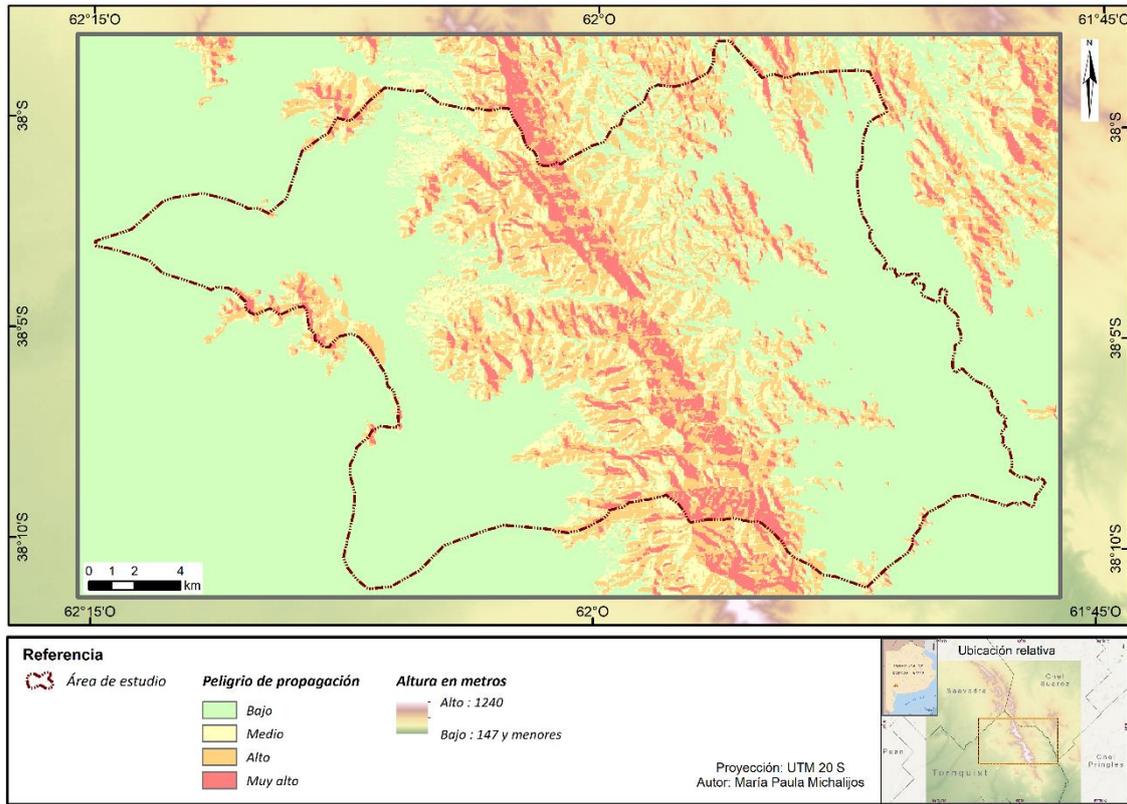


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

En la figura 3.42 se presenta la cartografía de peligro de propagación topográfico, que surge del álgebra de mapa entre la orientación de las pendientes, el grado de iluminación y las pendientes clasificadas. En la misma se observa que:

- las áreas de mayor peligro poseen pendientes superiores al 21% orientadas al N-NO y NE-E y el grado de iluminación es alto y muy alto;
- las zonas de peligro alto corresponden a relieves montañosos con orientaciones SO-O y SE-E e iluminación baja y media, a relieves montuosos escarpados de laderas SE-E y N-NO con iluminación media y alta y montuosos moderadamente escarpados del N-NO y NE-E con iluminación alta y muy alta;
- el peligro medio está representado por las pendientes SO-O y SE-E montuosas con iluminación baja y media;
- las zonas de menor peligro corresponden a las áreas planas y montuosas moderadamente escarpadas con laderas SO-O y de iluminación baja.

Figura 3.42. Peligro de Propagación asociado a la topografía



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y LA EXPOSICIÓN

1. Introducción
2. Materiales y métodos
3. Resultados
 - 3.1. Vulnerabilidad social en las localidades de la Sierra de la Ventana; 3.2. El impacto de los incendios forestales en las actividades económicas; 3.3. El avance de la urbanización en áreas forestales y su impacto en el aumento de la vulnerabilidad; 3.4. El rol de las instituciones del Estado y de las organizaciones no gubernamentales; 3.5. Vulnerabilidad ecológica: las consecuencias de la modificación del régimen del fuego en la regeneración del pastizal;
 - 3.6. Exposición

1. Introducción

El análisis de las características de la población ayuda a comprender el nivel de vulnerabilidad social, dado que los factores socioeconómicos, habitacionales, sanitarios y físicos predisponen a la sociedad a afrontar y superar una catástrofe de determinada manera. Estos factores se manifiestan en el espacio conformando diferentes peligrosidades y vulnerabilidades (Calvo y Viand, 2015). Una sociedad con sus necesidades básicas satisfechas podrá percibir riesgos que no estén asociados únicamente a lo económico y además, estará interesada en prepararse sobre cómo actuar ante un peligro.

También es importante estudiar por un lado, las particularidades de la localización de los asentamientos y de las actividades económicas en zonas de riesgo para determinar acciones de prevención. Por otro lado, la capacidad de los empresarios para afrontar los peligros y determinar su vulnerabilidad.

La estructura y organización de las instituciones del Estado son fundamentales para comprender el concepto bajo análisis. Por ello, es necesario conocer la vulnerabilidad institucional, que se define como las dificultades de las instituciones del Estado dedicadas a la prevención y mitigación de riesgos, y las políticas sociales y económicas destinadas a disminuir la vulnerabilidad de la población (Calvo y Viand, 2015).

Si bien, el fuego es vital para la renovación y rejuvenecimiento de la vegetación en muchos ecosistemas del mundo, éste posee diferentes efectos sobre la biota como consecuencia de la gran complejidad que presentan las comunidades vegetales. Su destrucción constituye el efecto más inmediato y de mayor envergadura ecológico-paisajística. La respuesta post-fuego varía de acuerdo a la severidad de quemado y a la habilidad de las especies para tolerar el fuego y de sus mecanismos de regeneración, es decir, que cada especie posee una vulnerabilidad específica (Bran *et al.*, 2007).

Después de un incendio, los ecosistemas adaptados al fuego, producen una intensa profusión de los mecanismos de rebrotación y germinación de las especies preexistentes, que en gran medida determinan el ritmo e intensidad del proceso de recuperación ecológica (Jiménez Ruano, *et al.*, 2016). Esta se define como “el retorno de una población biológica o comunidad con algún aspecto de su condición inicial después de introducir un factor de estrés o perturbación (Fernández Méndez *et al.*, 2016: 144)”.

Por último, es necesario conocer que personas y bienes son vulnerables a determinadas peligrosidades, para ello se debe estudiar la distribución de bienes, personas, procesos, aspectos y eventos físico-materiales que puedan ser afectados y a la vez afectar a la

configuración de riesgo. El diagnóstico de la exposición es la materialización en el territorio de la construcción social y territorial del riesgo (Natenzon, 2015).

2. Materiales y métodos

La vulnerabilidad social se analiza a partir de las características demográficas (composición de la población por edad y ocupación) y de las Viviendas. Los datos se obtuvieron del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (2010) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) de la República Argentina.

El estudio de estas características requiere de la definición de los siguientes conceptos (INDEC, 2010): Población Pasiva Transitoria (PPT) que comprende a la población menor de 14 años, Población Económicamente Activa (PEA) cuyas edades oscilan entre 15 y 64 años y aporta la fuerza de trabajo, y Población Pasiva Definitiva (PPD) que reúne a los mayores a 65 años. Además, se analiza el analfabetismo el cual se entiende como la capacidad de leer, escribir y comprender una frase sencilla sobre la vida cotidiana en cualquier idioma.

La última variable relacionada a las características de la población es su condición de actividad, que comprende a la PEA que al momento del período de referencia adoptado por el Censo, estuvo:

- a) ocupada: población que durante por lo menos una hora en la semana anterior a la fecha de referencia del censo desarrolló cualquier actividad (paga o no) que genera bienes o servicios para el “mercado”. Incluye a quienes realizaron tareas regulares de ayuda en la actividad de un familiar, reciban o no una remuneración por ello y a quienes se hallaron en uso de licencia por cualquier motivo. Se excluye de la actividad económica los trabajos voluntarios o comunitarios que no son retribuidos de ninguna manera.
- b) desocupada: es la población que no hallándose en ninguna de las situaciones descriptas, desarrolló, durante las cuatro semanas anteriores al día del censo, acciones tendientes a establecer una relación laboral o iniciar una actividad empresarial.
- c) Económicamente inactiva: comprende a la población de 14 y más años no incluida en la población económicamente activa. Incluye a jubilados, estudiantes y otras situaciones.

Con respecto al análisis de las viviendas se tuvo en cuenta la tenencia, la tipología, la calidad constructiva, la conexión a servicios básicos y el hacinamiento. La tenencia se

refiere al conjunto de normas jurídico-legales o de hecho en virtud de los cuales el hogar ocupa toda o parte de una vivienda. Las categorías que se consideran son:

- a) Propietario de la vivienda y del terreno: la vivienda y el terreno, pertenecen a alguno/s de los integrantes del hogar. El hogar tiene capacidad (garantizada legalmente) para disponer de la vivienda y del terreno.
- b) Inquilino: el hogar paga por la utilización de toda o parte de una vivienda (anual, mensual, quincenal, etc.), independientemente de que medie un contrato legal.
- c) Otros: engloba a las situaciones que no cumplen ninguna de las dos condiciones anteriores.

Las viviendas pueden ser de tipo A: casa con salida directa al exterior (sus habitantes no pasan por pasillos o corredores de uso común) construida originalmente para que habiten personas. Generalmente tiene paredes de ladrillo, piedra, bloque u hormigón. No tiene condiciones deficitarias. Tipo B: vivienda que presenta al menos una de las siguientes condiciones deficitarias: tiene piso de tierra o ladrillo suelto u otro material (no tiene piso de cerámica, baldosa, mosaico, mármol, madera, alfombra, cemento o ladrillo fijo), o no tiene provisión de agua por cañería dentro de la vivienda, o no dispone de inodoro con descarga de agua.

La calidad constructiva de la vivienda se analizó en función de los materiales con los que está construida y su conexión a servicios básicos (agua de red y desagüe). Se clasifica en: satisfactoria cuyos materiales son resistentes, sólidos y con la aislación adecuada, disponen de cañerías dentro de la vivienda y de inodoro con descarga de agua; básica, cuando no cuentan con elementos adecuados de aislación o tienen techo de chapa o fibrocemento pero poseen cañerías dentro de la vivienda y de inodoro con descarga de agua; e insuficiente cuando no cumplen ninguna de las dos condiciones anteriores.

La conexión a servicios básicos se refiere a las instalaciones con que cuentan las viviendas para su saneamiento. Se divide en: satisfactoria al disponer de agua a red pública y desagüe cloacal; básica para aquellas viviendas que disponen de agua de red pública y el desagüe es a pozo con cámara séptica; e insuficiente cuando las viviendas no cumplen ninguna de las dos condiciones anteriores. Por último, se entiende por hacinamiento al cociente entre la cantidad total de personas del hogar y la cantidad total de habitaciones o piezas de que dispone el mismo (sin contar baño/s y cocina/s).

El análisis de la vulnerabilidad social se completó con el estudio del comportamiento de la población ante un peligro de incendio y de las actividades de prevención que realizan. Para ello, se realizaron encuestas a los residentes de las localidades de Villa

Ventana y Sierra de la Ventana. El cuestionario utilizado es precodificado con respuestas preestablecidas, cerradas o de alternativas múltiples y post-codificado cuyas respuestas están formuladas libremente con las palabras y términos del encuestado (Ander-Egg, 1986) (Anexo).

El tamaño de la muestra se calculó a partir de la fórmula propuesta por Murray y Larry (2009):

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2(N - 1) + Z^2 \sigma^2} \quad (21)$$

Donde n es el tamaño de la muestra poblacional a obtener, N es el tamaño de la población total, σ representa la desviación estándar de la población. En caso de desconocer este dato es común utilizar un valor constante que equivale a 0,5, Z es el nivel de confianza y por último, e representa el límite aceptable de error muestral.

En Villa Ventana y Sierra de la Ventana la aplicación de la fórmula determinó una muestra de 61 y 66 individuos respectivamente con un margen de error del 10% y un nivel de confianza del 90%.

La vulnerabilidad económica se estudió a través del nivel de ocupación de la población y de la capacidad de los propietarios de emprendimientos turísticos y productores agropecuarios para enfrentar las consecuencias de los incendios forestales. Para ello, se realizaron entrevistas semiestructuradas a informantes clave, se analizaron artículos periodísticos y estadísticas de visitantes con el objetivo de evaluar la asistencia recibida por parte de las autoridades municipales y provinciales.

La vulnerabilidad institucional comprende a las instituciones educativas, gubernamentales y a las asociaciones de bomberos voluntarios. Para su análisis se realizaron entrevistas semiestructuradas a funcionarios públicos, a directivos de los establecimientos educativos de los tres niveles existentes en el área (inicial, primaria y secundaria) y a bomberos voluntarios de Tornquist, Villa Ventana y Sierra de la Ventana y encuestas a los residentes. El objetivo es conocer qué tipo de medidas preventivas contra incendios forestales se realizan.

La vulnerabilidad física se evaluó según los índices de ocupación, colindancia y dispersión de Aragonese y Rábade (2008), los cuales tienen en cuenta la localización de los asentamientos humanos y de las actividades económicas en zonas forestales. Como se explicó en el capítulo I, en la presente investigación se consideran áreas forestales a las

zonas que poseen vegetación no agrícola. Cada índice posee una valoración en tres niveles (bajo, medio y alto), sin embargo dado las características del área de estudio y siguiendo la metodología utilizada en esta investigación se modificó la propuesta y se amplió a cuatro categorías (bajo: 1, medio: 2, alto: 3 y muy alto: 4).

La ocupación se refiere al grado de presencia de la población y a la localización de emprendimientos turísticos en sistemas forestales, mayor ocupación implica más superficie construida y por lo tanto mayor grado de vulnerabilidad y exposición (Tabla 4.1). Su cálculo se realiza considerando la superficie construida (m²) cercana a áreas forestales. Para cuantificarla se realizaron observaciones en campo y se llevó a cabo un análisis visual de imágenes de alta resolución (Google Earth Pro[®]).

Tabla 4.1. Índice de ocupación

Ocupación	Valor (m ²)	Índice
Bajo	0-25.000	1
Medio	25.000-50.000	2
Alto	50.000-100.000	3
Muy alto	>100.000	4

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Aragonese y Rabade (2008), 2017.

La colindancia indica si las áreas construidas limitan o colindan con sectores forestales. Su cálculo se realiza en función del porcentaje del perímetro común entre ambos, cuanto mayor es el porcentaje mayor será su vulnerabilidad y exposición (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Índice de colindancia

Colindancia	Valor (%)	Índice
Bajo	0-25	1
Moderado	25-50	2
Alto	50-75	3
Muy alto	75-100	4

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Aragonese y Rabade (2008), 2017.

La dispersión es la proximidad o lejanía entre los centros urbano-turísticos y los emprendimientos turísticos ubicados en las áreas forestales e influye en la vulnerabilidad y en la concentración de medidas preventivas. Su determinación se realiza a partir del

cálculo de la distancia entre los centros de gravedad de los polígonos que representan a cada asentamiento o emprendimiento en superficies forestales. A mayor dispersión mayor distancia entre ellos (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Índice de dispersión

Dispersión	Valor (km/número de polígonos)	Índice
Bajo	0-50	1
Medio	50-250	2
Alto	250-500	3
Muy alto	>500	4

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Aragonese y Rabade (2008), 2017.

El estudio de la capacidad de regeneración del pastizal pampeano se realizó con la asistencia de la teledetección dado que permite un seguimiento continuo de la totalidad del área analizada. De esta manera, se reducen las salidas periódicas a campo en zonas extensas y de difícil acceso con resultados fiables (Díaz Delgado y Pons, 1999).

Se utilizaron cuatro imágenes del sensor OLI-TIRS de la plataforma Landsat 8 (cedidas por CONAE), la primera (23 de diciembre de 2013) corresponde a días previos al incendio del 29 de diciembre de 2013, la segunda corresponde a la imagen inmediata posterior al evento (15 de enero de 2014) y la dos últimas al 9 de febrero y 14 de abril a un mes y a tres meses del incendio. Se realizó el NDVI con el objetivo de analizar la evolución de la vegetación en sectores quemados, las muestras se tomaron en el pastizal serrano. Este índice, como se mencionó en el capítulo III, es un buen indicador de la salud y de la actividad vegetal. En este sentido, Chuvieco (2008) demostró su utilidad al estudiar los efectos del fuego sobre la vegetación, mientras que Pascual y Moreno (2001), Díaz Delgado (2003) y Jiménez Ruano *et al.*, (2016) han señalado su eficiencia en la evaluación de la regeneración postincendio.

Una vez obtenidos los índices se convirtieron los archivos vectoriales en raster para poder aplicar operaciones locales con la función álgebra de mapas. Por último, se elaboró una matriz de relación para obtener el mapa de vulnerabilidad.

La exposición de las instalaciones se analizó relacionando, los datos referidos al peligro de ignición (antropogénico, humedad del combustible y ocurrencia de incendios), peligro de propagación (elementos meteorológicos, modelos de combustible y topografía) y vulnerabilidad. Cada variable posee una escala valorativa de cuatro clases: bajo, medio,

alto y muy alto, y en base a ella se establece el grado de exposición. Finalmente la información resultante se cartografía para obtener el mapa de exposición.

3. Resultados

3.1 Vulnerabilidad social en las localidades de la Sierra de la Ventana

Del análisis de los datos del censo 2010 (Tabla 4.4) se observa que en las tres localidades el porcentaje de PPT oscila entre el 20 y el 23%, la PEA constituye más del 60% y la PPD equivale a menos del 15%. De estas cifras se desprende la tasa de dependencia, Villa Ventana es la localidad que presenta el valor más bajo con el 48%, es decir que cada 100 habitantes existen 48 que dependen económicamente de ellos. Sierra de la Ventana y VSLG evidencian una dependencia alta con el 55 y 57 % respectivamente. El analfabetismo, en la PEA, tiene valores muy bajos, en las localidades de VSLG y Villa Ventana no se registran casos y en Sierra de la Ventana solo el 1% no sabe leer ni escribir.

En las tres localidades el porcentaje de PEA ocupada es alto, superando el 75%. VSLG y Villa Ventana son los asentamientos que poseen las cifras más elevadas con 84% y 83% respectivamente, mientras que Sierra de la Ventana presenta el 76%. La población desocupada es inferior al 4% y la inactiva oscila entre el 12% (VSLG) y el 22% (Sierra de la Ventana).

El régimen de tenencia de la vivienda para los propietarios de la vivienda y terreno varía entre el 62 % (Sierra y Villa Ventana) y el 75% (VSLG), los inquilinos representan el 5% en VSLG, el 24% en Villa Ventana y el 29% en Sierra de la Ventana. La conexión a servicios básicos en general es básica e insuficiente dado que no existe red cloacal (Tabla 4.5).

Las viviendas tipo A poseen un porcentaje muy alto, en Sierra y Villa de la Ventana alcanzan el 97% y en VSLG el 84%. Su calidad constructiva es satisfactoria en el 88% de los casos en Sierra y Villa Ventana y en el 75% en VSLG; es básica en el 11 y 10% de las viviendas en Sierra y Villa Ventana respectivamente y del 25% en VSLG. La calidad insuficiente representa menos del 2% (Tabla 4.6).

En las viviendas tipo B predomina la construcción insuficiente (43% en Villa, 91% en Sierra y 100% en VSLG) y básica (57% en Villa, 25% en VSLG y 9% en Sierra) (Tabla 4.6). El hacinamiento en las tres localidades presenta valores muy bajos, entre el 48% y 57% de las viviendas existe un cuarto por persona y en menos del 1% habitan más de tres personas por cuarto (Tabla 4.7).

Tabla 4.4. Indicadores socioeconómicos de la población

Localidades	Grandes Grupos Etarios (%)			Tasa de dependencia	Ocupación PEA			Sabe leer y escribir (PEA)	
	PPT	PEA	PPD		Ocupada	Desocupada	Inactiva	Si	No
VSLG	23	64	13	57	28	1	4	33	
Villa Ventana	20	67	13	48	324	11	53	388	
Sierra de la Ventana	21	64	15	55	1032	31	295	1345	13

Fuente: elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a datos del INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, procesado con Redatam+SP, 2017.

Tabla 4.5. Tenencia de la tierra y calidad de conexión a servicios básicos

Localidades	Régimen de tenencia			Calidad de conexión a servicios básicos (%)		
	Propietario vivienda y terreno	Inquilino	Otro	Satisfactoria	Básica	Insuficiente
VSLG	15	1	4	---	---	100
Villa Ventana	150	59	33	1	73	27
Sierra de la Ventana	509	238	72	2	76	22

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a datos del INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, procesado con Redatam+SP, 2017.

Tabla 4.6. Tipo y calidad de la vivienda

Tipo de vivienda	%	Calidad constructiva (%)		
		Satisfactoria	Básica	Insuficiente
VSLG				
Tipo A	84	75	25	---
Tipo B	16	---	---	100
Villa Ventana				
Tipo A	97	88	10	2
Tipo B	3	---	57	43
Sierra de la Ventana				
Tipo A	97	88	11	1
Tipo B	3	---	9	91

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a datos del INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, procesado con Redatam+SP, 2017.

Tabla 4.7. Hacinamiento

Localidades	Hacinamiento (%)			
	1 persona por cuarto	2 personas por cuarto	3 personas por cuarto	+ 3 personas por cuarto
VSLG	50	40	10	---
Villa Ventana	57	33	8	1
Sierra de la Ventana	48	38	13	1

Fuente: elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a datos del INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, procesado con Redatam+SP, 2017.

Con respecto a las acciones que debe llevar a cabo la población ante una emergencia, la mayoría aseguró saber actuar. En Villa Ventana el 33% sale corriendo, el 38% llama a los bomberos, el 16% ayuda en las tareas de extinción, el 11% intenta

apagar el fuego y solamente el 6% espera indicaciones de los bomberos. En Sierra de la Ventana el 36% llama a los bomberos, solo dos encuestados manifestaron esperar las indicaciones de los combatientes y el porcentaje restante corresponde a: salir corriendo, asistir a los bomberos, autoevacuarse y juntar agua.

En Villa Ventana, el 69% desconoce el punto de encuentro (Centro Productivo N° 12), de los que afirman conocerlo el 100% mencionó el cuartel de bomberos y el 4% la plaza, la entrada, la delegación y la comisaría. Ninguno señaló a la escuela e incluso uno de ellos manifestó que no va a dirigirse a ella porque el establecimiento no tiene salida.

En cuanto a las tareas de prevención (mantener la limpieza de terrenos, encender fuego solo en lugares permitidos, apagar correctamente las fogatas/asados, no arrojar residuos en lugares no permitidos) el porcentaje de realización es muy alto, el 93% de los encuestados las lleva a cabo en Villa Ventana. Las respuestas negativas son por desconocimiento dado que el tiempo de residencia es inferior a un año. En Sierra de la Ventana el 93% mantiene la limpieza de terrenos, el 86% apaga correctamente las fogatas/asados y el 79% arroja residuos y enciende fuego solo en lugares permitidos.

En referencia a la participación en simulacros de evacuación, más del 80% de los encuestados nunca asistió a dicha actividad. Las respuestas afirmativas corresponden a personas que realizaron la simulación en otras localidades. Sin embargo en Villa todos demostraron interés en participar, mientras que en Sierra lo hizo el 79%. Por último, a pesar de la importancia que reviste la problemática de los incendios forestales solo el 36% y el 29% en Villa y Sierra de la Ventana respectivamente poseen seguros contra incendios.

3.2 El impacto de los incendios forestales en las actividades económicas

Las actividades económicas predominantes están relacionadas con el turismo, la agricultura y ganadería. Con respecto a los emprendimientos turísticos los propietarios, en general, poseen seguro contra incendios, sin embargo, las consecuencias de un incendio no se limitan a los daños materiales. El paisaje se ve seriamente afectado, disminuyendo la afluencia de turistas y recreacionistas. En este sentido, la propietaria de un emprendimiento turístico manifestó "...la destrucción de los pastizales se revierte (...) pero las pérdidas son muy importantes para todos los que vivimos acá" (La Nueva Provincia, 2014).

Esta situación, se observa en las estadísticas de visitantes del PPET y de las oficinas de informes turísticos de Villa y Sierra de la Ventana. En 2013 visitaron la reserva 58020 personas, en 2014, tras el incendio desatado el 29 de diciembre del año anterior, la cifra

descendió a 55020 y un año después del fuego, en 2015, se elevó a 68433. En las oficinas mencionadas se registró el mismo comportamiento, en enero y febrero de 2013, 14597 y 13461 personas respectivamente buscaron asesoramiento turístico, mientras que en el mismo período pero de 2014 lo hicieron 12518 y 11011.

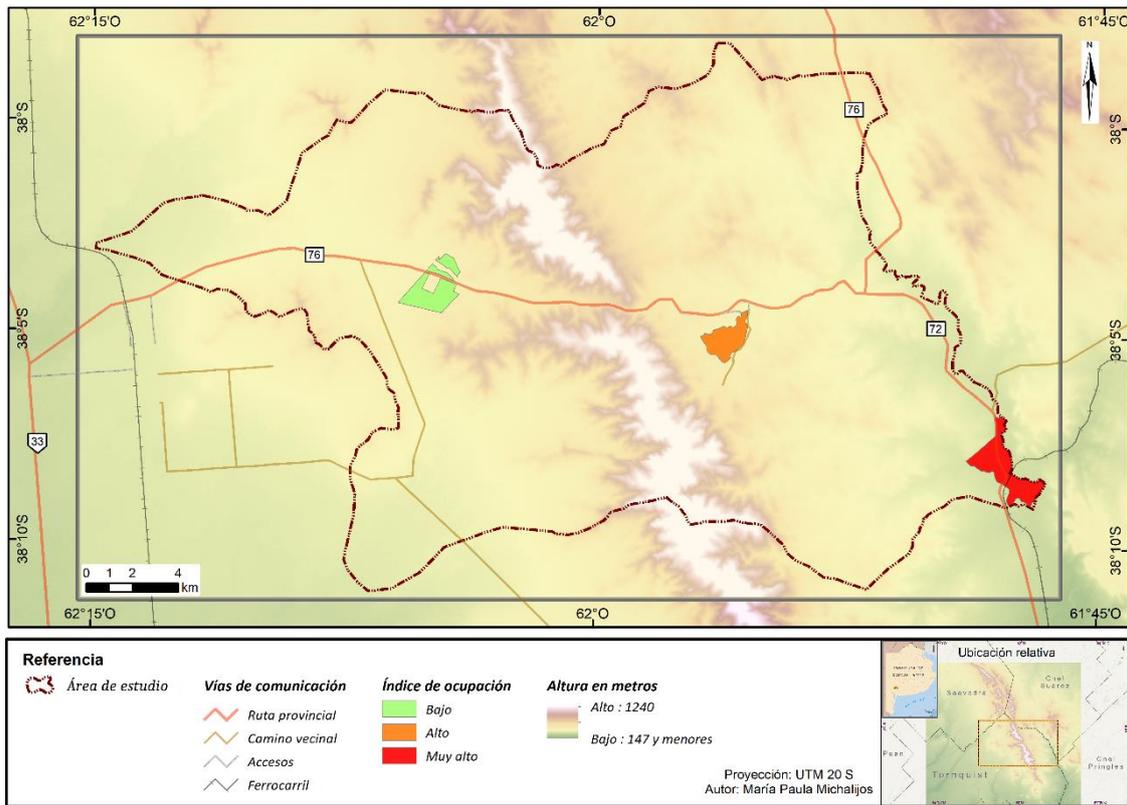
El contexto de los productores agropecuarios es diferente dado que en condiciones de desastre reciben asistencia por parte del Estado. Para analizar su vulnerabilidad se estudia el escenario posterior al incendio de diciembre de 2013, considerado el mayor de la historia de la provincia de Buenos Aires y puso en marcha los mecanismos de asistencia a damnificados. Una vez extinguido el fuego comenzaron los esfuerzos por atender la emergencia, representantes de la Comisión de Emergencia y Desastre Agropecuario de Buenos Aires (CEDABA), de la Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires (ARBA), del Ministerio de Asuntos Agrarios, del Ministerio de producción, Ciencia y Tecnología, de la Municipalidad de Tornquist se reunieron para coordinar las medidas de ayuda. Entre ellas se destacan: exenciones al impuesto inmobiliario (el gobierno provincial actuó de oficio), programa de reforestación, subsidios para reparar alambrados y bebederos, asistencia crediticia, prórrogas en el pago de impuestos y la reprogramación de obligaciones con el Banco de la Provincia de Buenos Aires. Sin embargo los productores consideran que las medidas fueron insuficientes.

3.3 El avance de la urbanización en áreas forestales y su incidencia en el aumento de la vulnerabilidad

La figura 4.1 representa el grado de ocupación, en ella se observa que en Sierra de la Ventana la superficie construida es muy alta, su planta urbana está compuesta por 151 manzanas con un promedio de 2000 m² construidos en cada una de ellas. Es el asentamiento más poblado, según el INDEC en 2010 contaba con 2165 habitantes. Por su parte, Villa Ventana posee una ocupación alta, está formada por 79 manzanas y una construcción media en cada una de ellas de 900 m². Se caracteriza por presentar una gran forestación y ser promocionada como una villa agreste.

Por último, con menor cantidad de metros construidos (< 25000) se encuentran VSLG y San Andrés de las Sierras, la primera con 38 manzanas, ninguna de ellas completamente construida y dos sin edificaciones. La segunda es una urbanización muy incipiente (34 manzanas), considerada zona rural cuyas edificaciones corresponden principalmente a equipamiento turístico.

Figura 4.1. Índice de ocupación

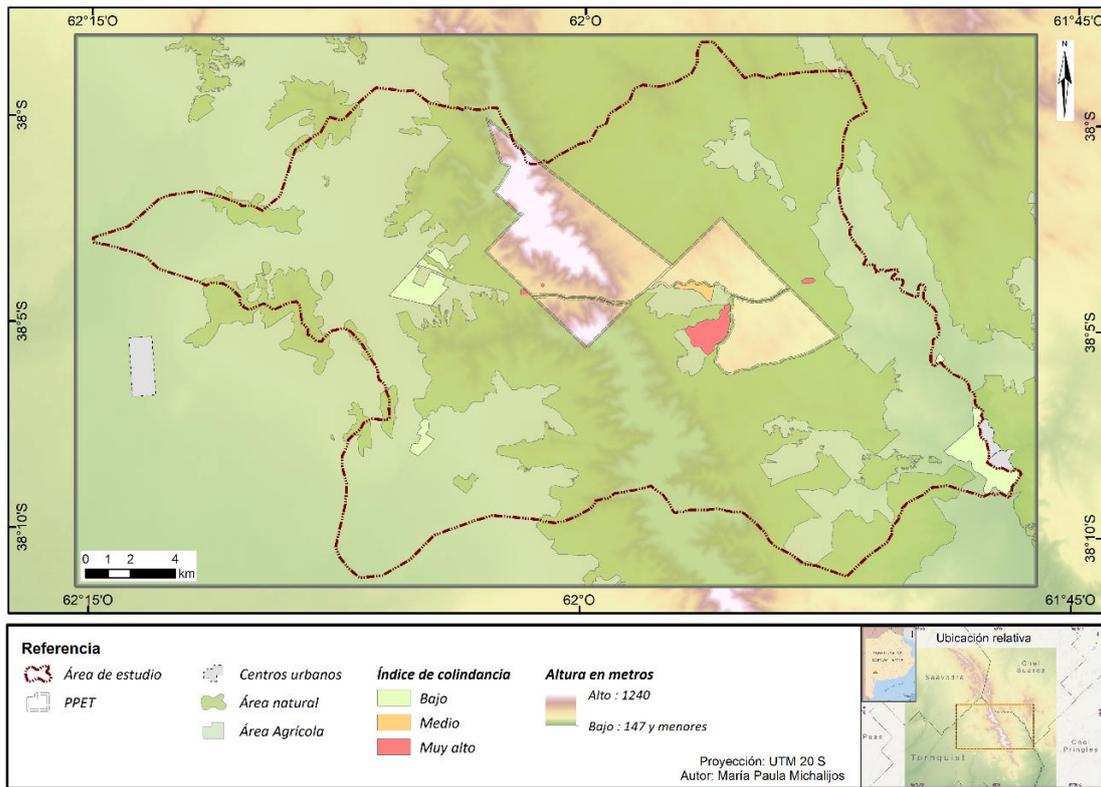


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

La figura 4.2 representa el índice de colindancia, en ella las áreas que registran los valores más altos (>75%) corresponden a: Villa Ventana (dado que se encuentra rodeada por el PPET, salvo en su límite sur donde se desarrollan cultivos), el camping Campamento Base por situarse dentro de la reserva, y sobre la RP 76 el Mirador Complejo Turístico, camping y cabañas El Pinar y Casa de Piedra. Con colindancia moderada (25-50%) se encuentra la Ea. Las Vertientes, con menos del 25% Fundación Funke, Cerro de la Cruz y las localidades de Sierra de la Ventana, VSLG y San Andrés de la Sierra, todas limitadas principalmente por tierras dedicadas a la actividad agropecuaria.

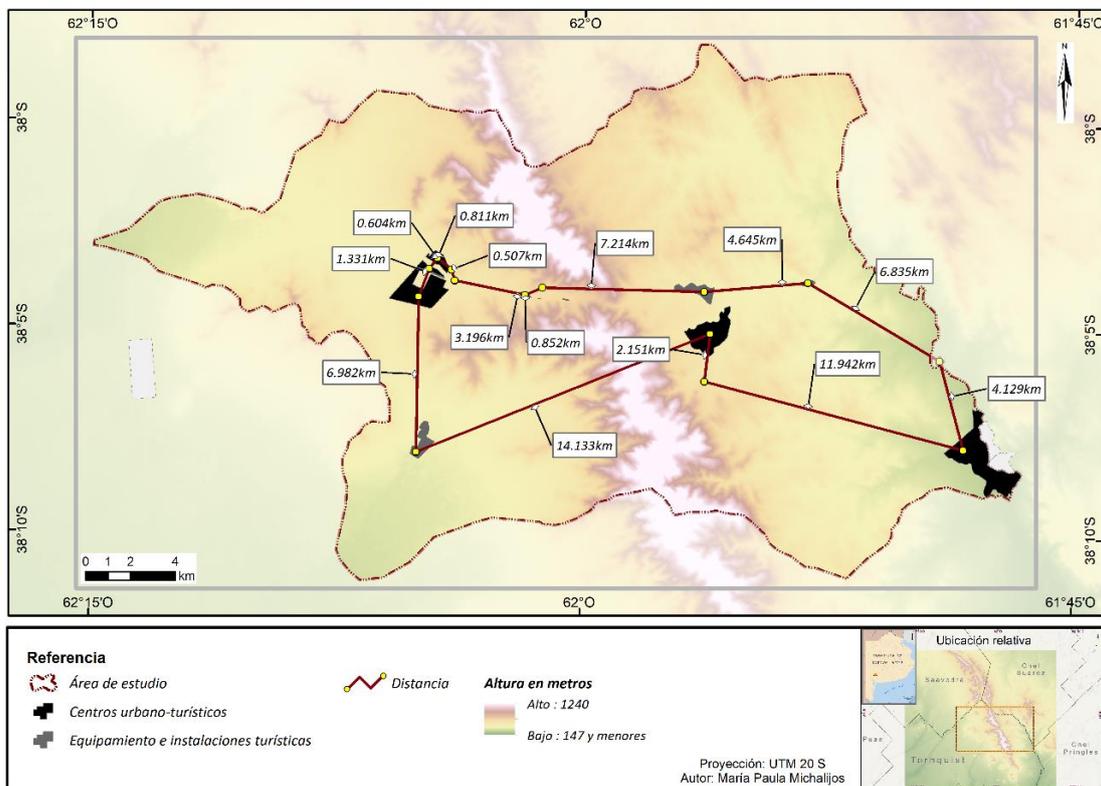
Con respecto al índice de dispersión (Fig. 4.3), su cálculo se realizó teniendo en cuenta la distancia entre las localidades y los establecimientos turísticos. Su valor es 4,66, es decir, poco disperso, indicando que las medidas tendientes a la mitigación de los incendios estarán concentradas en el espacio.

Figura 4.2. Índice de colindancia



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Figura 4.3. Índice de dispersión



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

3.4 El rol de las instituciones del Estado y de las organizaciones no gubernamentales

Con respecto a la preparación de la población ante el peligro de incendios, no se desarrollan programas de prevención en las localidades analizadas. Solo están señalizados los sitios donde está prohibido encender fuego (Fig. 4.5), y existen relojes que indican el grado de riesgo de incendio en las entradas del PPET (Fig. 4.6). En la banquina de la RP 76 se encuentran carteles con el número telefónico de los bomberos para avisar en caso de observar fuego, sin embargo en varios sectores de las sierras, de Villa Ventana y de VSLG no hay señal de telefonía móvil.

Figura 4.5. Señalética de prevención de incendios en Villa Ventana y en la RP 76



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

Figura 4.6. Señalética de riesgo de incendio en el PPET



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

En Villa Ventana, el Centro Productivo para la Producción Total N°12 (institución educativa de nivel secundario) realiza dentro de su predio simulacros de evacuación ante incendios con sus alumnos y docentes. Este centro es el punto de reunión hacia donde deben dirigirse los residentes ante una emergencia dado que se considera un sitio estratégico por su localización, en el sector posterior y de mayor altura de la villa, y por la amplitud de sus instalaciones. Sin embargo, no cuenta con una salida independiente de la villa.

Además de la escuela mencionada, existe un jardín de infantes y un establecimiento de educación primaria, en ellos no se realizan actividades de prevención de riesgos de incendios ni simulacros de evacuación. Según las autoridades los alumnos conocen “un poco” la problemática porque sus familiares y/o amigos pertenecen al cuerpo de bomberos voluntarios. Los directivos de todas las instituciones consultadas manifestaron interés en realizar actividades de prevención.

Sierra de la Ventana posee un jardín de infantes, una escuela primaria y una secundaria, en ningún establecimiento se realizan actividades relacionadas a la temática. Las autoridades del jardín manifestaron haber realizados simulacros de evacuación pero ante incendios urbanos, mientras que una docente de nivel medio cree posible, a partir de la reforma educativa, incorporar dentro de la currícula contenidos sobre incendios forestales en la comarca serrana.

La ciudad de Tornquist, desde el año 1961, cuenta con un cuartel de bomberos voluntarios compuesto por 45 personas (Fig. 4.7). El mismo está equipado para combatir incendios forestales, el equipamiento incluye dos autobombas 4x4, ambas modelo 70, con

capacidad para 2400 litros de agua y tres camionetas para transporte de personal modelos 2007.

A partir del año 2007 el cuartel trabaja en conjunto con el Plan Nacional de Manejo del Fuego, hoy Servicio Nacional de Manejo del Fuego (SNMF), bajo la jurisdicción de la Regional Pampeana (compuesta por las provincias de Mendoza, La Pampa y Buenos Aires). El SNMF equipó al cuartel con vestimenta especial para el combate de incendios forestales (chaquetones, camisas, pantalones antidesgarro y cascos), un batán que incluye una autobomba de alta presión que permite tomar agua de los arroyos, una manguera de 2 km para utilizar en las sierras y quemadores para realizar contrafuegos. Además, una autobomba 4x4 con capacidad para seis personas, con un tanque de 4.000 litros de agua y tubos de oxígeno. El mismo está rodeado de aspersores y un tanque de seguridad de 500 litros que, en caso de quedar rodeado por el fuego se activan para mojar la autobomba y proteger al personal. En Argentina existen cuatro autobombas con estas características, en Tornquist, Sierra de la Ventana, Monte Hermoso y en Formosa, es decir, que tres de ellas se encuentran a menos de 200 km de distancia del área de estudio. Por último, el SNMF tiene apostado en el Aeroclub de Tornquist un avión hidrante. Además del equipo mencionado, cuando la emergencia lo requiere, se utiliza maquinaria de la municipalidad como motoniveladoras para realizar los contrafuegos.

Figura 4.7. Instalaciones del cuartel de Bomberos Voluntarios de Tornquist



Fuente: <http://www.bomberostornquist.com.ar>

El cuartel de Bomberos Voluntarios de Villa Ventana (Fig. 4.8), fundado en el 30 de noviembre del 2000, es de carácter urbano, su jurisdicción se limita a la villa. Está compuesto por 25 voluntarios y 7 aspirantes, su equipamiento es para el combate de incendios de estructuras y para rescate, sin embargo posee un unimog para incendios

forestales con capacidad para seis personas, el cual está provisto con mochilas forestales y herramientas de combate (Fig. 4.9).

Figura 4.8. Instalaciones del cuartel de Bomberos Voluntarios de Villa Ventana



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

Figura 4.9. Equipamiento para el combate de incendios forestales



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

El cuartel de Bomberos Voluntarios de Sierra de la Ventana, fundado el 12 de octubre de 1973, cuenta con 40 bomberos activos y 10 hombres en reserva. Su equipamiento es principalmente para el combate de fuegos urbanos, sin embargo posee equipos para incendios forestales: 25 mochilas forestales de 20 litros, sopladoras, guachas, vestimenta especial (chaquetones, camisas, pantalones antidesgarro y cascos), máscaras y la autobomba en comodato (perteneciente al Servicio Nacional de Manejo de Fuego) antes mencionada.

Luego de analizar las características socioeconómicas de la población, las consecuencias de los incendios forestales en las actividades económicas, el avance de la

urbanización sobre áreas forestales y en el rol de las instituciones del Estado y de las no gubernamentales en la prevención del riesgo de incendio se elaboró el mapa de vulnerabilidad social y económica (Fig. 4.10 y Tabla 4.8). En él puede observarse que los residentes de Villa Ventana poseen vulnerabilidad muy alta, los de VSLG y San Andrés de la Sierra alta y los habitantes de Sierra de la Ventana media. Con respecto a las actividades económicas, los propietarios de emprendimientos turísticos poseen una valoración muy alta y los productores agropecuarios baja.

Figura 4.10. Vulnerabilidad social y económica

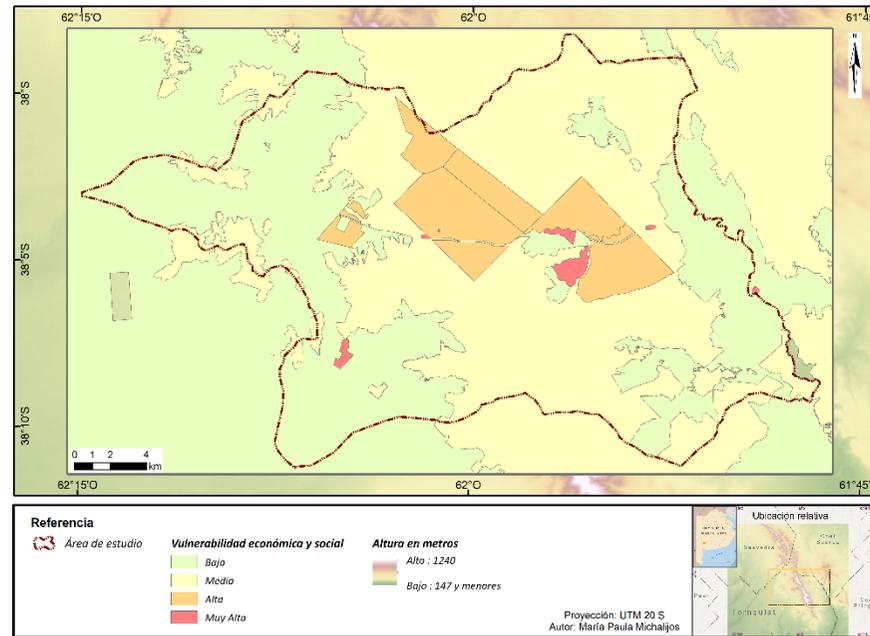


Tabla 4.8. Índice de vulnerabilidad social

Localidades	Índice de ocupación				Índice de colindancia				Planes de contingencia		Programas de prevención		Cuartel de bomberos			Características socio-económicas				Características habitacionales				Vulnerabilidad
	B	M	A	MA	B	M	A	MA	Si	No	Si	No	Si	No	Equipamiento Inc. forestales	B	M	A	MA	B	M	A	MA	
VSLG – San Andrés de la Sierra	X				X					X		X		X					X			X		Alta
Villa Ventana			X					X		X		X	X		X				X			X		Muy Alta
Sierra de la Ventana				X	X					X		X	X		X				X			X		Media

B -M -A -MA: Bajo – Medio – Alto - Muy Alto

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

3.5 Vulnerabilidad ecológica: las consecuencias de la modificación del régimen del fuego en la regeneración del pastizal

La recuperación de la vegetación se estudia a partir de la evolución del NDVI entre diciembre de 2013 y abril de 2014 (Fig. 4.11 a, b, c, d). En la tabla 4.8 se observa que el índice, días previos al incendio del 29 de diciembre de 2013, promedia 0,32, el valor es bajo para la fecha analizada y se explica debido a la escasez de precipitaciones que en octubre, noviembre y diciembre totalizaron 152,8 mm, mientras que para el mismo período de 2012 llovieron 332,5 mm. El 15 de enero, a diez días de controlado el fuego, en el área quemada el índice oscila entre 0,08 y 0,18, es decir debajo del umbral crítico para cubiertas vegetales (Chuvienco, 2008). En febrero (Fig. 4.11 e), a un mes del siniestro, se evidencia una rápida recuperación de la zona afectada con valores superiores a diciembre, el promedio es de 0,40 con un máximo de 0,51. Esta recuperación se debe a que la vegetación afectada corresponde al pastizal pampeano, las gramíneas poseen una densa red subterránea de raíces y la yema de crecimiento se encuentra en la base de la planta, por ello rebrotan fácilmente luego de los incendios. Además las abundantes lluvias durante enero y febrero (sumaron 157mm) aportaron la humedad necesaria para el proceso de recuperación de la vegetación.

Es importante destacar que el pastizal se encuentra amenazado por el avance de especies exóticas invasoras que producen daños a la biodiversidad. Ellas pueden transformar la estructura de los ecosistemas y afectar a las especies nativas por competencia, degradación o por cambios en las condiciones ecológicas de las que dependen (Sanhueza y Zalba, 2009). Numerosas especies de leñosas fueron introducidas en el PPET para enriquecer el paisaje natural del área, muchas de ellas han logrado establecer poblaciones autosustentables como los bosques mixtos de pinos de Aleppo y pinos de Monterrey. En 27 años la superficie de estos bosques ha aumentado en más de diez veces, el fuego pudo desencadenar la expansión, dado que el calor promueve la liberación de semillas de los conos de los pinos, reduciendo la capacidad competitiva del pastizal luego de un incendio (Zalba y Cazzaniga, 2002).

La retama (Fig. 4.12) es uno de los invasores más agresivos, forma machones muy densos que inhiben el desarrollo de otro tipo de vegetación. A medida que crecen, los tallos internos mueren de modo que los individuos viejos tienen una gran cantidad de materia seca. Esta especie generalmente se localiza a la vera de caminos por lo que son susceptibles a quemarse con frecuencia (Sanhueza y Zalba, 2009).

Figura 4.11. Evolución del NDVI entre diciembre de 2013 y abril de 2014

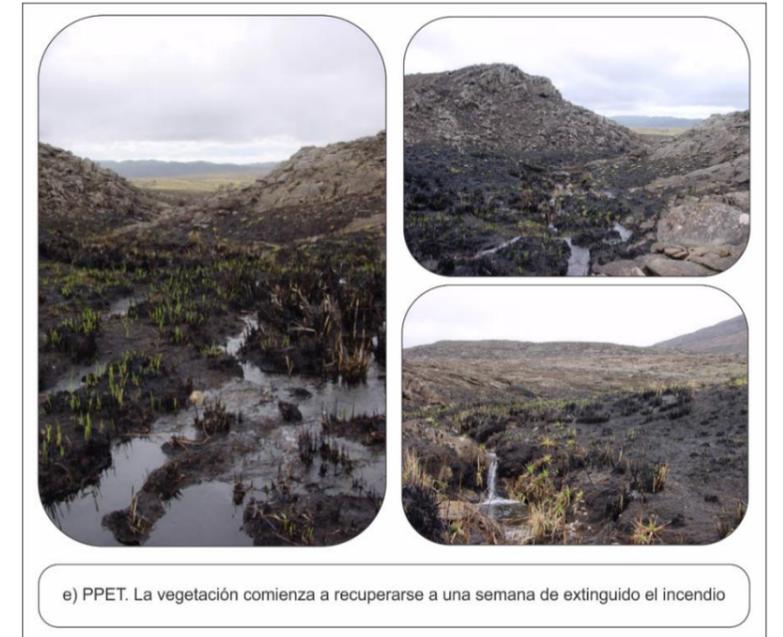
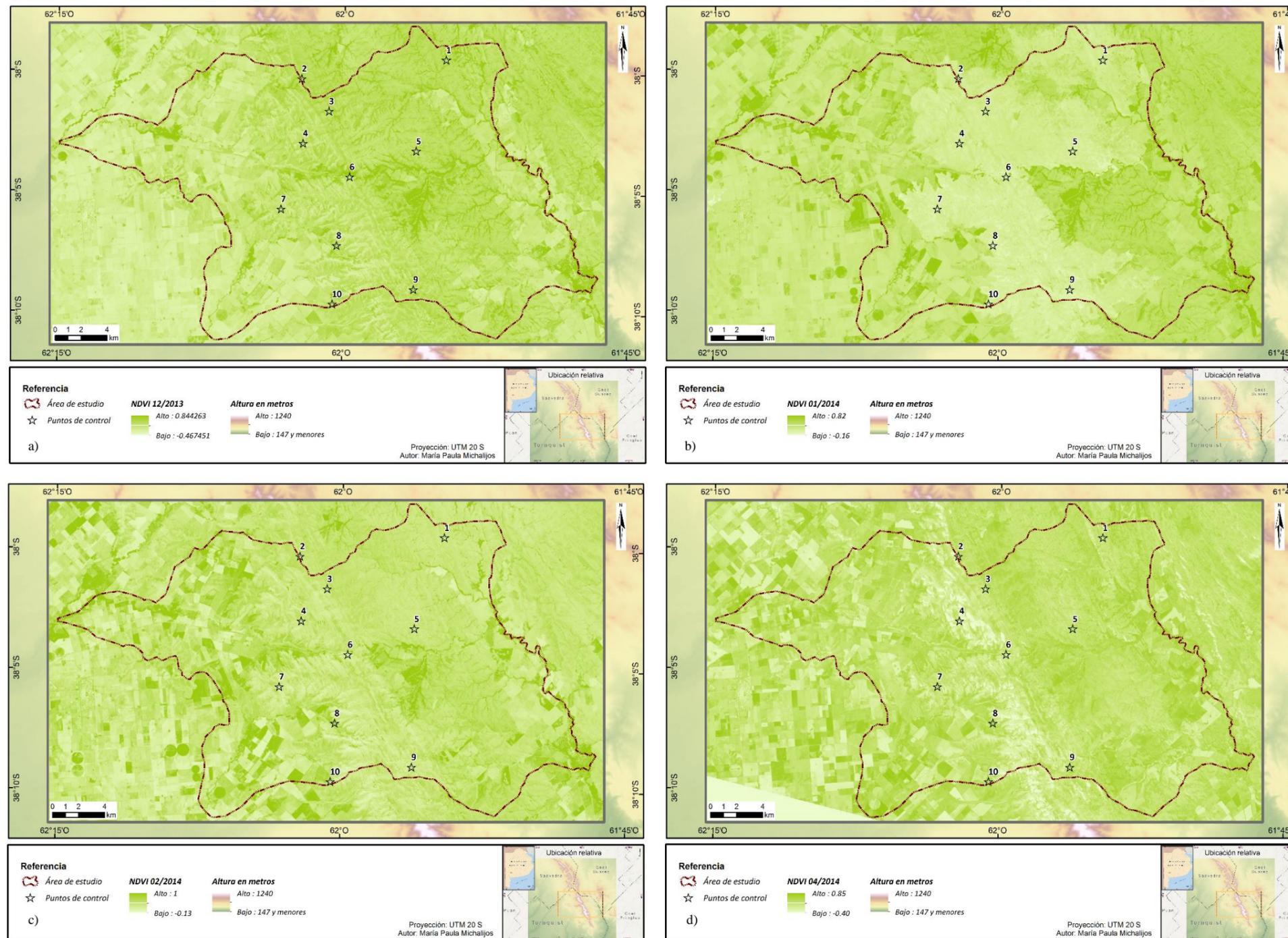


Tabla 4.9. Valores de NDVI en los sitios de muestreo

Punto	23-12-2013	15-01-2014	9-02-2014	12-04-2014
1	0,35	0,18	0,32	0,45
2	0,36	0,16	0,43	0,49
3	0,35	0,19	0,37	0,43
4	0,39	0,16	0,40	0,46
5	0,39	0,14	0,41	0,51
6	0,28	0,15	0,28	0,28
7	0,33	0,14	0,41	0,53
8	0,35	0,11	0,48	0,52
9	0,46	0,08	0,42	0,66
10	0,36	0,12	0,51	0,58
Promedio	0,32	0,14	0,40	0,49

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Figura 4.12. Retamas en el PPET



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

En síntesis, si bien se evidencia, a partir del análisis de los NDVI, una notoria recuperación de la vegetación a pocos meses de extinguido el incendio, las consecuencias sobre la biodiversidad son negativas y se manifiestan con el tiempo. Las especies exóticas avanzan sobre el pastizal natural produciendo modificaciones en la dinámica de los ecosistemas y modificando la frecuencia e intensidad de los incendios. Para Dalmaso *et al.* (1999) los incendios son responsables de cambios sustanciales en la composición florística y en la fisonomía del paisaje original así como de la pérdida de especies vegetales.

A pesar de lo enunciado, la percepción de la población sobre la problemática es diferente, entrevistas del diario La Nueva Provincia a informantes clave dan cuenta de ello. El encargado en 2008 del PPET manifestaba “...si usted viene dentro de 3 meses, el paisaje va a estar totalmente restaurado, nos ha pasado en otro incendios...” (La Nueva Provincia, 2008), la bióloga del Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable decía ...”el pastizal está adaptado a estos ciclos de incendios... y ante esto el pastizal responde bastante rápido, siempre y cuando no esté pastoreado” (La Nueva Provincia, 2008), y por último una propietaria de un emprendimiento turístico comentaba “...la destrucción de los pastizales se revierte, los animales saben protegerse, la naturaleza es muy sabia pero las pérdidas son muy importantes para todos los que vivimos acá” (La Nueva Provincia, 2014).

3.6 Exposición

Los residentes de Villa Ventana son los que se encuentran más expuestos a sufrir incendios forestales (Tabla 4.10 y Fig. 4.17). Esto se debe a que el índice de colindancia

de la localidad es muy alto, más del 75% de su perímetro limita con áreas forestales (entre ellas el PPET, principal atractivo turístico de la comarca) y el índice de ocupación es alto. Además, se localiza próxima a las zonas de ocurrencia histórica de incendios con peligro medio y alto y su peligro de ignición antropogénico es medio. Es importante destacar que la localidad se caracteriza por su frondosa vegetación.

Por otro lado, en caso de que ocurra una emergencia y sea necesario realizar una evacuación la situación es compleja, dado que los dos accesos a la villa se sitúan al norte, sobre la RP 76. Hacia el Sur limita con las sierras y al Este y Oeste está rodeada por los arroyos del Oro y El Belisario, existiendo solo un puente sobre este último que conecta a la localidad con un camino vecinal que finaliza en la RP 76 (Fig. 4.13). La población residente no es numerosa (en 2010 totalizó 609 habitantes) sin embargo durante los meses de enero y febrero la localidad recibe una gran cantidad de turistas y recreacionistas (en 2014 sumaron 7163), resultando insuficientes las vías de salida.

Figura 4.13. Puente sobre el Arroyo El Belisario, Villa Ventana



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

La población de VSLG posee una exposición media (Tabla 4.10 y Fig. 4.17). Es un pequeño poblado de 52 habitantes cuyo índice de ocupación es bajo, cuenta con una unidad sanitaria recientemente inaugurada de atención primaria (Fig. 4.15) y no posee cuartel de bomberos. El peligro de ignición antropogénico es medio y como se demostró anteriormente se localiza próxima a las áreas de peligro de ocurrencia de incendios medio, alto y muy alto. Su ejido está dividido en dos sectores por el arroyo de la Ventana, el área Norte está rodeada por campos dedicados a la agricultura y por las sierras y se conecta únicamente con el sector Sur a través de un puente peatonal elevado y uno vehicular a nivel del arroyo que en épocas de abundantes precipitaciones resulta intransitable (Fig. 4.16). Los cuatro accesos se localizan sobre este último sector y unen la calle Las Acacias

con la RP 76, la villa se encuentra a 40 metros de la ruta. Por lo mencionado, la evacuación de la población presenta algunas dificultades, dado que el sector Norte posee un solo acceso y el sur solo se conecta con la RP76.

Figura 4.14. Unidad sanitaria de VSLG



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

Figura 4.15. Puente peatonal y vehicular en VSLG



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

Sierra de la Ventana presenta una exposición baja (Tabla 4.10 y Fig. 4.16), dado que el índice de colindancia es bajo (<25%). Con respecto a la peligrosidad la ciudad se localiza en la zona de peligro bajo tanto de ocurrencia de incendios como de ignición antropogénico y posee un cuartel de bomberos. Su accesibilidad está compuesta por la RP72 que la atraviesa de Norte a Sur y se conecta a través de un puente sobre el río Sauce Grande con Villa La Arcadia (partido de Cnel. Suarez).

San Andrés de la Sierra, es un pequeño poblado, considerado área rural, por lo que el índice de ocupación es bajo al igual que el índice de colindancia. En cuanto a las características de la peligrosidad solo se registró un incendio en su interior, y se localiza próximo a áreas de peligro de ocurrencia medio, alto y muy alto y el peligro de ignición antropogénico es bajo. Se accede a través de la RP 76, sus calles son perpendiculares a la ruta y tienen acceso a ella, además se conecta con la Ea. Funke y con la ciudad de Tornquist a través de caminos vecinales. Por lo mencionado posee una exposición baja (Tabla 4.10 y Fig. 4.16).

La exposición del equipamiento e instalaciones turísticas también presenta diferencias, con una valoración muy alta se encuentra el Mirador Monumento Natural Cerro Ventana y el Camping Campamento Base, dado que se ubican a la vera de la RP 76 y dentro del PPET, donde se inician el 53% de los incendios, el peligro de ignición oscila entre medio, alto y muy alto, el peligro de propagación es máximo con respecto a la orientación de la pendiente y la vegetación y bajo y medio para los elementos meteorológicos. Las áreas de descanso, el Mirador Complejo Turístico y Ea. Las Vertientes poseen una exposición alta, esto se debe a que se ubican próximos a la RP 76. En estas áreas el peligro de ignición antropogénico es medio y muy alto, la humedad del combustible y la ocurrencia histórica de incendios varía entre bajo, medio y alto. El peligro de propagación oscila entre bajo, medio, alto y muy alto, y según la orientación de las laderas es alto-muy alto. En Fundación Funke, Casa de Piedra y Camping y Cabañas El Pinar, la exposición es media, dado que la ocurrencia histórica de incendios es baja y el peligro de propagación varía entre bajo, medio y alto. Por último, la vulnerabilidad es muy alta en todas las instalaciones mencionadas (Tabla 4.10 y Fig. 4.16).

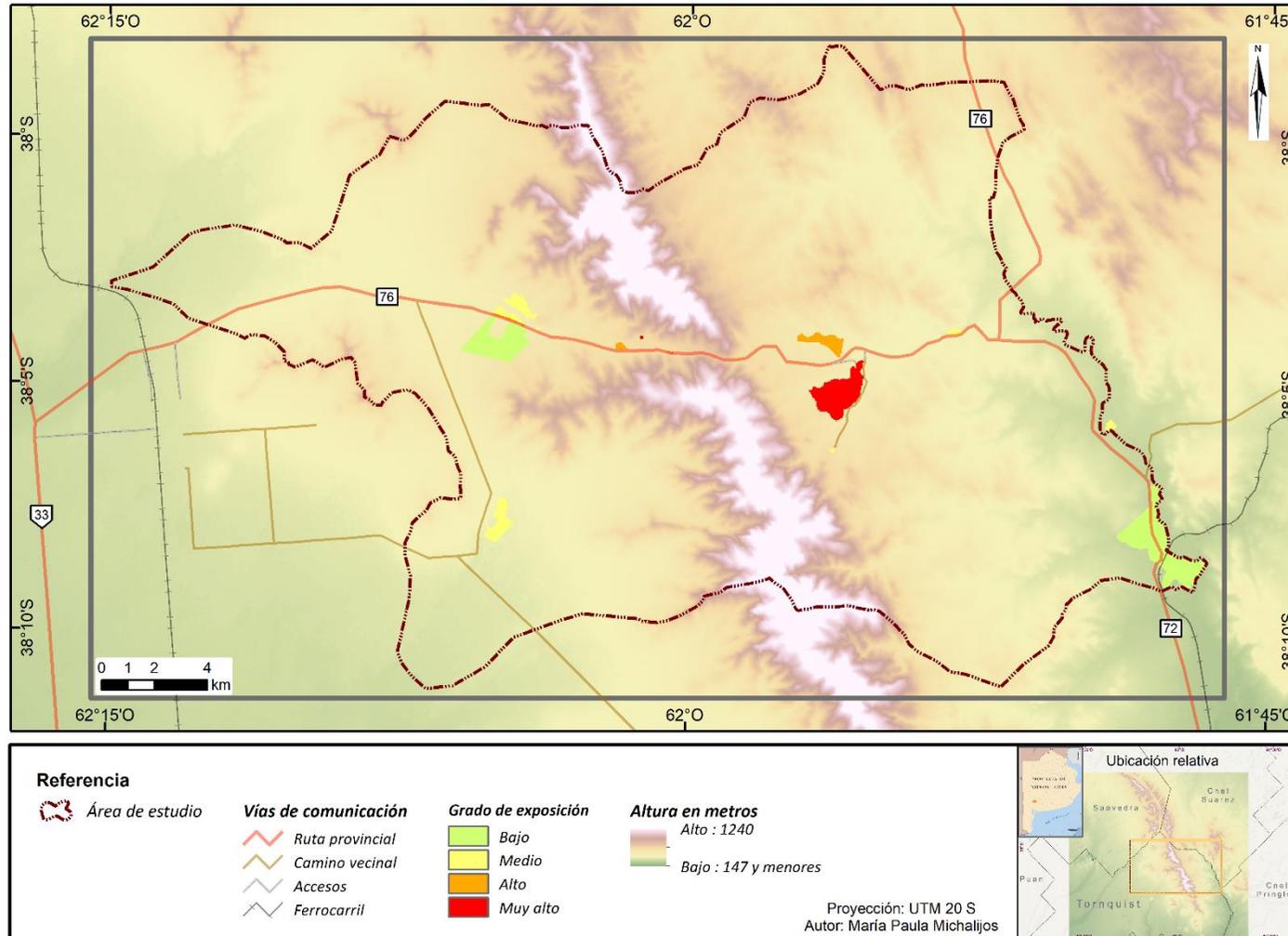
La Iglesia y Santuario de la Virgen de Fátima y el Ex-Club Hotel de la Ventana poseen una exposición media. En estos atractivos turísticos el peligro de ignición antropogénico es bajo y medio, el de la humedad del combustible varía entre bajo, medio y alto y el de la ocurrencia histórica de incendios es bajo. El peligro de propagación según la dirección e intensidad del viento es bajo, según la temperatura y la precipitación es alto y medio y el topográfico varía entre bajo, medio, alto y muy alto (Tabla 4.10 y Fig. 4.16).

Tabla 4.10. Variables utilizadas en el análisis de la exposición

Denominación	Peligro de Ignición			Peligro de Propagación					Vulnerabilidad	Exposición
	Antropogénico	Humedad del combustible	Ocurrencia histórica de incendios	Elementos meteorológicos		Modelos de combustible	Topografía			
				Viento	Temp/Precipitación		Orientación	Pendiente		
Fundación Funke	Medio	Bajo	Bajo, Medio	Bajo	Alto	GR1, GR3 TL8	Alto	Bajo	Muy Alta	Media
Casa de Piedra	Medio	Medio, Alto	Bajo	Bajo	Alto	GR3	Alto	Bajo	Muy Alta	Media
Iglesia y Santuario de la Virgen de Fátima	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	GR1, TL8	Medio, Alto	Bajo, Alto	_____	Media
El Mirador Complejo Turístico	Alto	Alto	Medio	Bajo	Alto	GR3	Medio	Bajo	Muy Alta	Alta
Mirador Monumento Natural Co. Ventana	Muy alto	Alto	Medio, Alto	Bajo	Medio	GR1 y GR3	Muy alto	Bajo	_____	Muy Alta
Camping Campamento Base	Muy alto	Bajo	Alto	Bajo	Medio	GR3, TL8	Alto	Medio	Muy Alta	Muy Alta
Áreas de descanso	Muy alto	Alto	Bajo, Medio y Alto	Bajo	Medio, Alto	GR3, TL8	Alto	Bajo	_____	Alta
Ea. Las Vertientes	Medio	Bajo, Medio y Alto	Bajo	Bajo	Medio, Alto	GR3, TL8	Alto, Muy alto	Bajo	Muy Alta	Alta
Ex-Club Hotel de la Ventana	Medio	Media	Bajo	Bajo	Medio	GR1, TL8	Alto, Muy alto	Bajo, Medio	_____	Media
Camping y Cabañas El Pinar	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	GR3, TL8	Alto	Bajo	Muy Alta	Media
Estancia Cerro de la Cruz	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	GR3, TL8	Alto	Bajo	Muy Alta	Media

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Figura 4.16. Evaluación de la exposición



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

CAPÍTULO V. RIESGO DE INCENDIO FORESTAL EN UN SECTOR DE LA COMARCA DE LA SIERRA DE LA VENTANA

1. Introducción
2. Materiales y métodos
3. Resultados

1. Introducción

Como se mencionó en el capítulo II, estudiar los incendios forestales desde la perspectiva de la teoría social del riesgo amplia el campo de análisis al abordar la problemática desde su complejidad (Barrenechea *et al.*, 2003). En los capítulos precedentes se elaboró y analizó la cartografía correspondiente a tres de sus dimensiones peligrosidad, vulnerabilidad y exposición.

En este capítulo se retoman dichos conceptos para integrarlos y cuantificarlos con el objetivo de elaborar el índice de riesgo de incendio forestal. Su análisis espacial se lleva a cabo a través del modelado espacial utilizando la superposición ponderada en el entorno SIG. Es importante destacar que la incertidumbre, al ser la dimensión no cuantificable, no se pondera en el índice y se aborda como variable de ajuste en las conclusiones.

2. Materiales y métodos

El análisis espacial constituye una serie de técnicas estadísticas y matemáticas aplicadas al estudio de datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos (Buzai y Baxendale, 2006). El modelado espacial, aplicado al estudio del riesgo de incendio forestal implica la superposición de los diferentes subíndices, factores y subfactores (Tabla 5.1). Esta técnica multiplica los valores de celda de cada raster de entrada por el peso de importancia de los rasters, luego suma los valores de celda resultantes para producir el raster de salida (ESRI, 2012).

La suma total de la ponderación debe ser igual a 100, el peso de los subíndices se determina de acuerdo a la incidencia que tienen en el riesgo de incendio (Tabla 5.1). Su combinación permite generar el mapa producto, el cual estima el nivel de riesgo. Los valores más altos corresponden a las áreas de mayor riesgo mientras que, los más bajos a las de menor riesgo.

Tabla 5.1. Ponderación de las variables del índice de riesgo de incendio forestal

Índice	Subíndice	Factor	Subfactor	Ponderación
Riesgo de incendio forestal	Peligro de incendio	Peligro de Ignición	Estado Hídrico del combustible	11
			Ocurrencia Histórica de incendios	9
			Probabilidad de ignición antropogénica	15
		Peligro de propagación	Topografía	10
			Modelos de combustible	10
			Elementos meteorológicos	10
	Vulnerabilidad			30
	Exposición			5

Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Con respecto a la peligrosidad, el peligro de ignición es el factor que posee mayor incidencia debido a que el fuego es un elemento natural en el ecosistema serrano y cuyo ciclo fue modificado por las actividades humanas. La probabilidad de ignición antropogénica posee una gran importancia dado que el 37,8% de los incendios son causados por negligencia y el 4,4% son intencionales. El estado hídrico del combustible es el segundo subfactor en jerarquía, dado que la humedad del pastizal varía a lo largo del año según el período vegetativo siendo máximo en primavera y mínimo en verano. Por último, la ocurrencia histórica de incendios determina cuales son las áreas propensas a sufrir fuegos, en esta variable la acción del hombre es determinante, el 53% de los eventos se registraron a lo largo de la RP 76.

En cuanto al peligro de propagación se estableció que los tres subfactores que lo componen (elementos meteorológicos, combustible y topografía) tienen la misma influencia en la propagación de incendios. Por ello se le asignó a cada uno el valor 10. La precipitación determina los períodos secos y húmedos, el viento modifica la velocidad y dirección de propagación y la temperatura influye en la humedad del combustible. Los modelos de combustible predominantes pertenecen al subgrupo herbáceas, cuya velocidad de propagación es moderada y alta. Por último, la topografía serrana en función de la altitud, la exposición y la pendiente, modifica la dirección y la velocidad de avance del fuego, determina variaciones del clima regional e influye en la distribución de la vegetación.

La vulnerabilidad se analizó considerando sus diferentes dimensiones: social, institucional, económica, física y ecológica. La sociedad a partir de los factores socioeconómicos, habitacionales, sanitarios y físicos afronta y supera una catástrofe de

distinta manera. En las localidades de la Sierra de la Ventana estas características determinan una vulnerabilidad social que oscila entre media, alta y muy alta.

La vulnerabilidad ecológica es media, dado que la vegetación se regenera rápidamente luego de un incendio, pero se observan cambios en la composición florística y en la fisonomía de paisaje por el avance de especies exóticas introducidas por el hombre. Por lo mencionado se determinó que la vulnerabilidad global posee un peso igual a 30.

La exposición se estudió teniendo en cuenta que personas y bienes son vulnerables a determinadas peligrosidades, por ello se analizaron de manera integral los subíndices elaborados (peligro de ignición, de propagación y las vulnerabilidades). El resultado determinó que esta dimensión del riesgo posea un peso igual a cinco.

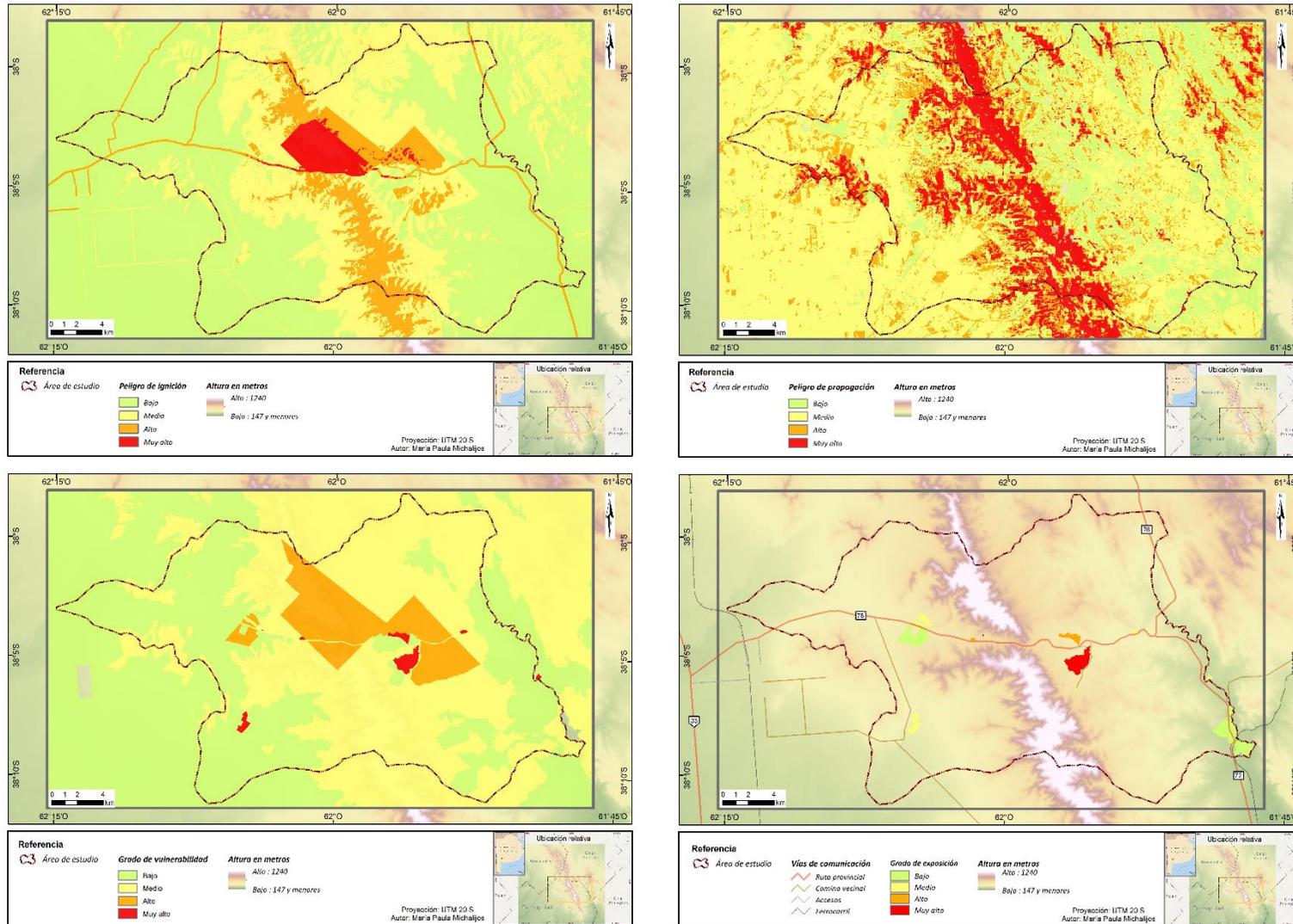
Una vez establecida la ponderación, el siguiente y último paso consiste en sumar los subíndices obteniendo, de esta manera, el mapa de riesgo de incendio forestal:

$$\text{Riesgo} = ((\text{ocurrencia histórica de incendios} \times 9) + (\text{ignición antropogénica} \times 15) + (\text{humedad del combustible} \times 11) + (\text{elementos meteorológicos} \times 10) + (\text{modelos de combustibles} \times 10) + (\text{topografía} \times 10)) + (\text{vulnerabilidad} \times 30) + (\text{exposición} \times 5)$$

3. Resultados

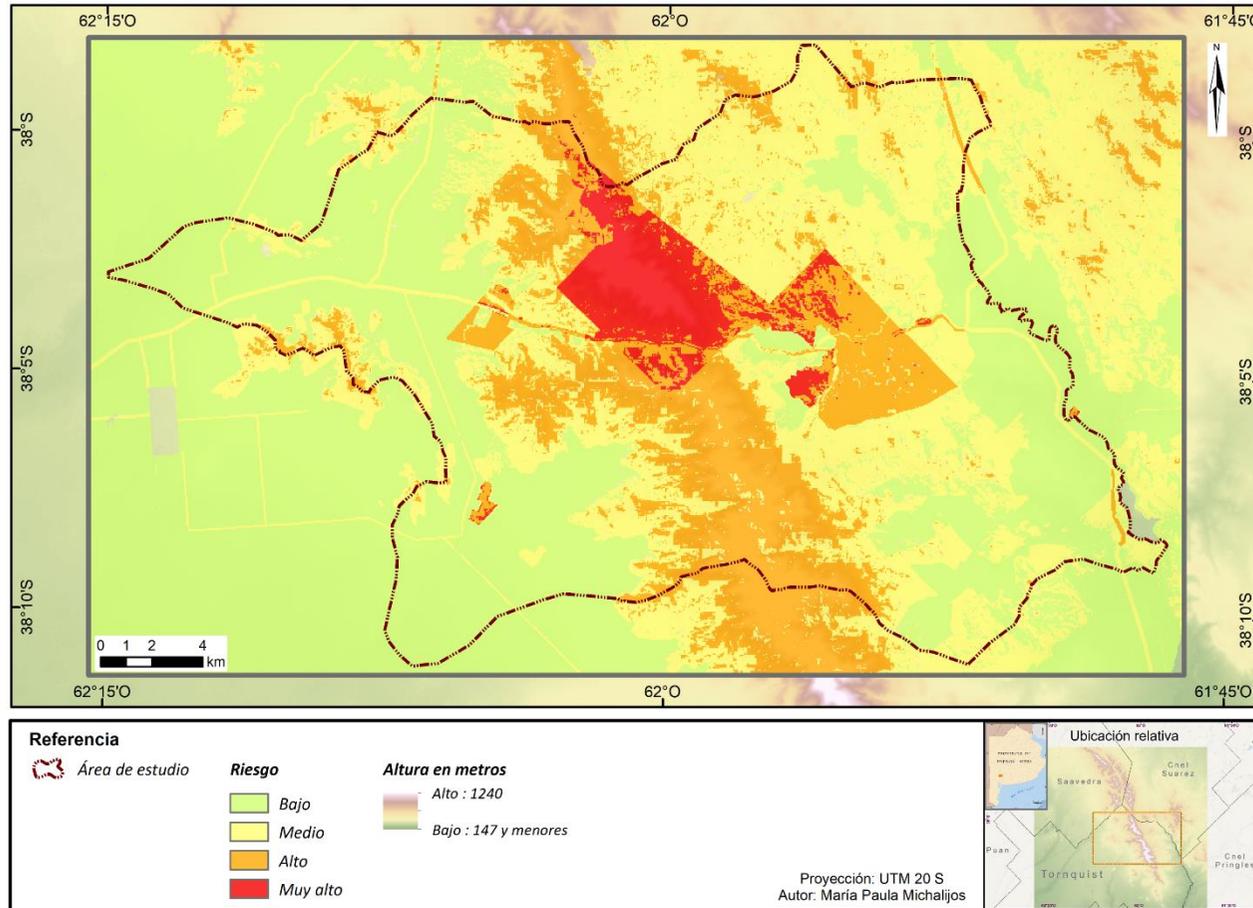
El riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana se construye a partir de la relación entre la peligrosidad, la vulnerabilidad, la exposición y la incertidumbre (Fig. 5.1). En él se observan las áreas de mayor y menor riesgo, que se detallan a continuación.

Figura 5.1. Cartografía de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Figura 5.2. Riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017

RIESGO MUY ALTO

Localización:

Sector A: RP 76 (tramo El Mirador Complejo Turístico – Base Co. Ventana, PPET), el Mirador Complejo Turístico, camping Campamento Base, el Mirador Monumento Natural Co. de la Ventana, Ea. Las Vertientes, las áreas de descanso y los lotes El Abra, La Blanqueada, Avestruz y El Carol del PPET.

Descripción

Peligro de Ignición (PI): Muy alto, alto, medio

La probabilidad de ignición antropogénica es muy alta y la ocurrencia histórica de incendios oscila entre media, alta y muy alta, dado que aquí se inicia el 53% de los incendios cuya causa principal es la negligencia. En este tramo de la RP 76 existe tránsito urbano, interurbano, estacional y accesos a centros urbano-turísticos, atractivos y equipamiento e instalaciones turísticas. Además, en el lote El Abra se localiza el principal atractivo de la Comarca Serrana y el Camping Campamento Base. En este sector también se encuentra el Mirador Monumento Natural Co. de la Ventana con vistas panorámicas del PPET, ofrece información de la geografía del área y un lugar de descanso. Por último, las áreas de descanso son muy concurridas en verano por estar acondicionadas con bancos y mesas y poseer frondosa vegetación que aporta sombra.

El peligro de ignición asociado a la humedad del combustible oscila entre medio, alto y muy alto, dependiendo de la altura y la orientación de las pendientes.

Peligro de Propagación (PP):

En el área serrana el peligro topográfico es muy alto dado que las pendientes son superiores al 21% (relieve montuoso-diseccionado escarpado y montañoso), están orientadas al NNO y NEE y el grado de iluminación es alto y muy alto. El peligro meteorológico es medio y bajo a partir

de los 700 m, allí las precipitaciones son abundantes, las temperaturas bajas-medias y la vegetación predominante es el pastizal serrano con presencia de roca al descubierto.

En las áreas de descanso el peligro de propagación es medio debido a que la relación entre la temperatura y las precipitaciones determina un peligro medio, el relieve es plano a ondulado y el modelo de combustible predominante es GR3 y TL8 (peligro medio y muy alto).

En la Ea. Las Vertientes el peligro de propagación está compuesto por un peligro meteorológico medio y alto, el modelo de combustible es GR3 y TL8 y por un peligro que oscila entre bajo, alto y muy alto debido a que el relieve es plano y montañoso-diseccionado escarpado.

En el Mirador Complejo Turístico el peligro de propagación meteorológico oscila entre bajo y alto, predominan las herbáceas del grupo GR3 (peligro muy alto) y el peligro topográfico es medio y bajo.

Vulnerabilidad:

La vulnerabilidad es muy alta en el Mirador Complejo Turístico, camping Campamento Base y Ea. Las Vertientes, todos pertenecientes a la categoría equipamiento e instalaciones turísticas. Los propietarios de emprendimientos turísticos poseen seguros contra incendios, pero no reciben asistencia del Estado ante un desastre. Además, el índice de colindancia es muy alto en los dos primeros y moderado en Las Vertientes.

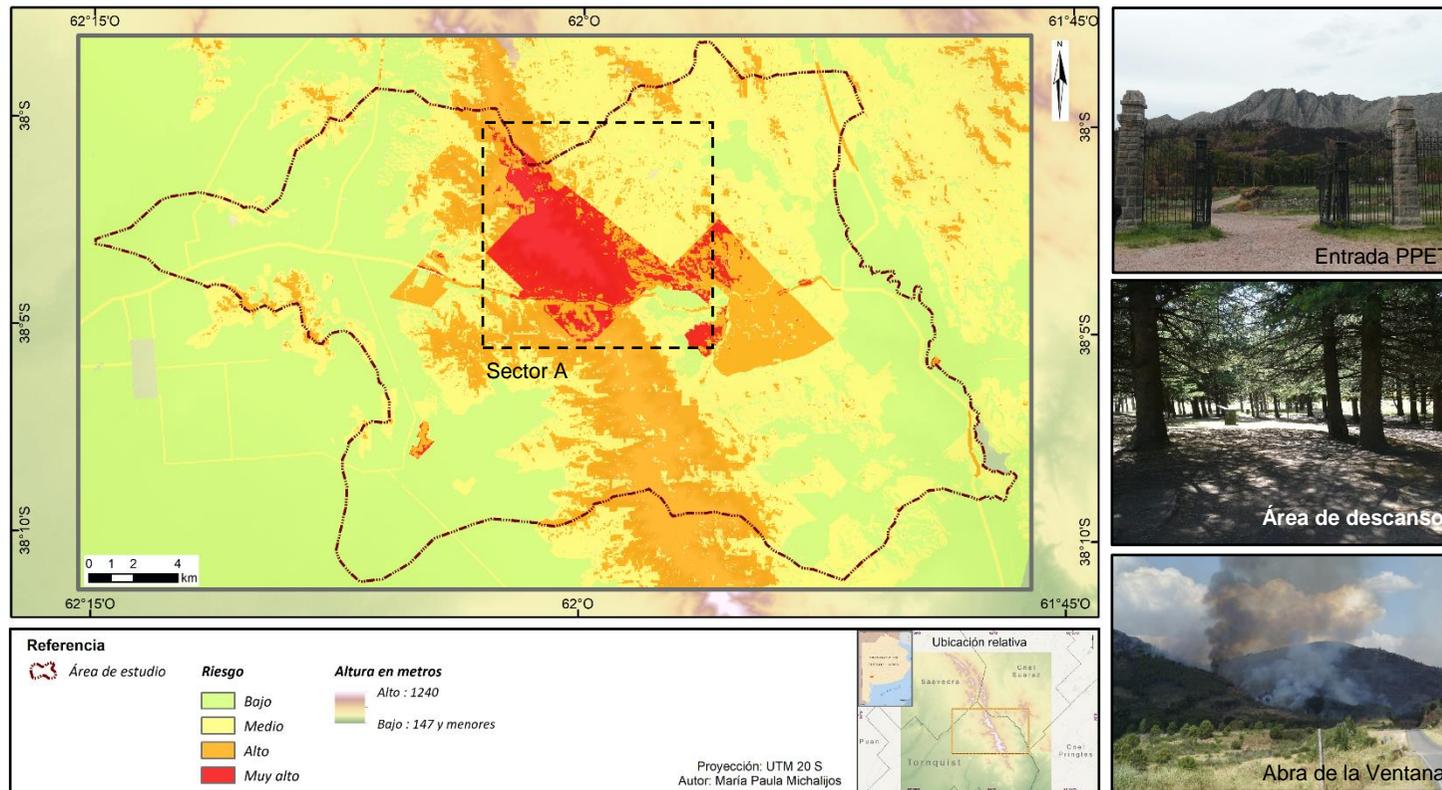
En el PPET la vulnerabilidad es alta. El ambiente de la Sierra de la Ventana sin bien posee la capacidad de recuperarse en un corto plazo ante un incendio, las consecuencias ecológicas de los fuegos de origen antropogénicos sobre el ecosistema son negativas, dado que el pastizal que se regenera es diferente al originario. Además, es importante recordar que el área representa el último relicto protegido del ecosistema de pastizal pampeano, es considerado una isla de biodiversidad, dado su diversidad vegetal y su elevada concentración de especies endémicas y está incluido en las Áreas Valiosas de Pastizal y Área de Importancia para la Conservación de Aves (Zalba y Cazzaniga, 2002).

Exposición:

Por su localización sobre la RP 76, sus características de peligrosidad y vulnerabilidad el Mirador Monumento Natural Co. de la Ventana y el camping Campamento Base poseen una exposición muy alta y las áreas de descanso, el Mirador Complejo Turístico y Ea. Las Vertientes una

valoración alta (capítulo IV). El índice de colindancia es muy alto a excepción de Las Vertientes que es moderado. El área se encuentra a 25 km aproximadamente del cuartel de bomberos de Tornquist.

Figura 5.3. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal muy alto: Sector A

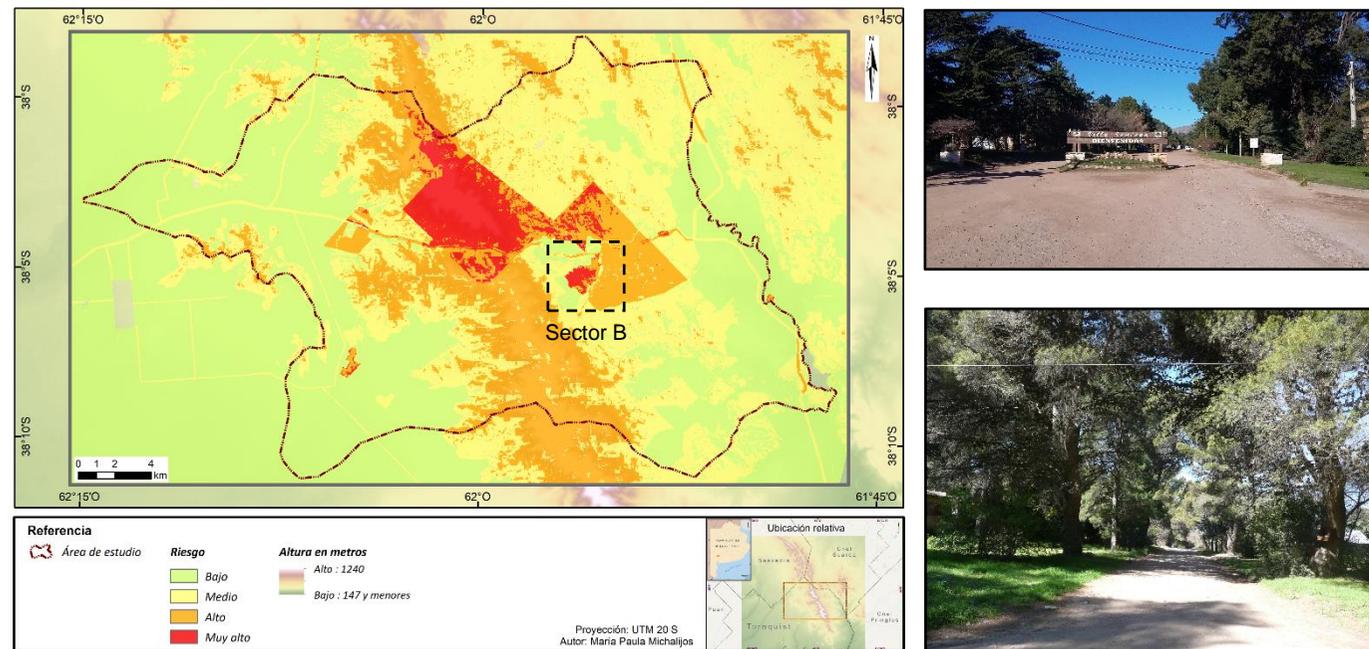


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

RIESGO MUY ALTO	
Localización:	Sector B: Villa Ventana
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Medio	El PI asociado a la humedad del combustible oscila entre bajo y medio debido a que se encuentra entre los 400 y 600 m de altura y posee una frondosa vegetación de coníferas, al ser un centro urbano-turístico la ocurrencia histórica de incendios forestales y el PI antropogénico es bajo.
Peligro de Propagación (PP): bajo	El peligro meteorológico es medio, el modelo de combustible predominante es TL8, es decir que posee peligro medio, es importante destacar que la vegetación es abundante. El peligro topográfico es bajo en la entrada y oscila entre medio y alto en el centro y en el fondo de la villa.
Vulnerabilidad: Muy alto	Con respecto a los índices estudiados para caracterizar la vulnerabilidad se estableció que el de ocupación es alto, el de colindancia muy alto y el área es poco dispersa. El análisis de las características socioeconómicas de Villa Ventana, como se mencionó en el capítulo IV, determina un buen nivel socioeconómico de la población, sin embargo posee una gran dependencia de la actividad turística la cual es vulnerable al peligro de incendios. Las condiciones habitacionales son satisfactorias, el indicador que presenta deficiencias es el referido a los servicios básicos en las viviendas, dado que la localidad no posee desagües cloacales. Además, el abastecimiento de gas se realiza a través de gas envasado y la disponibilidad de agua potable en veranos secos es problemática. Las instituciones educativas y el cuartel de bomberos no poseen programas de prevención ni de emergencias destinados a la población. El cuartel está equipado principalmente para el combate de incendios de estructuras y para rescate.
Exposición: muy alta	

Se localiza próxima a las áreas de ocurrencia histórica de incendios media y alta, y el índice de colindancia es muy alto, además ante una emergencia la evacuación de la población es compleja. Si bien la sociedad manifiesta saber actuar ante el peligro de incendio, la mayoría “sale corriendo” y solo el 6% espera las indicaciones de los bomberos, es decir que no está preparada para actuar ante una emergencia. En la localidad no se realizan programas de prevención, solo existen carteles que indican donde está prohibido encender fuego. Sin embargo, los habitantes reconocen la existencia del peligro por ello realizan tareas de prevención y están dispuestos a participar en simulacros de evacuación.

Figura 5.4. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal muy alto: Sector B

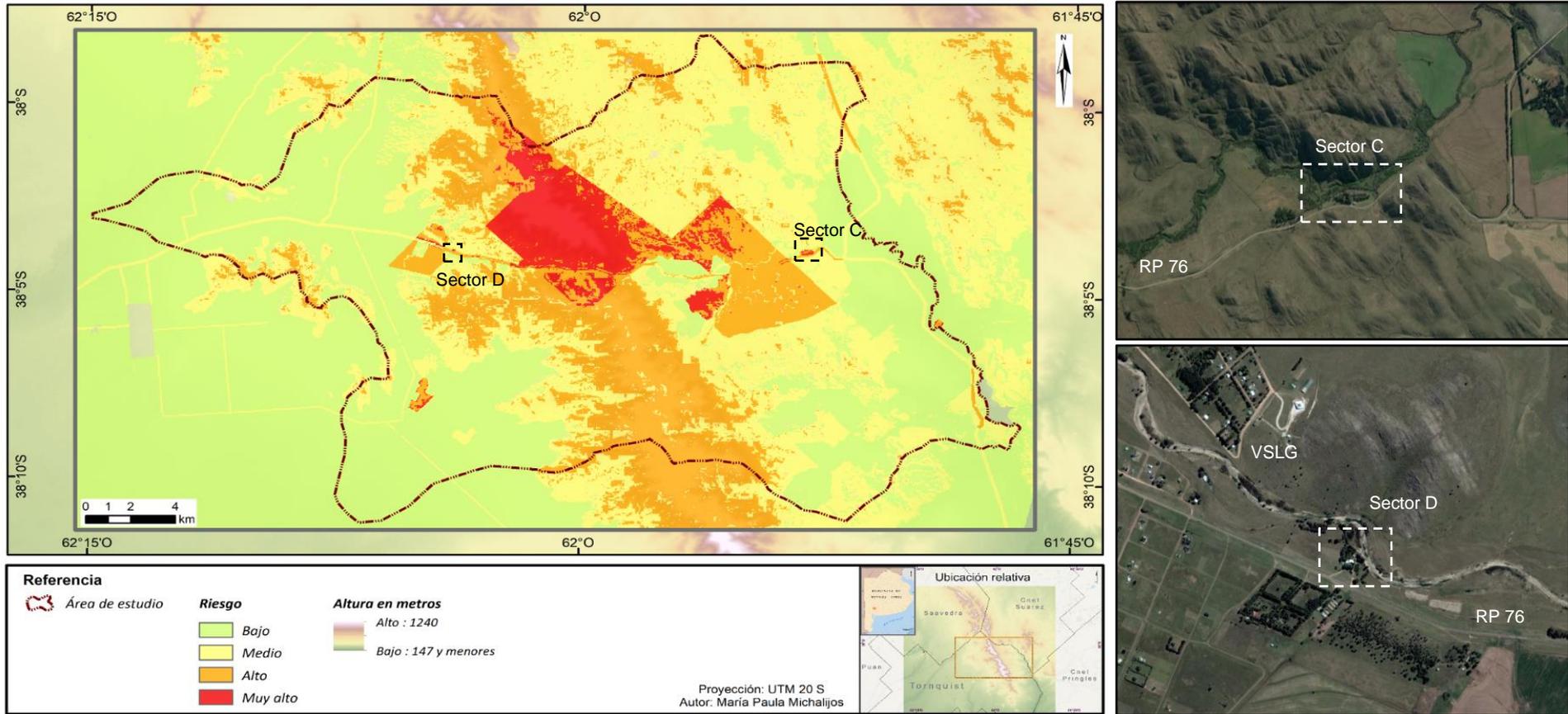


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

RIESGO MUY ALTO	
Localización:	Sector C: Camping y cabañas El Pinar
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Alto y medio	El PI oscila entre medio y alto dado que el PI antropogénico es alto, se localiza sobre la RP 76, sin embargo la ocurrencia histórica de incendios es baja y el PI asociado a la humedad es bajo.
Peligro de Propagación (PP):	El complejo presenta sectores de PP bajo y alto, esto se debe a que el PP meteorológico es medio, los modelos de combustibles son GR3 y TL8, y la topografía presenta un peligro bajo.
Vulnerabilidad: Muy Alta	El Pinar es un complejo turístico y como se mencionó en el capítulo IV, el turismo es la actividad económica más vulnerable del área.
Exposición: Media	El complejo se localiza sobre la RP 76 donde se inician el 53% de los incendios y el índice de colindancia es mayor al 75%. El cuartel de bomberos más cercano se encuentra a 13 km, en Sierra de la Ventana.

RIESGO MUY ALTO	
Localización:	Sector D: Casa de Piedra
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Medio y alto	El PI oscila entre medio y alto dado que el PI antropogénico es medio, se localiza sobre la RP76, sin embargo la ocurrencia histórica de incendios es baja y el PI asociado a la humedad es alto.
Peligro de Propagación (PP): Bajo, alto y muy alto	Esta variación se debe a que el restaurant se localiza al pie de la Sierra de la Ventana y a orillas del arroyo de la Ventana. Por ello, el PP meteorológico es medio, los modelos de combustibles son GR1 y 3 peligro alto y muy alto, y la topografía presenta un peligro bajo y medio.
Vulnerabilidad: Muy Alta	El restaurant pertenece a la actividad turística y como se mencionó en el capítulo IV, es la más vulnerable del área.
Exposición: Media	El índice de colindancia es mayor al 75%, sin embargo se localiza sobre la RP 76, en el km 228, donde la ocurrencia histórica de incendios es baja y el PI antropogénico es medio.

Figura 5.5. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal muy alto: Sector D y C



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

RIESGO ALTO
<p>Localización:</p> <p>Sector A: RP 76 (tramo VSLG - El Mirador Complejo Turístico y Villa Ventana – rotonda acceso a Sierra de la Ventana)</p>
Descripción
<p>Peligro de Ignición (PI): Muy alto</p> <p>La ocurrencia histórica de incendios es baja, el PI antropogénico es muy alto por ser un tramo de la RP 76 con tránsito urbano, interurbano, estacional y con accesos a centros urbano-turísticos, atractivos y equipamiento e instalaciones turísticas y el PI asociado a la humedad del combustible es alto.</p>
<p>Peligro de Propagación (PP): Alto</p> <p>El PP meteorológico es medio, los modelos de combustible que se desarrollan en la banquina de la ruta son GR1 y 3, de peligro alto y muy alto, y el PP topográfico es medio.</p>
<p>Vulnerabilidad: Media y baja</p> <p>Esta variación se debe a la diferencia en el uso y cobertura del suelo, al Norte de la ruta se desarrolla vegetación natural, por ello la vulnerabilidad es media y al Sur las tierras están dedicadas a la agricultura motivo por el cual la vulnerabilidad es baja.</p>
<p>Exposición: En este tramo de la RP 76 no se localizan centros urbano-turísticos y no existen estructuras que puedan ser afectadas por incendios forestales.</p>

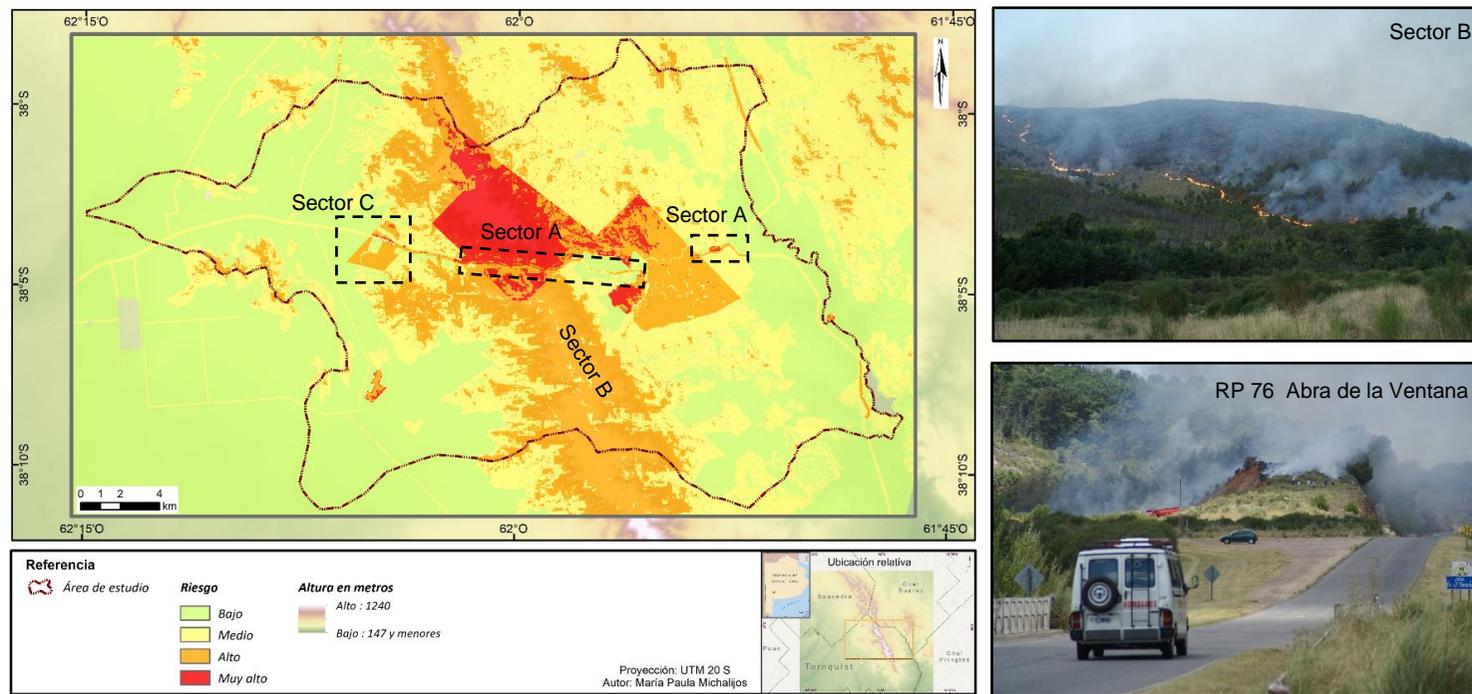
RIESGO ALTO
<p>Localización:</p> <p>Sector B: Sector serrano (áreas montuosas y montañosas)</p>
Descripción
<p>Peligro de Ignición (PI): Medio y alto</p> <p>La ocurrencia histórica de incendios es media, el PI antropogénico es bajo dado que este sector es de difícil acceso para los turistas y visitantes, el PI asociado a la humedad del combustible por sus características físicas es alto y muy alto.</p>
<p>Peligro de Propagación (PP): Muy alto y alto</p> <p>El PP meteorológico predominante es alto, sin embargo existen sectores con peligro bajo y medio debido a que la temperatura, la precipitación y el viento presentan diferencias según la altura y la orientación de las pendientes. Con respecto a la vegetación el modelo de combustible dominante es GR1, por último el PP topográfico es muy alto, alto y medio, en este sector el relieve es montuoso y montañoso, el grado de iluminación varía entre medio, alto y muy alto y la orientación de las pendientes es muy variable.</p>
<p>Vulnerabilidad: Media</p> <p>Esta zona presenta características similares al sector A de riesgo muy alto. Predomina la vegetación natural que, a pesar de tener la capacidad de recuperarse en un corto plazo ante un incendio, las consecuencias ecológicas de los fuegos sobre el ecosistema son negativas, dado que el pastizal que se regenera es diferente al originario.</p>
<p>Exposición: En este sector no se localizan centros urbano-turísticos y no existen estructuras que puedan ser afectadas por incendios forestales.</p>

RIESGO ALTO	
Localización:	Sector C: VSLG- San Andrés de la Sierra
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Medio y alto	La ocurrencia histórica de incendios oscila entre baja y media, el PI antropogénico es bajo en San Andrés y medio en VSLG dado que se localiza a la vera de la RP 76, el PI por la humedad del combustible oscila entre bajo (al pie de las sierras), medio y alto (en las sierras).
Peligro de Propagación (PP): Bajo, medio y alto	Esta variabilidad se debe a que los centros urbano-turísticos se localizan al pie de la Sierra de la Ventana. El PP meteorológico varía entre bajo, medio y alto, en San Andrés predomina el modelo de combustible GR1 (peligro alto) y en VSLG el GR3 (peligro muy alto), el peligro topográfico varía con el relieve, entre bajo y medio.
Vulnerabilidad: Alta	Las características socioeconómicas son similares en toda el área de estudio, como se mencionó en la ficha correspondiente a Villa Ventana la población posee un buen nivel socioeconómico y sus condiciones habitacionales son satisfactorias. VSLG posee una población de 52 habitantes y en San Andrés la población es menor, el índice de colindancia es menor al 25%, ambos centros se encuentran rodeados por campos dedicados a la agricultura y el índice de ocupación es bajo. Los centros no poseen planes de contingencia y no se realizan programas de prevención.
Exposición: Baja y media	La población de VSLG presenta una exposición media, como se mencionó en el capítulo IV se localiza próxima a las áreas de peligro de ocurrencia de incendios medio, alto y muy alto, el índice de ocupación es bajo y no posee cuartel de bomberos, el más cercano se encuentra a

11 km en Villa Ventana y dista 21 km de Tornquist. En caso de producirse un incendio la evacuación de la población presenta algunas dificultades, dado que el sector norte posee un solo acceso y el sur solo se conecta con la RP 76.

La población de San Andrés posee una exposición baja, sus características son similares a VSLG pero debido a sus pequeñas dimensiones es considerada área rural.

Figura 5.6. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal alto: Sector A, B y C



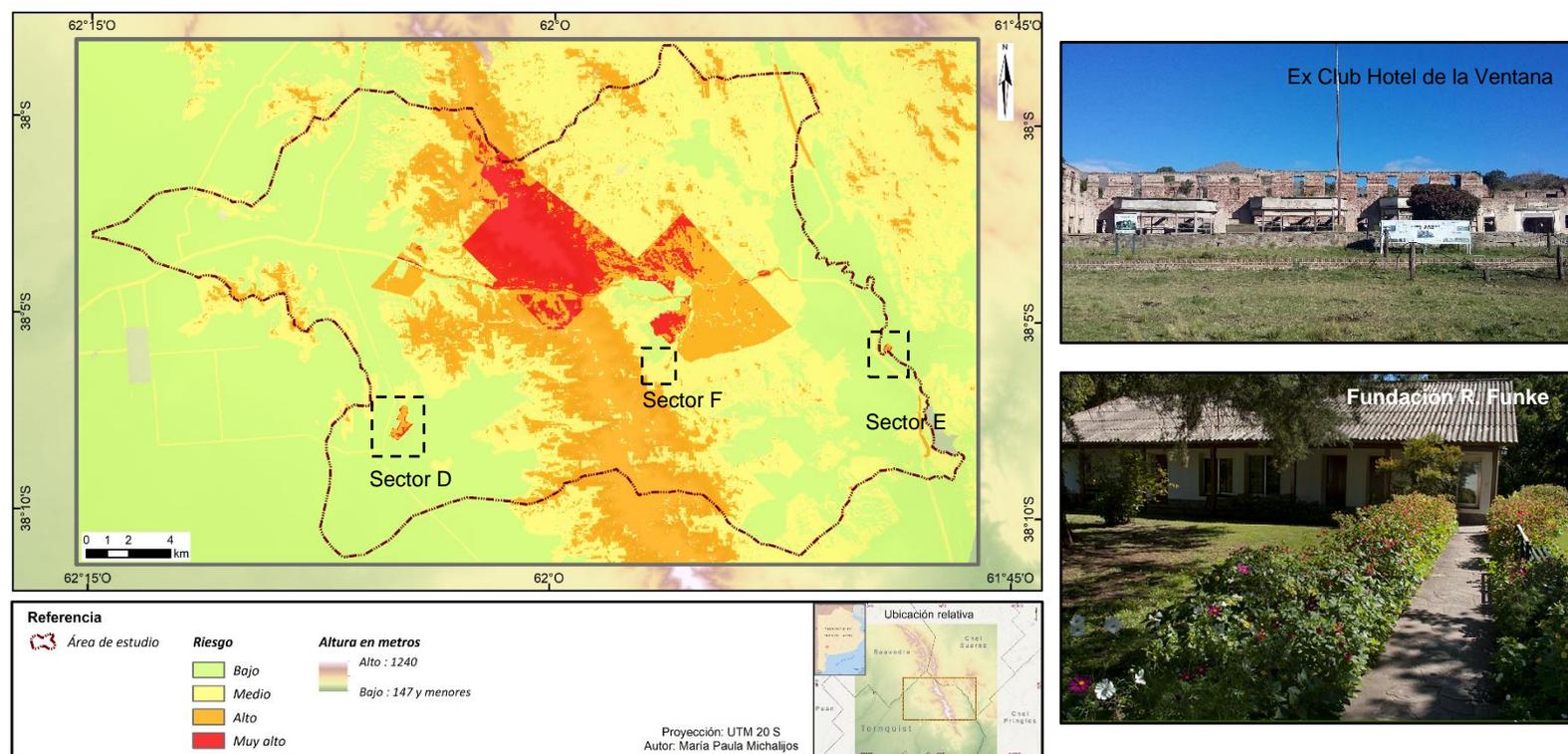
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

RIESGO ALTO	
Localización:	Sector D: Fundación Rodolfo Funke
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Medio	La ocurrencia histórica de incendios y el PI antropogénica es media, se encuentra alejado de los centros urbano-turísticos y de los principales atractivos de la comarca. La humedad del combustible presenta un peligro bajo.
Peligro de Propagación (PP): Bajo	El PP meteorológico es medio, los modelos de combustible predominante son GR3 y TL8 y el PP topográfico es bajo dado que se localiza en el área basal.
Vulnerabilidad: Muy alta	La Fundación es una estancia dedicada al turismo por ello la vulnerabilidad económica es muy alta. El índice de colindancia es bajo.
Exposición: Media	El predio posee dos accesos de tierra, uno por la RP 76 (cuyo recorrido total es de 27 km desde Tornquist) y otro, por la ciudad de Tornquist a través de un camino de tierra de 15 km, ese último es el trayecto más corto al cuartel de Bomberos Voluntarios de dicha ciudad.

RIESGO ALTO	
Localización:	Sector E: Ex-Club Hotel de la Ventana
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Alto	La ocurrencia histórica de incendios es baja, el PI antropogénico es alto debido a que es uno de los atractivos turísticos principales de Villa Ventana y el PI por la humedad del combustible es medio.
Peligro de Propagación (PP): Alto	El PP meteorológico es bajo, los modelos de combustible son TL8 y GR3, de peligro medio y muy alto y el PP topográfico oscila entre medio y alto por su localización al pie de la sierra.
Vulnerabilidad: Baja	El Ex Club Hotel se encuentra en ruinas.
Exposición: Media	El índice de colindancia es muy alto y el acceso a las ruinas solo se permite con un guía autorizado.

RIESGO ALTO	
Localización:	Sector F: Ea. Cerro de la Cruz
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Medio	La ocurrencia histórica de incendios es baja, por sus características relacionadas a su ubicación y servicios ofrecidos, el PI antropogénico es medio y el PI asociado a la humedad del combustible es bajo.
Peligro de Propagación (PP): Bajo	El PP meteorológico es medio, el modelo de combustibles predominante es TL8 y el PP topográfico es bajo dado que se localiza en el área basal.
Vulnerabilidad: Muy alta	El establecimiento se dedica a la actividad turística por ello la vulnerabilidad económica es muy alta y el índice de colindancia es bajo por estar rodeado de cultivos.
Exposición: Media	La estancia se localiza próxima a la RP 72, área de riesgo medio y se encuentra a 3 km, de Sierra de la Ventana, localidad que posee cuartel de bomberos.

Figura 5.7. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal alto: Sector D, E y F



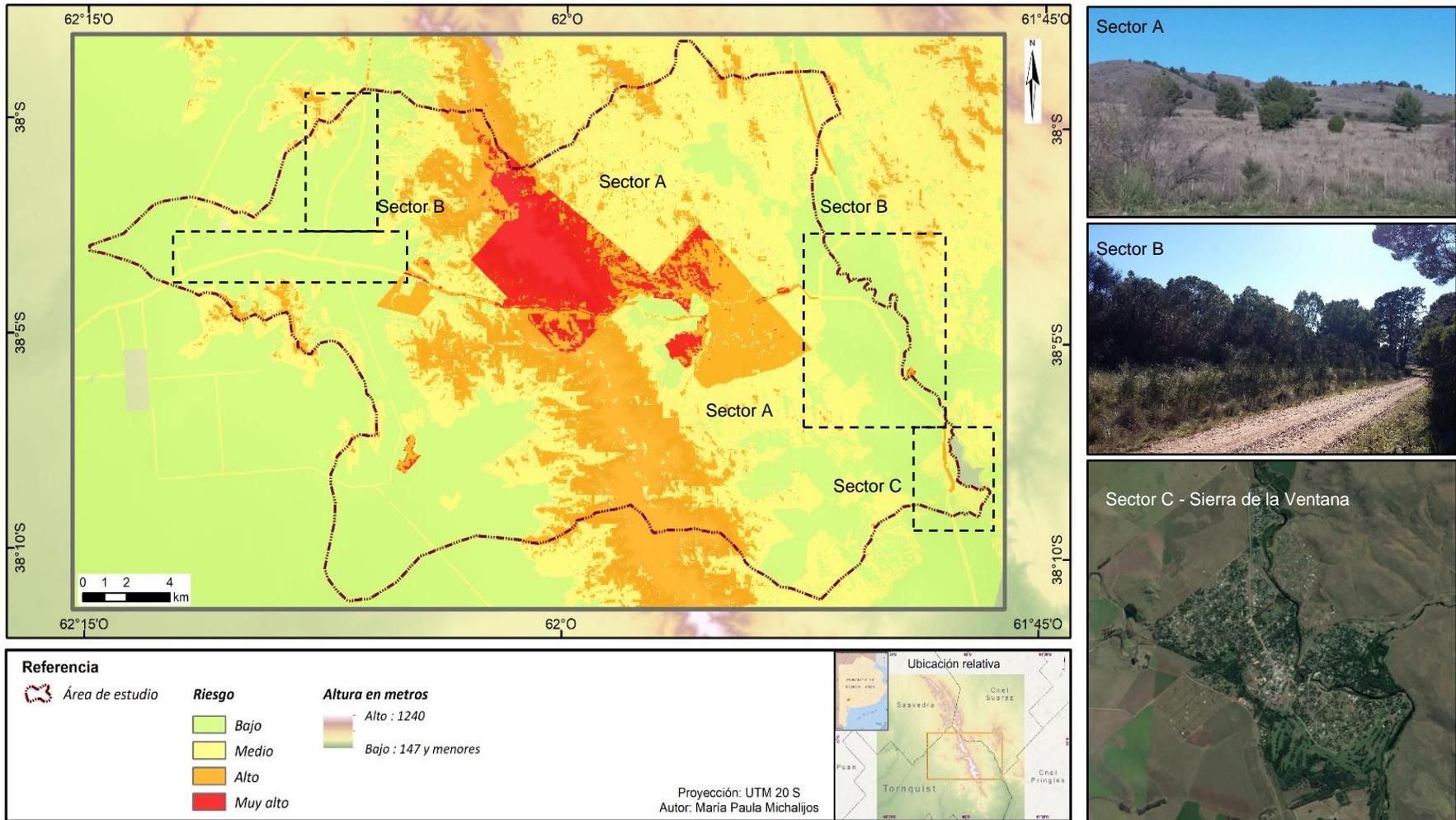
Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

RIESGO MEDIO
<p>Localización:</p> <p>Sector A: Sector serrano y áreas con escasa intervención humana</p>
Descripción
<p>Peligro de Ignición (PI): Medio y bajo</p> <p>La ocurrencia histórica de incendios es media y baja, el PI antropogénico es bajo debido a que el área es de difícil acceso para los recreacionistas por su relieve accidentado y por ser tierras de propiedad privada. El PI asociado a la humedad del combustible oscilan entre bajo, medio y alto dado que las características físicas (pendiente, orientación, luminosidad) son muy variables</p>
<p>Peligro de Propagación (PP): Bajo, medio, alto</p> <p>El PP meteorológico y topográfico oscila entre bajo, medio y alto, dependiendo de la altura, orientación e iluminación de relieve. Con respecto a los modelos de combustible predomina el GR1 y en las zonas de mayor humedad se desarrolla el GR3.</p>
<p>Vulnerabilidad: Media</p> <p>Esta zona presenta características similares al sector A de riesgo muy alto y al sector B de riesgo alto.</p>
<p>Exposición:</p> <p>En este sector no se localizan centros urbano-turísticos y no existen estructuras que puedan ser afectadas por incendios forestales.</p>

RIESGO MEDIO
<p>Localización: Sector B: RP 76 y 72 (excepto sectores A de riesgo muy alto y alto), camino vecinal consolidado, ruta turística, accesos a centros urbano-turísticos y vías del ferrocarril.</p>
Descripción
<p>Peligro de Ignición (PI): Medio y alto La ocurrencia histórica de incendios es baja sin embargo, el PI antropogénico es muy alto en las rutas provinciales, en la entrada a los centros urbano-turísticos y en la ruta turística, alto en los caminos de tierra consolidados y medio en las vías de ferrocarril. El PI por la humedad del combustible es bajo.</p>
<p>Peligro de Propagación (PP): Medio El PP meteorológico es alto, predomina el modelo de combustible GR1 (peligro alto) y el PP topográfico es alto.</p>
<p>Vulnerabilidad: Baja En esta zona al igual que en el sector A de riesgo alto no se localizan centros urbano-turísticos, ni equipamiento e instalaciones turísticas. La vulnerabilidad está relacionada con la vegetación (ecológica).</p>
<p>Exposición: En este sector no se localizan centros urbano-turísticos y no existen estructuras que puedan ser afectadas por incendios forestales.</p>

RIESGO MEDIO	
Localización:	Sector C: Sierra de la Ventana
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Bajo	Es el centro urbano-turístico de mayor tamaño de la Comarca Serrana, posee el índice de ocupación más elevado, es decir la mayor cantidad de metros cuadrados construidos, por ello la ocurrencia histórica de incendios forestales, el PI antropogénico y asociado a la humedad del combustible es bajo.
Peligro de Propagación (PP): Medio y bajo	La variación en el PP se debe a que la localidad posee calles asfaltadas y manzanas con un porcentaje de construcción elevado y barrios parque donde la vegetación arbórea es abundante. Además, posee un cuartel de bomberos equipado para combatir incendios urbanos y forestales.
Vulnerabilidad: Media	Las características socioeconómicas determinan, en general, un buen nivel económico de la población, las condiciones habitacionales son satisfactorias y es la localidad que presenta mayor diversificación económica (comercial, turística y de servicios). Las instituciones educativas y el cuartel de bomberos no poseen programas de prevención ni de emergencias destinados a la población.
Exposición: Baja	El índice de colindancia es bajo, el área es poco dispersa y la localidad se encuentra alejada de las áreas de riesgo muy alto y alto. El cuartel de bomberos está equipado para el combate de incendios forestales, de estructuras y para rescate.

Figura 5.8. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal medio: Sector A, B y C

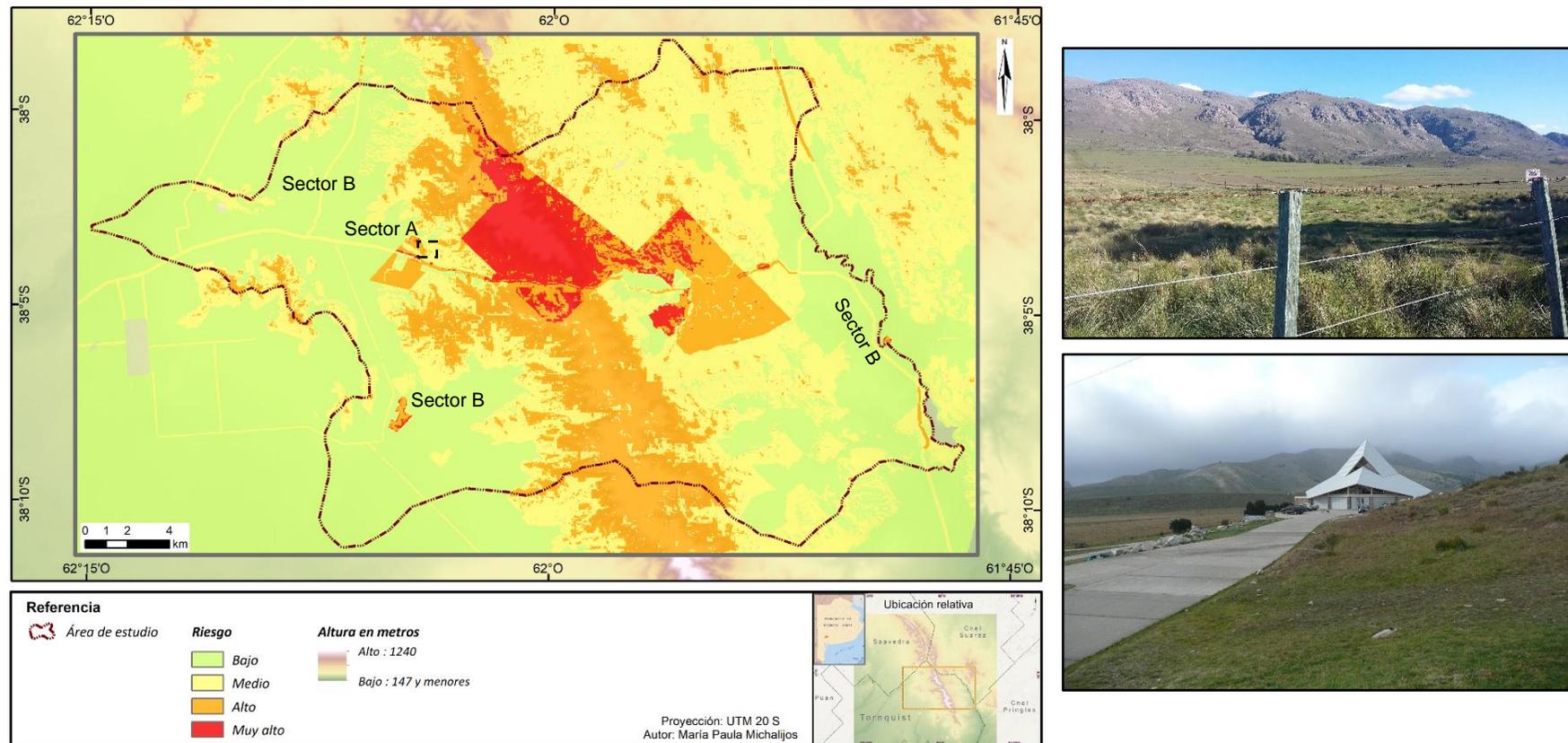


Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

RIESGO BAJO	
Localización:	Sector A: Iglesia y Santuario de la Virgen de Fátima
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Medio	La ocurrencia histórica de incendios, el PI antropogénico es bajo y el PI por la humedad del combustible es alto.
Peligro de Propagación (PP): Alto	El PP meteorológico es alto, el modelo de combustible predominante es GR1 y el PP topográfico es medio debido a que se localiza al pie de la Sierra de la Ventana.
Vulnerabilidad: Baja	En el predio se realizan tareas de mantenimiento durante todo el año. Posee una rampa a través de la cual las autobombas pueden llegar a todas las instalaciones y además, es posible se puede realizar una evacuación en caso de emergencia.
Exposición: Media	El índice de colindancia es alto, el predio se encuentra en excelentes condiciones y es poco frecuentado en la temporada turística.

RIESGO BAJO	
Localización:	Sector B: Tierras dedicadas a la agricultura y ganadería
Descripción	
Peligro de Ignición (PI): Bajo	La ocurrencia histórica de incendios, el PI antropogénico y por la humedad del combustible son bajos, las principales causas de incendios son natural (caída de rayos) y humana (chispas de maquinarias agrícolas).
Peligro de Propagación (PP): Medio	El PP meteorológico es medio y alto, el modelo de combustible es GR1 con peligro alto y el PP topográfico es bajo dado que este sector está conformado por alturas inferiores a los 400 m.
Vulnerabilidad: Baja	La vulnerabilidad es baja debido a que los productores agropecuarios reciben asistencia del Estado (municipal y provincial) y de organizaciones rurales para afrontar las pérdidas materiales (alambrados, bebederos, etc) y las obligaciones impositivas.
Exposición: Baja	La exposición es baja dado que es bajo el PI y PP, los materiales afectados pueden ser alambrados, bebederos, galpones y maquinaria agrícola.

Figura 5.9. Detalle de las áreas de riesgo de incendio forestal bajo: Sector A y B



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

CAPÍTULO VI. PROPUESTAS

Introducción

La prevención, como se mencionara en el capítulo II, debe atravesar en su totalidad el proceso de desastre, es decir que las acciones preventivas abarcan el antes, durante y el después de ocurrido el evento que origina tal situación. Para cada etapa se deben diseñar distintos objetivos y acciones.

En la Comarca de la Sierra de la Ventana, ante una emergencia se observa que los esfuerzos se concentran en la extinción de los incendios. Los cuarteles de bomberos han sido equipados, en los últimos años, para el combate de incendios forestales y la coordinación entre los distintos organismos estatales (bomberos, municipalidad, policía, fuerzas armadas y defensa civil) en el momento de la emergencia ha mejorado notablemente desde el incendio de 2008. Las acciones destinadas a la etapa previa del desastre se limitan al mantenimiento de los cortafuegos y de cartelería informativa. Por ello, es necesario reforzar esta etapa previa y la posterior al evento. Además, se constató a través de entrevistas, que no existe un plan de emergencia que contemple a la población residente y a los turistas y recreacionistas. Por ello, se plantean una serie de propuestas cuyo propósito es contribuir al diseño de medidas tendientes a reducir la ocurrencia de incendios de origen antropogénico y sus efectos.

Cortafuegos

El principal objetivo luego de declarado un incendio forestal es su contención y extinción, en esta etapa los cortafuegos representan un instrumento de gran utilidad. Se definen como "... franjas libres de vegetación y/o materiales combustibles que impiden la propagación horizontal del fuego y al mismo tiempo permiten a los brigadistas llegar al lugar del incendio con mayor rapidez y realizar tareas de contrafuego con mayor seguridad..." (Ordenanza Municipal 2700/14). Los cortafuegos sirven por un lado, como freno y por otro, para compartimentar la zona afectada convirtiendo un evento de grandes dimensiones en incendios de menor tamaño.

En el partido de Tornquist esta práctica está reglamentada a través de la ordenanza 2700/14, la cual enuncia que "...deberán tener realizadas las correspondientes picadas y/o cortafuegos, anualmente y con anterioridad al día 15 de noviembre, las parcelas que limitan con Áreas Urbanas, Áreas Naturales Protegidas, Establecimientos Educativos Rurales, Centros Poblados y/o sitios de esparcimiento, recreación y realización de actividades deportivas pertenecientes al Distrito de Tornquist...". De no cumplirse con la normativa el municipio labrará un acta e informará al propietario del campo.

A lo largo de la presente investigación se han realizado salidas a campo, en ellas se constató que la ordenanza en general se cumple, sin embargo existen algunos sectores de la banquina de la RP 76 donde se desarrolla vegetación arbórea (Fig. 6.1). Esta constituye un puente que une los terrenos a ambos lado de la carretera, por ello se sugiere realizar poda en estas áreas para cortar la continuidad vertical del combustible.

Figura 6.1. Vegetación sobre la RP 76



Fuente: Fotografía tomada por M. Paula Michalijos, relevamiento 2017.

Además de esta práctica se propone la implementación de “cortafuegos verdes” en toda el área, estos consisten en la plantación de vegetación autóctona, que por sus características, resultan resistentes al fuego y contribuyen a evitar la propagación de los incendios (Fundación+árboles, s/f). Como se mencionó en el capítulo I la Comarca de la Sierra de la Ventana está siendo invadida por la introducción accidental o deliberada de vegetación exótica que aumenta la frecuencia e intensidad de los incendios (Sanhueza, 2009), por ello estos cortafuegos verdes serían de gran utilidad.

Educación ambiental

Las medidas de prevención implican la adquisición de hábitos que se traduzcan en conductas rutinarias para disminuir la ocurrencia de eventos no deseados o el impacto negativo de los acontecimientos naturales. Para ello es necesario crear una cultura de la prevención, la cual debería adquirirse formalmente y promoverse en la escuela desde los primeros años (Backhoff Escudero, 2017). Para prevenir, primero es necesario conocer cómo funciona el ecosistema y como la sociedad se relaciona con él, en este contexto la Educación Ambiental (EA) es el punto de partida.

En el marco de la Reforma Educativa de los años 90, la EA constituye uno de sus ejes transversales y se encuentra presente en el nivel inicial, primario y secundario. En el año 2008 el Ministerio de Educación elaboró un documento marco sobre EA, en él se manifiesta la necesidad de: a) crear conciencia acerca de la importancia del ambiente, formación de ciudadanos conscientes y conocedores de los problemas ambientales; b) formar valores, comportamientos y actitudes para la preservación del ambiente; c) educar para la preservación ecológica y de los recursos naturales y e) buscar soluciones a los problemas ambientales (Bachmann, 2008).

Al analizar los diseños curriculares de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires (DGCyE) se observa que la problemática de los incendios forestales puede abordarse en:

- educación inicial en el eje “El ambiente natural y social: el cuidado de la salud y del medio” (DGCyE, 2008),
- educación primaria, segundo ciclo, cuarto año en Ciencias Sociales: “Sociedades y Territorios. Los problemas ambientales en la provincia y la localidad. Sus múltiples causas y las consecuencias para la sociedad” (DGCyE, 2008),
- educación secundaria, orientación Ciencias Sociales, sexto año: “Problemas geográficos de carácter ambiental” (DGCyE, 2012).

La EA no debe limitarse a la educación formal, dado que el área de estudio recibe anualmente una gran cantidad de turistas y visitantes que desconocen la problemática de los incendios forestales, es necesario que se tomen medidas tendientes a educar al visitante. Estas pueden incluir folletería en puntos de interés como el PPET o en las oficinas de turismo, breves recomendaciones por parte de los guías de turismo al iniciar excursiones y/o paseos y de los responsables de los establecimientos hoteleros y extra hoteleros, entre otras.

Además, dentro de la educación no formal se propone la realización de talleres participativos como ámbitos de reflexión y acción, entre la Universidad, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), cuerpo de Bomberos Voluntarios, funcionarios públicos y la población local.

Torres de observación y mejora en los sistemas de comunicación

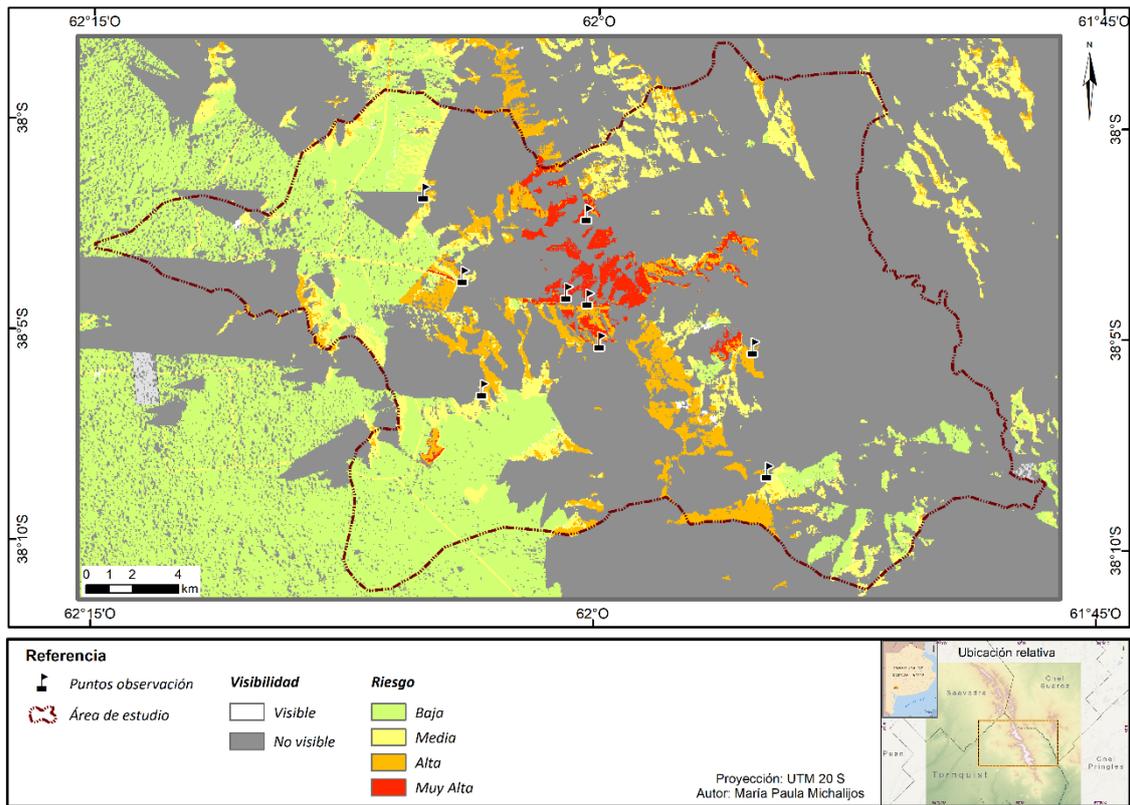
La detección temprana de incendios es fundamental en el manejo del fuego para disminuir los efectos de la ocurrencia y propagación. El tiempo de detección y alerta se define como el intervalo que transcurre entre el inicio del incendio y el aviso a los

bomberos o a las agrupaciones de defensa forestal (Contreras Rivas, 2008). Cuanto mayor es el tiempo transcurrido, mayor será la dificultad para controlar y extinguir el incendio (Pompa García¹ y Treviño Garza, 2004). Para reducir ese lapso se recomienda la vigilancia y observación profesional del terreno, que puede realizarse a través de vigilancia fija y/o móvil, ésta última está contemplada en el Plan de Manejo del Fuego del PPET a cargo de los guardaparques. A esta alternativa se sugiere incorporar la asistencia de un dron equipado con una cámara filmadora, que reduciría el tiempo de recorrida y ampliaría el campo visual llegando a áreas de difícil acceso.

Con respecto a la vigilancia fija países como España (Del Río *et al.*, 2007), Portugal (Catry *et al.*, 2004), Chile (Tapia y Castillo, 2014) y México (Pompa García y Treviño Garza, 2004) poseen una importante red estatal de torres de observación. Estas son estructuras construidas principalmente de madera o metal, en cuya parte superior se ubica un vigía o torrero. Estas estructuras pueden variar en altura entre los 5 y 30 metros y su radio de visibilidad está determinado por las condiciones atmosféricas y topográficas. Su localización depende de las condiciones geográficas de cada lugar y de las características de los incendios, requiriendo de estudios previos. Sin embargo, en algunos lugares responde más a oportunidades de construcción que a estudios técnicos (Tapia, 2014).

Por lo mencionado se propone la instalación de nueve torres de vigilancia, cuya localización se estableció a partir de la herramienta de análisis de visibilidad del SIG ArcGIS 10.1[®]. Para ello, se estableció la cuenca visual y los puntos de observador teniendo en cuenta la cartografía de riesgo de incendio forestal y el DEM.

Figura 6.2. Localización de las torres de vigilancia y sus cuencas visuales



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos), 2017.

Una vez detectado el incendio los sistemas de comunicación son fundamentales para dar aviso a los bomberos. Las características topográficas del área de estudio dificultan esta tarea, en el sector serrano no hay señal de telefonía celular, por ello, se propone la instalación de postes SOS conectados al cuartel de bomberos. Los mismos deberían estar emplazados en la banquina de la RP 76, donde el riesgo de incendio es mayor. Este sistema está vigente en el país pero para emergencias viales (http://www.carreterascentrales.com.ar/postes_sos.html).

Plan de emergencia y ruta de evacuación

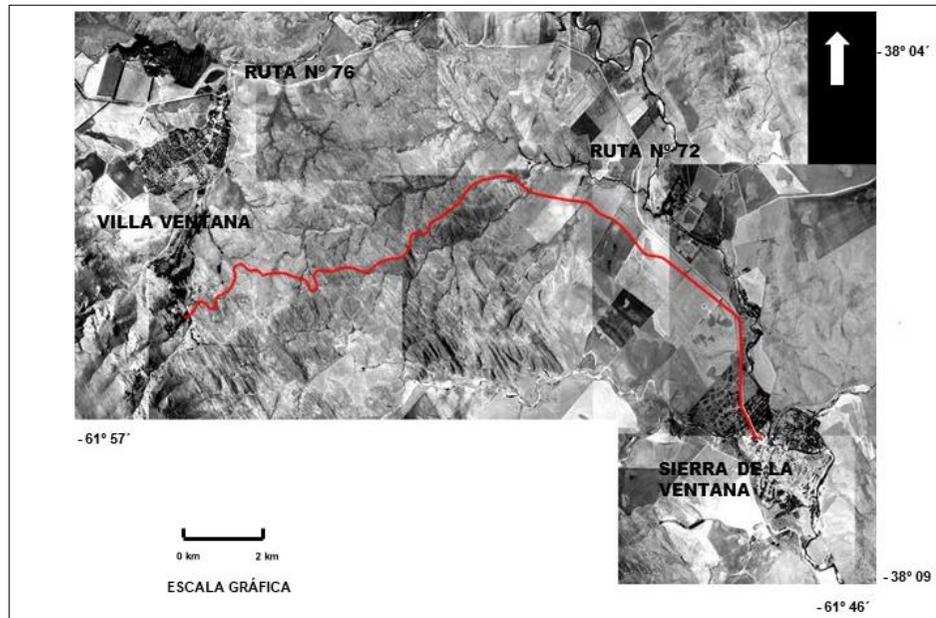
Como se mencionó, la prevención no solo debe centrarse en la etapa previa a la emergencia, sino también durante ella. Para esto es necesario contar con un plan de emergencia, en él se planifica de manera anticipada las diferentes alternativas y acciones a seguir por los equipos que tendrán que hacer frente a dicha emergencia. Dentro de éste es indispensable contar con un plan de evacuación que se define como el "... Conjunto de actividades y procedimientos tendientes a conservar la vida y la integridad física de las personas en el evento de verse amenazadas, mediante el desplazamiento a través y

hasta lugares de menor riesgo” (Tolcachir y Heguilén, 2015:3). En Villa Ventana este plan es de imperiosa necesidad dado que el riesgo es muy alto y todas las salidas convergen a la RP 76.

Ante esta situación se propone una ruta de evacuación, que une las localidades de Villa y Sierra de la Ventana. Esa alternativa se basa en un proyecto de la Ing. Di Croche, que plantea la recuperación de la traza original del ramal ferroviario “La Trochita” para su uso turístico a través de un paseo temático (Fig. 6.3). Este tren de trocha angosta unía a lo largo de 18 km la estación de Sierra de la Ventana con el Ex Club Hotel de la Ventana. En la actualidad han desaparecido todos los elementos férreos y los durmientes de la traza ferroviaria, sólo quedan algunas de las obras de arte construidas a lo largo de la traza, además de terraplenes. El municipio de Tornquist ha reconocido la importancia de preservar este patrimonio por ello, mediante la resolución 36/06, fue declarado “Sitio Histórico y Obras Protegidas” por su carácter de únicas e irrepetibles todas las obras de arte ubicadas a lo largo del ramal ferroviario que unía Sierra de La Ventana con el Ex Club Hotel de La Ventana como así también a la traza del mencionado ramal (Di Croche *et al.*, 2007).

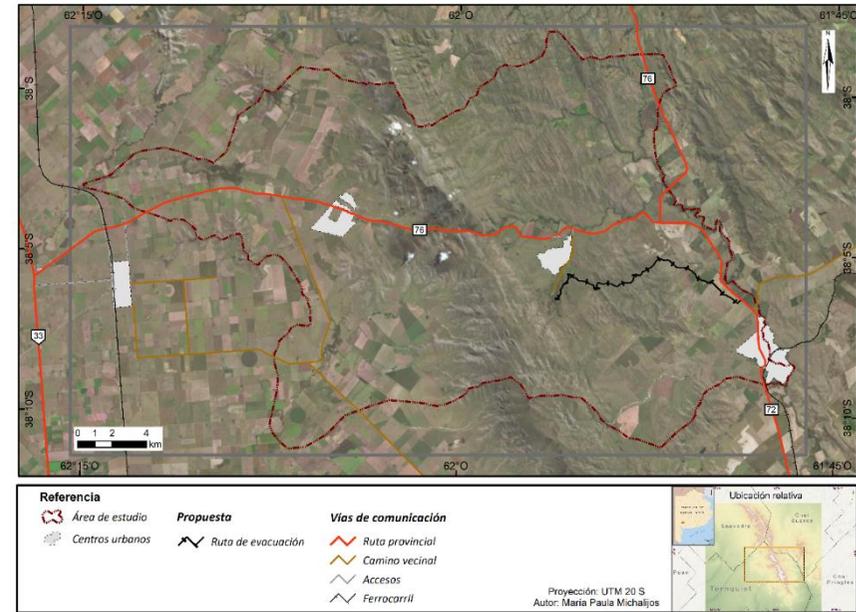
La traza en algunos sectores está perfectamente definida, se ubica en casi todo su recorrido en el área rural, está emplazada sobre propiedades que se encuentran alambradas y sobre terrenos fiscales. Por ello, se propone para su uso como ruta de evacuación, una modificación del trazado original (Fig 6.4). De esta manera, el sitio tendría una doble función por un lado, un paseo turístico que aseguraría el mantenimiento del lugar y por otro, una ruta de evacuación en caso de que la villa sufriera peligro de incendio. Es importante aclarar que, para que esta ruta funcione, es necesario realizar simulacros de evacuación.

Figura 6.3. Traza de “La Trochita”



Fuente: Campo *et al.* (2011).

Figura 6.4. Propuesta de ruta de evacuación sobre un sector de la traza de “La Trochita”



Fuente: Elaboración propia (Lic. M. Paula Michalijos) en base a Di Croche et al. (2007), 2017

CONCLUSIONES

El Estudio del fenómeno de los incendios forestales a partir del análisis de la teoría social del riesgo aporta una visión integral a la problemática, dado que se consideran los aspectos físicos desencadenantes y los daños producidos, pero también otras dimensiones que ayudan a comprender su complejidad. Estas son: peligrosidad, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre, las tres primeras configuran el riesgo, y ante la falta de conocimiento sobre alguna de ellas se da lugar a la incertidumbre. El objetivo de este abordaje es contribuir en el diseño de medidas tendientes a mitigar los impactos de los incendios forestales.

En el caso particular de la Comarca de la Sierra de la Ventana el análisis de la peligrosidad se realizó a través del estudio del peligro de ignición y propagación. El primero permitió caracterizar los eventos a través del estudio de la ocurrencia histórica de incendios. Una de sus variables es la distribución temporal, de cuyo análisis se desprende que anualmente se registran eventos, la tendencia en el número de incendios por año es ascendente, además la frecuencia es alta y existe una marcada concentración espacial a lo largo de la RP 76. La temporada alta de incendios es el verano, el 25% de los incendios se iniciaron en las horas centrales del día, entre las 12.00 y 16.00 hs y predominan los incendios de pequeñas dimensiones (menores a 100 ha.) mientras que el 7% corresponde a grandes incendios (mayores a 500 ha.). La causa principal de ignición es la negligencia, seguida por la caída de rayos y la intencionalidad. Por último, el análisis de las áreas quemadas determinó que entre el 40 y 50% del área de estudio se quemó al menos una vez en el período considerado. El tramo de la RP 76 comprendido entre VSLG y el cruce con la RP 72 posee el registro más alto y particularmente el PPET ha sufrido la mayor recurrencia.

Con respecto al peligro de ignición antropogénico se clasificó el área teniendo en cuenta los diferentes usos y coberturas del suelo. La peligrosidad de los centros urbano-turísticos se estableció a partir de la cantidad de población, la llegada de turistas, la existencia de cuartel de bomberos, el uso y cobertura de suelo con que limita y características propias de cada uno de ellos como el tipo de forestación. Por lo mencionado VSLG y Villa Ventana son las localidades que presentan mayor peligro.

El peligro de ignición correspondiente al uso del suelo transporte y comunicaciones se analizó según la tipología del tránsito (urbano, interurbano y estacional) y el acceso a centros urbano-turísticos, atractivos turísticos y equipamiento e instalaciones turísticos. Las RP 72 y 76, poseen los tres tipos de tránsito y desde ellas se puede acceder a todos

los centros urbano-turísticos, atractivos y equipamiento e instalaciones turísticas, por ello la peligrosidad es alta.

El análisis del peligro de ignición del equipamiento y los servicios turísticos se realizó a través del estudio de la ubicación, las plazas hoteleras y extrahoteleras y los servicios ofrecidos. Se concluyó que el camping Campamento Base, el Mirador Monumento Natural Co. de la Ventana y las áreas de descanso poseen un peligro muy alto.

Los atractivos turísticos se estudiaron a partir de la ubicación, tipología (natural, cultural), cantidad de visitantes recibidos, actividades que se pueden desarrollar en ellos y la existencia de controles, por lo que se estableció que el Co. Tres Picos posee peligro alto. Con respecto al PPET, en cada sector están permitidas diferentes actividades recreativas, científicas y administrativas, en base a ellas se identificó que en la Zona de Uso Intensivo/Primitivo el peligro es muy alto.

En cuanto a las áreas agrícola-ganaderas la probabilidad de ignición asociada a causas humanas corresponde a chispas de maquinarias. Por este motivo, se considera que su peligro es bajo.

La última variable para establecer el peligro de ignición es el estado hídrico del combustible. Para ello, se calculó el FMC a partir de datos de satélite, se construyó un cociente entre la TS y el SAVI, cuyo producto resume el comportamiento de la actividad fotosintética o estrés hídrico y la temperatura. Luego el resultado se ajustó a las características topográficas del área. En base al análisis realizado se puede afirmar que, en el área de estudio, la altura es el factor geográfico que determina las condiciones de humedad del combustible. Por ello, las áreas de mayor peligro corresponden a alturas superiores a 800 m, independientemente de la orientación de las laderas, y las de menor peligro a las zonas inferiores a 400 m. Además, la metodología propuesta representa una alternativa de trabajo en áreas serranas donde la recolección de datos en campo resulta compleja y costosa.

El peligro de propagación se determinó a partir de la influencia de los elementos meteorológicos, los modelos de combustible y la topografía. Con respecto al análisis de los elementos meteorológicos, en el área de estudio los datos referidos a temperatura, precipitación y viento son escasos, por ello se realizaron simulaciones con software específicos para analizar su distribución. Se corroboró la influencia de la topografía sobre estos parámetros, el sistema serrano modifica la dirección y velocidad del viento y la

distribución de las precipitaciones y temperaturas, alterando la dirección y velocidad de propagación de los incendios. Finalmente a partir del análisis de la cartografía resultante se clasificó el área según el grado de peligro, información de gran utilidad para el cuerpo de bomberos al momento de organizar el combate de incendios.

La vegetación cumple un rol fundamental en el peligro de propagación, sus características influyen en la velocidad de propagación y en la altura de la llama. Por ello, se identificaron los modelos de combustible siguiendo la propuesta por Scott y Burgan (2005), para lo cual se aplicaron los índices verdes NDVI y SAVI, los resultados obtenidos fueron validados a través del trabajo de campo. De esta manera, se concluyó que las áreas de mayor peligro corresponden por un lado, al pastizal que crece en las sierras y por otro, a las tierras dedicadas a la agricultura.

La topografía se analizó a partir de la orientación de las laderas, la iluminación y la pendiente. Las tres variables fueron combinadas y se identificó que las pendientes superiores a 21%, orientadas al NNW y NEE con un grado de iluminación alto y muy alto son las que poseen el peligro de propagación más alto.

La vulnerabilidad se estudió a partir de su dimensión social, económica, física, institucional y ecológica. La primera de ellas se analizó teniendo en cuenta las características socioeconómicas de los residentes, las actividades de prevención que realizan y su preparación ante una emergencia. Se determinó que el nivel socioeconómico es alto y las tareas de prevención en general se efectúan asiduamente, por lo cual el grado de vulnerabilidad está asociado a la escasa educación que poseen los residentes ante una emergencia.

El análisis de la vulnerabilidad económica se estudió para las actividades económicas que caracterizan a la región ellas son: el turismo, la agricultura y la ganadería. A través de entrevistas y consulta de artículos periodísticos se identificó que los productores agropecuarios en situación de desastre reciben asistencia económica gubernamental, mientras que los propietarios de emprendimientos turísticos no.

La vulnerabilidad física, se analizó a través de los índices de ocupación, colindancia y dispersión y la cantidad de población según el INDEC. Se determinó que la población de Villa Ventana posee una vulnerabilidad muy alta, VSLG- San Andrés alta y Sierra de la Ventana media.

El rol de las instituciones del Estado y de las organizaciones no gubernamentales en la gestión de riesgo de incendio se evaluó teniendo en cuenta las acciones para reducir el impacto de las peligrosidades en las localidades analizadas. En cuanto a las tareas de prevención, los gobiernos municipales se encargan del mantenimiento de la cartelería existente en los centros urbano-turísticos y en la RP 76. Las autoridades y docentes de las instituciones educativas de nivel inicial, primario y medio, reconocieron la ausencia de la temática en los contenidos a enseñar, sin embargo manifestaron interés en incorporarla a la currícula escolar.

Con respecto al cuerpo de bomberos voluntarios, las localidades de Tornquist, Villa Ventana y Sierra de la Ventana poseen cuarteles con equipamiento para combatir incendios forestales. Los bomberos de Tornquist son los especializados en este tipo de fuegos, reciben asistencia del Servicio Nacional de Manejo del Fuego y en caso de emergencia existe coordinación entre los distintos cuarteles, la municipalidad y la policía.

La última dimensión de la vulnerabilidad, la ecológica, se trabajó a partir del análisis de la evolución del NDVI y SAVI, de entrevistas a informantes clave y de estadísticas oficiales de visitantes. La respuesta post-fuego de los índices verdes aplicados muestra una importante regeneración de la vegetación. Sin embargo estudios más detallados aseguran que las consecuencias sobre la biodiversidad son negativas y se manifiestan con el tiempo, dado que las especies exóticas avanzan sobre el ecosistema natural. A esta problemática debe sumarse la percepción de la población, que considera que el ecosistema serrano se recupera rápidamente dado que la vegetación se regenera en pocos meses. Según ellos, los que realmente están afectados son los propietarios de emprendimientos turísticos que ven disminuida la afluencia de turistas en el período de recuperación de la vegetación.

Luego de analizar las peligrosidades y vulnerabilidades, es posible realizar una primera identificación del riesgo, a partir de la exposición. Se estudiaron que personas, objetos y construcciones son vulnerables a determinadas peligrosidades. Para ello se integraron y relacionaron los diferentes subíndices realizados dado que la exposición no es simplemente una distribución espacial sino una expresión de un proceso histórico, es decir, es la materialización en el territorio de la construcción social del riesgo.

La segunda identificación del riesgo se realiza a partir del análisis de la incertidumbre, la que es producto del desconocimiento de las tres dimensiones estudiadas, el riesgo existe cuando no es posible una cuantificación, es decir cuando no es posible caracterizarlas. En

el área de estudio se realizaron investigaciones sobre la temática abordada, en ellas se estudiaron la peligrosidad y vulnerabilidad, información necesaria pero incompleta para reducir los niveles de incertidumbre. Por ello la presente tesis representa una contribución para la comprensión de la complejidad de la problemática planteada.

Considerar la incertidumbre permite reducir las consecuencias negativas de la ocurrencia de incendios forestales y aporta información para trabajar sobre las políticas de prevención, mitigación y reconstrucción. Por ello, luego de analizar todas las dimensiones del riesgo se delinearon propuestas para abordar la problemática que incluyen a los diferentes actores involucrados, es decir, a la población, las instituciones educativas, los bomberos voluntarios y las autoridades políticas.

Para finalizar, la investigación llevada a cabo permite corroborar las hipótesis planteadas “el riesgo de incendio forestal en un sector de la Comarca de la Sierra de la Ventana se debe a la elevada carga de combustible disponible, a las condiciones meteorológicas y topográficas que favorecen la propagación del fuego y al aumento de las construcciones en áreas forestales” y “la vulnerabilidad de la población ha aumentado en los últimos 20 años debido al auge turístico que experimenta la región y al avance de la urbanización sobre áreas forestales que modifican el ciclo natural de incendios”.

BIBLIOGRAFÍA

AGUADO, I. y RODRIGUEZ y SILVA, F. 2004. *El factor meteorológico en los incendios forestales*. En: CHUVIECO, E. y MARTIN ISABEL, M.P. (comp.). 2004. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid: Bouncopy, pp. 63-93.

AGUADO, I. y CAMIA, A. 1998. “Fundamentos y Utilización de Índices Meteorológicos de Peligro de Incendio”. *Serie Geográfica*. Madrid: Universidad de Alcalá, vol.7, pp. 49-58.

ALVAREZ ROGEL, Y. 2000. Aplicación de tecnología SIG al estudio del riesgo y prevención e incendios forestales en el área de Sierra Espuña-Gebas (Región de Murcia). Tesis de Doctorado en Geografía. Murcia, España. Universidad de Murcia, Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional, 363 pp.

ANDER-EGG, E. 1986. Técnicas de investigación social, 21^o edición. Buenos Aires: Humanitas, 500 pp.

ANDREWS, P.L. 1986. BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system. BURN subsystem, part 1. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-194, 130 pp.

ANDREWS, P.L. y QUEEN, L.P. 2001. “Fire modeling and information system technology”. *International Journal of Wildland Fire*. Melbourne: International Association of Wildland Fire, vol. 10, pp. 343-352.

ANGELES, G. 1995. Evaluación del riesgo potencial de incendios en un área seminatural, Villa Ventana y sectores adyacentes. Tesis de Licenciatura en Geografía. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 51 pp.

ARAGONESES, C. y RÁBADE, J.M. 2008. *Propuesta Metodológica para el Análisis de la Vulnerabilidad y de la Gravedad Potencial de los Incendios Forestales en el Marco de*

la Protección Civil. En: GONZALEZ CABAN, A. (Coord.) 2008. Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global. Washington: USDA, pp.149-160.

ARGAÑARAZ, J.P. 2016 Dinámica espacial del fuego en las Sierras de Córdoba. Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 238 pp.

ÁVILA-FLORES, D., POMPA-GARCÍA M. y VARGAS-PÉREZ E. 2010. “Análisis espacial de la ocurrencia de incendios forestales en el estado de Durango”. *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo, vol. 16, n° 2, pp. 253-260.

BACKHOFF ESCUDERO, E. Educación y cultura de la prevención. Diario: El Universal, México, 25/9/17 [En línea], <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/eduardo-backhoff-escudero/nacion/educacion-y-cultura-de-la-prevencion> [27 de enero de 2018].

BACHMANN, L. 2008. La educación ambiental en Argentina, hoy. Documento marco sobre Educación Ambiental Dirección Nacional de Gestión Curricular y Formación Docente Áreas Curriculares. [En línea], <http://educacion.gov.ar> [27 de enero de 2018].

BALCH, J., D'ANTONIO, C., GÓMEZ-DANS, J. 2013. “Introduced annual grass increases regional fire activity across the arid western USA (1980–2009)”. *Global Change Biology*. New Jersey: Wiley-Blackwell, vol. 19, pp. 173–183.

BARRENECHEA, J., GENTILE, E., GONZÁLEZ, S. y NATENZON, C. 2003. *Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo*. En LAGO MARTÍNEZ, S.; GÓMEZ ROJAS, G. y MAURO, M. (Comp.). 2003. En torno a las metodologías. Abordajes cualitativos y cuantitativos. Buenos Aires: Editorial Proa, pp. 1-13.

BARRERA, M. y FRANGI, J. 1997. “Modelo de estados y transiciones de la arbustificación de pastizales de Sierra de la Ventana, Argentina”. *Ecotrópico*. [En línea]. Mérida: Sociedad Venezolana de Ecología, ULA, vol 10, N° 2, <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/25616/1/articulo8.pdf> [24 de abril de 2014].

BARSI, J; BARKER, J. y SCHOTT, J. 2003. *An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument*. En: Geoscience and Remote Sensing Symposium. Toulouse, vol. 5, pp. 3014-3016.

BARSI, J., SCHOTT, J., PALLUCONI, F. y HOOK, S. 2005. *Validation of a Web- Based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band Instruments*. En: *Earth Observing Systems X*. Bellingham: International Society for Optics and Photonics, pp. 5882.

BLACKMARR, W.H. y FLANNER, W.B. 1968. “Seasonal and diurnal variation in moisture content of six species of Pocosin shrubs”. Carolina del Norte: USDA-Forest Service, n° 33.

BODÍ, M., MARTIN, D., BALFOUR, V., SANTÍN, C., DOERR, S.; PEREIRA, P.; CERDÁ, A. y MATAIX-SOLERA, J. 2014. “Wildland fire ash: Production, composition and eco-hydro-geomorphic effects”. *Earth-Science Reviews*. Elsevier Inc, vol. 130, pp. 103-127.

BOND, W.J. y KEELEY, J.E. 2005. “Fire as a global “herbivore”: The ecology and evolution of flammable ecosystems”. *Trends in Ecology & Evolution*. Londres: Cell Press Elsevier, vol. 20, pp. 387-394.

BOULLON, R. 1986. *Planificación del Espacio Turístico*. México: Trillas. México, 245 p.

BOWMAN, D., MURPHY, B., BOER, M., BRADSTOCK, R., CARY, G., COCHRANE, M., FENSHAM, R., KRAWCHUK, M., PRICE, O. y WILLIAMS, R. (2013). “Forest fire

management, climate change, and the risk of catastrophic carbon losses”. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 11, n°2, pp. 66-68.

BRAN, D., CECCHI, G., GAITÁN, J., AYESA, J. y LÓPEZ, C. 2007. “Efecto de la severidad de quemado sobre la regeneración de la vegetación en el Monte Austral”. *Ecología Austral*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Ecología, vol. 17, pp. 123-131.

BRAUN, J.; JONES, B.; LEE, J; WOOLFORD, D.; y WOTTON, M. 2010. “Forest Fire Risk Assessment: An Illustrative Example from Ontario, Canada”. *Journal of Probability and Statistics*. Toronto: Canadian Center of Science and Education, vol. 2010, pp. 1-26.

BROWN, A. y KENNETH, D. 1979. *Fire Danger Rating*. En Brown, A. y Davis, K. (Ed.). 1979. *Forest Fire Control and Use*. New York: Mc Graw-Hill, pp. 217-235.

BURGAN, R.E., KLAVER, R.W. y KLAVER, J.M. 1998. “Fuel models and fire potential from satellite and surface observations”. *International Journal of Wildland Fire*. Melbourne: International Association of Wildland Fire, vol. 8, pp. 159-170.

BURGOS, J. 1968. “El clima de la Provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo”. *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. INTA, n° 4, pp. 34-97.

BUZAI, G. 2001. “Geografía global, el paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI”. *Estudios Geográficos*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, vol. 62, n° 245, pp. 621-648.

BUZAI, G. y BAXENDALE, C. 2006. “Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica”. Buenos Aires: Lugar Editorial, 397 pp.

BUZAI, G. y BAXENDALE, C. 2011. *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Perspectiva Científica Temáticas de base raster*. Buenos Aires: Lugar Editorial, 304 pp.

CABRERA, A. 1971. "Fitogeografía de la República Argentina". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Córdoba: Sociedad Argentina de Botánica, vol. XIV, n° 1 -2, pp. 1-42.

CALMELS A. 1960. Relato de un viaje de estudios geológicos a la sierra de Curamalal. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur, 48 pp.

CALVO, A. y VIAND, J. *Vulnerabilidad social e institucional: la inundación del 2003 en la ciudad de Santa Fe*. En: NATENZON, C y RIOS, D. (Eds.) 2015. Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. Buenos Aires: Ediciones Imago Mundi, pp. 115-138.

CAMPO, A. 2000. Educación y prevención de desastres. [En línea]. Costa Rica: UNICEF, disponible en: <http://www.desenredando.org/public/libros/2000/eypd/EducacionYPrevencionDeDesastres-1.0.1.pdf> [17/11/2016].

CAMPO, A., DI CROCHE, N., ALDALUR, B. y NAPAL, P. 2011. "Análisis geométrico y legal de la traza de "La Trochita" patrimonio histórico y cultural de la Comarca Serrana". *Geoacta*. CABA: Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas, vol. 36, n° 1.

CARLSON, T. y RIPLEY, D. (1997). "On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index". *Remote sensing of Environment*, Elsevier Inc, n° 62, pp. 241-252.

CARDONA, O. 1993. *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planificación del desarrollo*. En: MASKREY, A. (Comp.). 1993. Los desastres no son naturales. Colombia. Tercer mundo, pp. 45-65.

CARRICA, J. y LEXOW, C. 2004. "Evaluación de la recarga natural al acuífero de la cuenca superior del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires". *Revista de la*

Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires: Sociedad Geológica Argentina, vol. 59, n° 2, pp. 281-290.

CARUSO, M.J. 2007. Turismo y desarrollo sustentable: Propuestas para el partido de Coronel Suarez, provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis de Licenciatura en Turismo. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 145 pp.

CASADO, A.L. 2006. Modelo digital para la prevención de incendios forestales en el área de Villa Ventana. Tesis de Licenciatura en Geografía. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de geografía y Turismo, 113 pp.

CASTILLO, J., CARDENAS, M., GORDILLO, R. y VÁZQUEZ, J. 2011. “Un modelo de pronósticos para predicción de incendios en la provincia de Córdoba”. *XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* [En línea]. Rosario, Universidad Nacional de Rosario, p. 221-224, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20008> [12/2/18].

CASTILLO, M., GARFIAS R., JULIO, A. y GONZÁLEZ, L. 2012. “Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile”. *Interciencia*. Caracas: Asociación Interciencia, vol. 37, n° 11, pp. 796-804.

CASTILLO, M., JULIO, G. y QUINTANILLA, V. 2011. “Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. Chile Central”. *Territorium*. VILARINHO LSA: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, vol. 18, pp. 247-254.

CATRY, F.; ALMEIDA, R. y REGO, F. 2004. “Produção de cartografia de visibilidades para Portugal Continental. A importância da sua utilização na vigilância contra incêndios florestais”. *Silva Lusitana*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Agraria. Vol. 12, n° 2, pp. 227-241.

CECCATO, P., FLASSE, S., TARANTOLA, S., JACQUEMOUD, S. y GRÉGOIRE, J.M. 2001. "Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain". *Remote Sensing of Environment*. Elsevier Inc., nº 77, pp. 22-33.

CECCATO, R., MARZANO, R., BOVIO, G., WOLYNSKI, A y ZANIN, M. 2007. Piano antincendi boschivi della Provincia Autonoma di Trento: metodo sperimentale per l'analisi del pericolo di incendio boschivo. En: Atti 11° Conferenza Nazionale ASITA. Torino: Federazione ASITA, pp. 6 - 9.

CHANDER G. y MARKHAM, B.L. 2003. "Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures, and post-calibration dynamic ranges". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. vol. 41, nº 11, pp. 2674-2677.

CHANDER G., MARKHAM, B.L. y BARSÍ J.A. 2007. "Revised Landsat 5 Thematic Mapper radiometric calibration". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 4, nº3, pp. 490-494.

CHUVIECO, E. 2008. Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona: Ariel, 594 pp.

CHUVIECO, E., AGUADO, I., YEBRA, M., NIETO, H., MARTÍN, M., VILAR, L., MARTÍNEZ, J., PADRÓN, D., MARTÍN, S. y SALAS, J. 2007. *Generación de un Modelo de Peligro de Incendios Forestales mediante Teledetección y SIG*. En: Martín (Comp.). 2007. Teledetección. Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Mar del Plata: Asociación Española de Teledetección, pp. 19-26.

CHUVIECO SALINERO, E. y MARTIN ISABEL, M.P. (editores).2004. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid: Bouncopy, 190 pp.

COCERO D., AGUADO, I., ALONSO M., CAMARASA, A., CHUVIECO, E., KYUN, I., MARTIN, M.P. Y SALAS, F. 1996. *Análisis de índices meteorológicos, imágenes de*

satélite y humedad del combustible en la estimación del peligro de incendios forestales. En: Modelos y Sistemas de Información en Geografía. Vitoria: A.G.E. y Universidad del País Vasco, pp. 182-191.

COCERO, D., RIAÑO, D. y CHUVIECO, E. 1998. "Estimación de la humedad de la vegetación usando imágenes de satélite e índices meteorológicos de peligro de incendios". *Serie Geográfica*. Madrid: Universidad de Alcalá, vol.7, pp. 59-72.

COCERO, D., RIAÑO, D., MEZA, E. y CHUVIECO, E. 2004. *Cartografía del tipo y estado de los combustibles*. En: CHUVIECO, E. y MARTIN ISABEL, M.P. (comp.). 2004. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid: Bouncopy, pp. 33-100.

COCERO, D., RIAÑO, D., VAUGHAN, P., MARTÍNEZ, J. y CHUVIECO, E. 1999. *Sensibilidad de distintos índices de vegetación para determinar la humedad del combustible*. En Castaño Fernández, S. y Quintanilla Rodenas, A. (Ed.). 1999. Albacete: VIII Congreso Nacional de Teledetección, pp. 267-270.

COCERO, D. y CHUVIECO, E. 2004. "Combinación de NDVI y temperatura de superficie para la estimación del contenido de humedad de los combustibles en la valoración del peligro de incendios forestales". *Revista de Teledetección*. Valencia: Asociación Española de Teledetección, nº 21, pp. 41-45.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2008. "Incendios forestales". *Serie Fascículos*. [En línea]. México D.F: Centro Nacional de Prevención de Desastres, <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones.htm> [18 noviembre 2009].

CONTRERAS RIVAS, K. 2008. Control y combe de incendios forestales. Tesis de Master en Sistemas de Información Geográfica. Cataluña, España. Fundació Politècnica de Catalunya, 152 pp.

COZZANI, N. y ZALBA, S. 2009. “Estructura de la vegetación y selección de hábitats reproductivos en aves del pastizal pampeano”. *Ecología austral*. [En línea]. Córdoba: Asociación Argentina de Ecología, vol. 19, n° 1, pp. 35-44, disponible en: <http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/> [4 abril 2016].

CUEVAS, Y. y ZALBA, S. 2009. “Control de pinos invasores en el Parque Provincial Ernesto Tornquist (Buenos Aires): áreas prioritarias y análisis de costos”. *BioScriba*. [En línea]. Bahía Blanca: Tellus, vol. 2, n° 2, pp. 76-89, disponible en: <http://www.bioscriba.org.ar/volumenes/> [4 abril 2016].

DALMASSO A., MARTÍNEZ CARRETERO E., VIDELA F., PUIG S. y CANDIA R. 1999. “Reserva Natural Villavicencio (Mendoza, Argentina). Plan de Manejo”. *Multequina*. Mendoza: Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas, UNCuyo, vol. 8, pp. 11-50.

DE SANTIS, A. y VAUGHAN, P. 2009. “Revisión de las técnicas de identificación cartográfica de áreas quemadas”. *Recursos Rurais*. Santiago de Compostela: Instituto de Biodiversidade agraria e Desenvolvemeto, N° 5, pp. 93-100

DE SMITH, M., GOODCHILD, M. y LONGLEY, P. 2015. *Geospatial analysis. A comprehensive guide to principles, techniques and software tool*. Winchelsea: Winchelsea Press, 60 pp.

DE VICENTE Y LOPEZ, F. 2012. *Diseño de un modelo de riesgo integral de incendios forestales mediante técnicas multicriterio y su automatización en sistemas de información geográfica Una aplicación en la Comunidad Valenciana*. Tesis de Doctorado en Geografía. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid, 181 pp.

DENEGRI. A., TORANZO, L., RUBENACKER, A., CAMPITELLI P. y KARLIN, M. 2014. “Efecto de los incendios forestales sobre las propiedades del suelo”. *NEXO*

Agropecuario. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, vol. 2, n°1-2, pp. 10-14.

DEL GRANADO COSIO, J. 2003. “Memoria explicativa. Mapa de riesgo socionatural específico”. [En línea]. La Paz, Programa de prevención de riesgos, atención de emergencias y reconstrucción del Municipio de la Paz, disponible en: <http://www.eird.org/estrategias/pdf/spa/doc15099/doc15099.htm>

DEL RÍO, J., MOMPÍN, M. y GARCÍA, J. A. 2007. “Aportaciones al cálculo de la distancia de detección de humos de las torres de vigilancia de incendios forestales”. *GeoFocus*. Madrid: Asociación de Geógrafos Españoles, n° 7, pp. 235-255.

DI BELLA, C., GONZÁLEZ ALONSO, F., ORICCHIO, P., BRAN, D., AYESA, J., LÓPEZ, C. y REBELLA, C. 1999. *Monitoreo y determinación del riesgo de incendios forestales utilizando imágenes NOAA-AVHRR en la región patagónica argentina*. En: CASTAÑO FERNANDEZ, S y QINTANILLA RODENAS, A. (Ed.). 1999. VIII Congreso Nacional de Teledetección. Albacete: Asociación Española de Teledetección, pp. 283-286.

DI CROCHE, N., ALDALUR, B. y CAMPO, A. 2007. Recuperación patrimonial del ramal ferroviario Sierra de la Ventana Ex Club Hotel de la Ventana: La Trochita. IV Seminario Ordenamiento Territorial. Mendoza: Facultad de Filosofía y Letras, UNCuyo, s/f.

DIAZ DELGADO, R. y PONS, X. 1999. “Seguimiento de la regeneración vegetal post-incendio mediante el empleo del NDVI”. En: CASTAÑO FERNÁNDEZ, S. y QUINTANILLA RODENAS, A. (comp.). 1999. Teledetección. Avances y Aplicaciones. Albacete: Asociación Española de Teledetección, pp. 263-266

DIAZ DELGADO, R. 2003. “Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia postincendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite”.

Ecosistemas. Madrid: Asociación Española de Ecología terrestre, Año XXII, nº 3, pp. 223-233.

DÍAZ-DELGADO HERNÁNDEZ, R. 2000. Caracterización mediante teledetección del régimen de incendios forestales en Cataluña (periodo 1975-98) y su influencia en los procesos de regeneración. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Barcelona, España. Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i d'Ecologia Facultat de Ciències, 275 pp.

DIRECCION GENERAL DE CULTURA Y EDUCACION. 2008. "Diseño curricular para la educación inicial". [En línea]. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, disponible en: <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/> [01/02/2018]

DIRECCION GENERAL DE CULTURA Y EDUCACION. 2008. "Diseño Curricular para la Educación Primaria: Segundo Ciclo". [En línea]. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, disponible en: <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/> [01/02/2018]

DIRECCION GENERAL DE CULTURA Y EDUCACION. 2012. "Diseño Curricular para la Educación Secundaria 6º año: Orientación Ciencias Sociales". [En línea]. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, disponible en: <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/> [01/02/2018]

DRAPER, N. y SMITH, H. 1981. Applied regression analysis. New York: Ed. John Wiley.

ESRI. 2012. ArcGis 10.1. *What is ArcGis?* Redlands.

ESTRELA NAVARRO, M.J., PASTOR GUZMÁN, F., VALIENTE PARDO, J. y ALLOZA, J. 2005. “Integración de una cartografía de vientos en situaciones meteorológicas de riesgo de incendios forestales en la comunidad valenciana mediante un SIG”. *Geofocus*. Madrid: Asociación de Geógrafos Españoles, nº 5, pp. 94-114.

FAO. 2007. “Fire management - global assessment 2006. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2007”. *FAO Forestry Paper 151* [En línea]. Roma, FAO, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/a0969e/a0969e00.htm> [12/2/2017].

FERNANDEZ GARCIA, F. 2007. *Creación de nuevos mapas a partir del MDE. Aplicación a las funciones de análisis de superficies*. En: MORENO JIMÉNEZ, A. (Coord.). 2007. *Sistemas y análisis de a información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. Madrid: RA-MA, pp. 629-649.

FERNÁNDEZ MÉNDEZ, F., VELASCO SALCEDO, V., GUERRERO CONTECHA, J., GALVIS, M. y VIANA NERIS, A. 2016. “Recuperación ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la microcuenca Tintales (Boyacá, Colombia)”. *Colombia Forestal*. Bogotá: Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, U. Distrital F.J. de Caldas, vol. 19, nº 2, pp. 143-160.

FINNEY, M.A. 1998. *FARSITE: fire area simulator-model development and valuation*. USDA Forest Service. Rocky Mountain Research Station, General Technical Report, RMRS-RP-4, 52 pp.

FINNEY, M.A., 2004. *FARSITE: fire area simulator—model development and evaluation (revised)*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report, RMRS-RP-4, 52 pp.

FIORI, S., SCOROLLI, A. y ZALBA, S. 1997. Plan de Manejo Parque Provincial Ernesto Tornquist. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur, Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, 80 pp. (Inédito).

FISCHER, M. A., DI BELLA, C. y JOBBÁGY, E. 2007. *Factores que controlan la distribución espacio-temporal de los incendios en la región semiárida argentina*. En: MARTIN (Ed.). 2007. Teledetección - Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Mar del Plata: Asociación Española de Teledetección, pp. 277-282.

FRANGI, J. y BOTTINO, O. 1995. “Las comunidades vegetales de la Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires, Argentina”. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. La Plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestal, UNLP, t. 71, pp. 93-133.

FERREIRA FREIRE, N. y NATENZON, C. 2013. “Vulnerabilidad Social, Inundaciones Catastróficas y Geo-tecnologías en Regiones Subdesarrolladas. Riesgo e Incertidumbres en el Litoral Norte de la Provincia de Alagoas–Brasil”. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, vol. 6, n°5, pp. 1227-1315.

FUNDACIÓN+ÁRBOLES, s/f. Disponible en: <http://cortafuegos.esy.es> [27 de enero de 2018]

GIL, V. 2009. Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas. Tesis de Doctorado en Geografía. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 269 pp.

GIL, V. y CAMPO, A. 2000. *Cuenca del Arroyo del Oro: Características hidrográficas y los efectos sobre la población*. En: Actas III Jornadas de Geografía Física, Universidad del Litoral. Santa Fe, pp. 153-159.

GIORGIS, M., CINGOLANI, A. y CABIDO, M. 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”. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Córdoba: Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, vol. 48, n° 3-4, pp. 493-513.

GÓMEZ GARCÍA, N. 2007. *Operaciones de geoprocésamiento en capas vectoriales*. En: MORENO JIMÉNEZ, A. (Coord.). 2007. *Sistemas y análisis de a información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. Madrid: RA-MA, pp. 545-572.

GONZÁLEZ CALVO, A., HERNÁNDEZ LEAL, P., ARBELO, M., BARRETO, A y ARVELO-VALENCIA, L. 2007. *Evaluación del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos AVHRR y MODIS*. En: RIVAS, R., GRISOTTO, A y SACIDO, M. (comp.). 2007. *Teledetección. Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional*. Mar del Plata: Martín, pp. 27-33.

GONZALEZ TAGLE, MA., SCHWEDENMANN, L., JIMENES PEREZ, J. y HIMMELSBACH, W. (2007). “Reconstrucción del historial de incendios y estructura forestal en bosques mixtos de pinoencino en la Sierra Madre Oriental”. *Madera y Bosques*. Coatepec: Instituto de Ecología, vol. 13, n° 2, pp 51-63.

GONZALEZ, S. y RÍOS, D. 2015. *Producción desigual de espacio de riesgo de desastres y transformaciones urbanas recientes en áreas inundables de Buenos Aires. Los casos de Palermo y Tigre*. En: NATENZON, C y RIOS, D. (Eds.) 2015. *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos*. Buenos Aires: Ediciones Imago Mundi, pp. 139-163.

GRIPPO, S. y VISCIARELLI, S.M. 2007. “La acción territorializadora del turismo residenciado. Su relación con las políticas públicas y la promoción inmobiliaria”. *Ciencias Sociales Online*. Viña del Mar: Universidad de Viña del Mar, vol. IV, n° 2, pp. 1-14.

HARDY, C.C. y HARDY, C.E. 2007. "Fire danger rating in the United States of America: an evolution since 1916". *International Journal of Wildland Fire*. Melbourne: International Association of Wildland Fire, vol. 16, pp. 217-231.

HARRINGTON, H. 1947. "Explicación de las hojas geológicas 33m y 34m, Sierras de Curamalal y de la Ventana, provincia de Buenos Aires". Buenos Aires: Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 61, pp. 43.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P. 2008 *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill, 475 pp.

HERZER, H. 2011. "Construcción del riesgo, desastre y gestión ambiental urbana: Perspectivas en debate". *Revista Virtual REDESMA*. [En línea]. La Paz: Centro Boliviano de Estudios Multidisciplinarios, vol. 5, n° 2, disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1995-10782011000200008&script=sci_arttext [17/11/2016].

HUETE, A.R. 1988. "A soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)". *Remote Sensing of Environment*. Estados Unidos, n° 25, pp. 295-309.

HUNT, E.R. y ROCK, B.N. 1989. "Detection of changes in leaf water content using Near- and Middle-Infrared reflectances". *Remote Sensing of Environment*. Estados Unidos, n° 30, pp. 43-54.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. 2010. Disponible en: <http://www.indec.gov.ar>. Fecha de consulta [17/07/17].

IVANDIC, F. 2007. "Incendios Forestales en la interfase urbano rural: Características y formas de proceder". *Medio Ambiente*. Bariloche: INTA, n°7, pp. 35-40.

JACKSON, T.J., CHEN, D., COSH, M., LI, F., ANDERSON, M., WALTHALL, C., DORIASWAMY, P. y RAY HUNT, E. 2004. “Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans”. *Remote Sensing of Environment*. Estados Unidos, nº 92, pp. 475-482

JIMÉNEZ MUÑOZ, J. y SOBRINO, J. 2003. “A generalized singlechannel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. American Geophysical Union, vol. 118, pp. n/a.

JIMÉNEZ RUANO, A., PÉREZ CABELLO, F. y MONTORIO LLOVERÍA, R. 2016. “Niveles de LAI/FPAR en superficies afectadas por incendios forestales en Aragón. Análisis mediante el producto MCD15A2 de MODIS”. *Pirineos*. Madrid: Instituto pirenaico de Ecología, vol 171, pp. 1-13.

JOLY, F. 1979. *La cartografía*. Barcelona: Ariel, 280 pp.

KOPTA, F. 1999. “Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba”. [En línea] Córdoba: Fundación Ambiente, Cultura y Desarrollo ACUDE, disponible en: http://www.fundacionacude.org/ver_seccion.php?idSeccion=3&idNoticias=0 [17/11/2017].

KRISTENSEN, J. y FRANGI, L. 1995a. “Mesoclimas de pastizales de la Sierra de la Ventana”. *Ecología Austral*. [En línea]. Buenos Aires: Asociación Argentina de Ecología, vol. 5, nº 1, disponible en: <http://www.ecologiaaustral.com.ar/index2.php> [22 de abril de 2016]

KRISTENSEN, J. y FRANGI, L. 1995b. “La Sierra de la Ventana: una isla de biodiversidad”. *Ciencia Hoy*. [En línea]. Buenos Aires: Asociación Civil Ciencia Hoy, vol. 5, nº 30, disponible en: <http://www.cienciahoy.org.ar/ch/vol5.htm> [10 de abril de 2016].

LA NUEVA PROVINCIA. Empezó la reconstrucción en el Abra de la Ventana. Bahía Blanca, 03/02/2008, Policiales y judiciales, p.11.

LA NUEVA PROVINCIA. El fuego herramienta vieja con uso nuevo. Bahía Blanca, 29/03/2008, Con el campo, p. 17.

LA NUEVA PROVINCIA. Más de mil hectáreas se quemaron cerca de Sierra. Bahía Blanca, 03/02/2014, Seguridad, disponible en: <http://www.lanueva.com> [29/06/2017].

LAVELL, A y FRANCO, E. (Ed.). 1996. Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina. En busca del paradigma perdido. Lima: Tarea asociación gráfica educativa, 405 pp.

LEBLON, B., ALEXANDER, M., CHEN, J. y WHITE, S. 2001. "Monitoring fire danger of northern boreal forests with NOAA-AVHRR NDVI images". *International Journal of Remote Sensing*. Nottingham: Remote Sensing and Photogrammetry Society, vol. 22, pp. 2839-2846.

LIBONATI, R., SILVA, P., DA CAMARA, C. y BASTOS, A. 2016. "Future projections of fire danger in Brazilian biomes in the 21st century". En: EGU. Geophysical Research Abstracts, Viena

LINSLEY, R. 1977. Hidrología para ingenieros. Bogotá: McGraw-Hill, 286 pp.

LIZZI, J., MARTIN, F., GOLLUSCCIO, R. y DEREGIBUS, A. 2007. "Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires". *Ecología Austral*. [En línea]. Buenos Aires: Asociación Argentina de ecología, vol. 17, n° 2, <http://www.ecologiaaustral.com.ar/index2.php> [10 de abril de 2016].

LLORET, F.2003. "Gestión del fuego y conservación en ecosistemas mediterráneos". *Ecosistemas*. Madrid: Asociación Española de Ecología Terrestre, AEET, vol. 12, n° 2.

MARTIN, M.P. y CHUVIECO, E. 2001. "Propuesta de un nuevo índice para cartografía de áreas quemadas: aplicación a imágenes NOAA-AVHRR y Landsat-TM". *Revista de Teledetección*. Madrid: Asociación Española de Teledetección, nº 16, pp. 57-64.

MARTÍNEZ, J., CHUVIECO, E., MARTÍN, P. 2004. *Estimación de factores de riesgo humano de ignición en España mediante regresión logística*. En: II Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas Contra Incendios Forestales, Córdoba, España, pp. 281-293.

MARTINEZ, J. y MARTIN, M.P. 2004. *Los incendios forestales en España. Análisis de incidencia y causalidad*. En: CHUVIECO SALINERO, E. y MARTIN ISABEL, M.P. (Comp.). 2004. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid: Buoncopy, pp. 11-32.

MARTINEZ, J., MARTINEZ, J. y MARTIN, M.P. 2004. *El factor humano en los incendios forestales: análisis de factores socio-económicos relacionados con la incidencia de incendios forestales en España*. En: CHUVIECO SALINERO, E. y MARTIN ISABEL, M.P. (Comp.). 2004. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid: Buoncopy, pp. 101-142.

MASKREY, A. (Ed), 1998. *Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina*. Lima: ITDG, La red. 344 pp.

MENDICOA, G. 2003. *Sobre tesis y tesisas; lecciones de enseñanza-aprendizaje*. Buenos Aires: Espacio, 220 pp.

MICHALIJOS, M.P., GERALDI, A., GUERRERO, A. y VISCIARELLI, S.M. 2013. *Multidimensionalidad de los procesos dinamizadores del territorio. Estudio de caso: Villa Serrana La Gruta, Partido de Tornquist, Pcia de Buenos Aires*. En: 2013. IV Congreso

Nacional de Geografía de Universidades Públicas y XI Jornadas Cuyanas de Geografía. Mendoza: UNCuyo, pp.1-13.

MICHALIJOS, M.P. y UBOLDI, J. 2013. “Propuesta metodológica para la evaluación de áreas afectadas por incendios mediante el uso de imágenes satelitales (Sierra de la Ventana, Argentina).” *Revista Norte Grande*. Santiago: Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, n° 56, pp. 223-234.

MICHALIJOS, M.P. y ZAPPERI, P. 2015. “Análisis morfométrico aplicado a la caracterización de redes fluviales para la gestión de peligro de incendios forestales (Sierra de la Ventana, Argentina)”. *Revista del Departamento de Geografía*. San Miguel de Tucumán: Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNT, año XIV, n° 15, pp: 53-70.

MONDINO, L. 2013. Propuestas turísticas-recreativas para diversificar la oferta de turismo de naturaleza en Sierra de la Ventana. Tesis de Licenciatura en Turismo. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de geografía y Turismo, 79 pp.

MOODY, J., MARTIN, D., ROBICHAUD, P. y SHAKESBY, R. 2014, “Fostering post-wildfire research”. *Eos*. Washington: American Geophysical Union, vol. 95.

MORAGA PERALTA, J. 2010. “Evaluación del riesgo ante incendios forestales en la cuenca del río Tempisque, Costa Rica”. *Revista Geográfica de América Central*. Heredia: Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica (EUNA), vol. 2, n° 45, pp. 33–64.

MORENO JIMÉNEZ, A. *Introducción a los SIG y al manejo de archivos de información geográfica con ArcCatalog*. En: MORENO JIMÉNEZ, A. (Coord.). 2007. *Sistemas y análisis de información geográfica*. Madrid: RAMA, pp. 1-17.

MORGAN, G. 2009. *Asia y Australasia manejo de incendios forestales: Una perspectiva regional*. En: GONZALEZ-CABAN, A. (Comp). 2009. *Memorias del Tercer Simposio*

Internacional sobre Economía, Planificación y Políticas de Incendios Forestales: problemas y enfoques comunes. Washington: USDA, pp. 9-26.

MUNICIPALIDAD DE TORNQUIST. 2002. Plan de ordenamiento territorial de la Comarca de la Sierra de la Ventana, partido de Tornquist. Buenos Aires. La Plata: Editorial Universitaria de La Plata, 167 pp.

MURRAY, S y LARRY, S. 2009. Estadística, 4º edición. México D. F.: McGraw Hill, 577 pp.

NATENZON, C. 1995. “Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre”. [En línea]. Buenos Aires, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Serie Documentos e Informes de Investigación, n° 197, disponible en: <http://www.pirna.com.ar/files/pirna/PUB-Natenzon-Catastrofes-naturales-riesgo-e-incertidumbre.pdf>

NATENZON, N. 2003. Programa de manejo integrado de la cuenca del río Iruya. Informe Final, versión 1. Proyecto PEA N° 58, COD PNUMA 2209, 166 pp.

NATENZON, C. 2015. *Presentación*. En: NATENZON, C y RIOS, D. (Eds.) 2015. Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. Buenos Aires: Ediciones Imago Mundi, pp. IV-XXV.

NIETO SOLANA, H., CHUVIECO SALINERO, E., AGUADO SUAREZ, I., YEBRA ÁLVAREZ, M., GARCÍA ALONSO, M., SALAS REY, J, MARTÍN ISABEL, MP., VILAR DEL HOYO, L., MARTÍNEZ VEGA, J, PADRÓN PAREDES, D. y MARTÍN FERNÁNDEZ, S. 2008. “propuesta de un sistema espacialmente explícito para evaluar el peligro de incendios”. *Serie geográfica*. Madrid: Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, n° 14, pp. 109-130.

NORUM, R y MILLER, M. 1984. Measuring fuel moisture content in Alaska: Standard methods and procedures. General Technical Report. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, 34 pp.

PAOLONI, J., VAZQUEZ, R., y FIORENTINO, E. 1988. *La topografía y la Variación de las Precipitaciones y los Ecurrimientos en el Sistema de Ventania*. En: Actas de las Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses. 1988. Bahía Blanca: CIC pp 651-661.

PASCUAL, M. y MORENO, V. 2001. *Estudio de la regeneración post-incendio del ecosistema forestal mediterráneo mediante imágenes Landsat*. En: IX Congreso Nacional de Teledetección. Lleida: Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, 137-140.

PÉREZ VERDÍN, G., MÁRQUEZ LINARES, M., CORTÉS ORTIZ, A y SALMERÓN-MACÍAS, M. 2013. “Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México”. *Madera y Bosques*. Veracruz: Instituto de Ecología, vol. 19, n° 2, pp. 37-58.

PEZZOLA, A., WINSHEL, C. y SÁNCHEZ, R. 2002. Evaluación de la superficie afectada por incendios en los partidos de Villarino y Patagones, Pcia de Buenos Aires. INTA Hilario Ascazubi, Argentina. Inédito. 20 pp.

POMPA GARCÍA, M. y TREVIÑO GARZA, E. 2004. “Análisis de la cobertura visual de las torres de detección de incendios forestales, en Chihuahua, México”. *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo, vol. 10, n° 2, pp. 125-130.

POTTER, B., y BUTLER, B. (2009). “Using wind models to more effectively manage wildfire”. *Fire management today*. Washington: US Forest Service, n° 62, pp. 40-46.

PRICE, O. F. y BRADSTOCK, R. A. 2013. “The spatial domain of wildfire risk and response in the wildland urban interface in Sydney, Australia”. *Natural Hazards and Earth*

System Sciences. [En línea]. Unión Europea de Ciencias, vol. 13, disponible en: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net> [fecha de consulta 4/08/2016].

RAISON, R., KHANNA, P., JACOBSEN, K., ROMANYA, J. y SERRASOLSES, I. 2009. *Effect of fire on forest nutrient cycles*. En: A. Cerdà y Robichaud, P. (Eds.). 2009. Fire effects on soil and restoration strategies. Florida: Science Publishers, pp. 225-256.

RENDA, M., ROZAS GRAY, M., MOSCARDINI, O y TORCHIA, N. 2017. "Manual para la elaboración de mapas de riesgo" [En línea]. Buenos Aires, Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, disponible en: <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/Manual-elaboracion-mapas-riesgo.pdf>

RINAMED. 2010. "Elaboración y realización de una estrategia común entre actores locales de la región del Arco Mediterráneo Occidental en materia de información y de sensibilización de la población ante los riesgos naturales". III Plan General De Defensa Contra Incendios Forestales. [En línea]. Valencia: Generalitat Valenciana, disponible en: http://www.rinamed.net/docs/prof/incendios_balear.htm [29/11/16].

RODRÍGUEZ ÁLVAREZ, M. 2008. Plan de Protección contra Incendios Forestales para la Comuna de Futrono, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos, Chile. Tesis en Ingeniería Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 70 pp.

ROMERO DIAZ, M. 1989. Las cuencas de los ríos Castril y Guadal (Cabecera de Guadalquivir): estudio hidrogeomorfológico. EXCMO, Ayuntamiento de Huéscar (Granada). Universidad de Murcia. 285 pp.

ROTHERMEL, R. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Utah: USDA Forest Service, 40 pp.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W. y HARLAN, J.C. 1974. Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. Final Report. Estados Unidos: NASA/GSFC, 137 pp.

SALAS REY, J. y CHUVIECO SALINERO, E. 1994. "Sistemas de información geográfica y teledetección en la prevención de incendios forestales: un ensayo en el macizo oriental de la Sierra de Gredos". *Estudios Geográficos*. Madrid: Instituto de Economía, Geografía y Demografía (CSIC), vol. 55, n° 217, pp. 683-710.

SANHUEZA, C. y ZALBA, S. M. 2009. *Invasión de retama (Spartium junceum) en las Sierras Australes Bonaerenses: investigación, acción y manejo*. En: CAZZANIGA, N. y ARELOVICH, H. (Coord.). 2009. *Ambientes y recursos naturales del sudoeste bonaerense: producción, contaminación y conservación*. Actas de las V Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense, Bahía Blanca: UNS, vol. 5, 303-314.

SANVICENTE CALLEJO, E. 1996. *Prevención, protección y lucha contra el fuego*. Madrid: Parainfo, 392 pp.

SCOTT, J. y BURGAN, R. 2005. *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-153, 72 pp.

SCHMUCK, G., SAN-MIGUEL-AYANZ, J. CAMIA, A., DURRANT, T., BOCA, R., LIBERTÀ, G. y SCHULTE, E. *Forest Fires in Europe Middle East and North Africa 2012*. EUR Scientific and Technical Research series. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, European Commission; 2012. 109 p.

SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (SAyDS). 2007. *Programa Nacional de Estadística Forestal*. Dirección de Bosques. 101 pp.

SELLÉS MARTÍNEZ, J. 2001. “Geología de la Ventania (Provincia de Buenos Aires, Argentina)”. *Journal of Iberian Geology*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, vol. 27, pp. 43-69.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1981. *Estadísticas climatológicas, 1961-1970*. Fuerza Aérea Argentina, Buenos Aires. 188 pp.

SETZER, A. y MORELLI, F. 2008. “Occurrences of vegetation fires in the protected areas of the Brazilian Amazonia”. En: *Amazônia em Perspectiva: Ciência Integrada para um Futuro Sustentável*. Conferência Internacional LBA, Manaus.

SHENG, T. 1992. *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: Estudio y planificación de cuencas hidrográficas*. Roma: FAO, 185 pp.

SILVA, P., BASTOS, A., DACAMARA, C.C. y LIBONATI, R. “Future Projections of Fire Occurrence in Brazil Using EC-Earth Climate Model”. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Sao Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, vol. 31, n° 3, pp. 288-297.

TAPIA, G. y CASTILLO, M. 201. “Propuesta de diseño de un sistema de torres de detección de incendios forestales: aplicación a la región Metropolitana de Chile central” *BOSQUE*. Valdivia: Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la Universidad Austral de Chile, vol. 35, n° 3, pp. 399-412.

THORNWAITE, C. W. 1948. “An approach toward a Rational classification of Climate”. *Geographical review*, 38, pp 55-94.

TOLCACHIR, C. y HEGUILÉN, M. 2015. *Planes de emergencia y evacuación*. Bahía Blanca: GRUPO DE ESTUDIOS DE SEGURIDAD E HIGIENE, UTN. INÉDITO.

TSAKOUMAGKOS, P. y NATENZON, C. 2015. *Riesgo ambiental y emergencia agropecuaria. Catástrofes por inundaciones en el partido de San Pedro*. En: NATENZON,

C y RIOS, D. (Eds.) 2015. Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. Buenos Aires: Ediciones Imago Mundi, pp. 29-52.

VALOR, E. y CASELLES, V. 1996. "Mapping land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African and South American Areas". *Remote Sensing of Environment*. Elsevier Inc, vol. 57, n° 3, pp. 167-184

VAN ZUIDAM, R. A., y CANCELADO, F. I. 1979. "Textbook of Photo-Interpretation Terrain analysis and classification using aerial photographs". *International Institute for Aerial Survey and earth Sciences (ITC)*, Eschende, The Netherlands, vol. VII, pp. 3-25.

VASILAKOS, C., KALABOKIDIS, K., HATZOPOULOS, J., KALLOS, G. y MATSINOS, Y. 2007. "Integrating new methods and tools in fire danger rating". *International Journal of Wildland Fire*. Melbourne: International Association of Wildland Fire, vol. 16, pp. 306-316.

VELEZ, R. (coordinador). 2000. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. Madrid: McGraw-Hill, 22.42 pp.

VERDON, D., KIEM, A. y FRANKS, S. 2004. "Multi-decadal variability of forest fire risk—eastern Australia". *International Journal of Wildland Fire*. Melbourne: International Association of Wildland Fire, vol. 13, pp. 165-171.

VERZINO, G., JOSEAU, J., DORADO, M., GELLERT, E., RODRÍGUEZ REARTES, S. y Nóbile, R. 2005. "Impacto de los incendios sobre la diversidad vegetal, Sierras de Córdoba, Argentina". *Ecología Aplicada*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, vol. 4, pp. 1-34.

VIEGAS D.X., VIEGAS T.P. y FERREIRA A.D. (1992) “Moisture content of fine forest fuels and fire occurrence in central Portugal”. *International Journal of Wildland Fire*. Melbourne: International Association of Wildland Fire, vol. 2, pp. 69-85.

VISCIARELLI, S.M. y GRIPPO, S. 2005. *Implicaciones territoriales del desarrollo turístico espontáneo en la provincia de Buenos Aires. El caso de Villa Ventana*. En: CERNADAS, DE BULNES, M. y VAQUERO, MC. (Ed.). 2005. Problemáticas sociopolíticas y económicas del Sudoeste Bonaerense. Bahía Blanca: Ediuns, pp. 230.

WILCHES-CHAUX, G. 1993. *La vulnerabilidad global*. En: MASKREY, A. 1993. (Comp.). Los desastres no son naturales. Colombia. Tercer mundo, pp 9-50.

WINSHEL, C. 2002. Impacto de los incendios forestales en el partido de Villarino. Tesis de Licenciatura en Geografía, Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 67 pp.

YEBRA ÁLVAREZ, M. 2008. Estimación del contenido de humedad de vegetación mediterránea a partir de imágenes MODIS. Tesis de Doctorado en Cartografía, S.I.G. y Teledetección. Madrid, España. Universidad de Alcalá, Departamento de Geografía, 191 pp.

YEBRA ÁLVAREZ, M. y CHUVIECO, E. 2008. “Comparación de Modelos Empíricos y de Transferencia Radiativa para Estimar Contenido de Humedad en Pastizales: Poder de Generalización”. *Revista de Teledetección*. Valencia: Asociación Española de Teledetección, n° 29, pp. 73-90.

YEBRA ÁLVAREZ, M., CHUVIECO, E. y AGUADO, I. 2008. “Comparación de Modelos Empíricos y de Transferencia Radiativa para Estimar Contenido de Humedad en Pastizales: Poder de Generalización”. *Revista de Teledetección*. Valencia: Asociación Española de Teledetección n° 29, pp.73-90.

YEBRA ÁLVAREZ, M., de SANTIS, A. y CHUVIECO, E. 2005. “Estimación del peligro de incendios a partir de teledetección y variables meteorológicas: variación temporal del contenido de humedad del combustible”. *Recursos Rurais*. Santiago de Compostela: Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rura, vol 1, pp. 8-19.

ZALBA, S. M. y CAZZANIGA, N. 2002. *Forestación en el Parque Provincial Ernesto Tornquist cuando los árboles son un problema*. En: VAQUERO, M. C. (comp.). 2002 *Territorio, Economía y Medio Ambiente en el Sudoeste Bonaerense*. Bahía Blanca: UNS, pp. 503-516.

ZINGER, S. 2000. *Relación sociedad-naturaleza en ecosistemas de clima templado semiárido. Caso: Laguna Chasicó. Provincia de Buenos Aires. Tesis de Magister en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano*. Mar del Plata, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, 173 pp.

PAGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.ambiente.gov.ar> [2 de agosto de 2017]

http://www.bomberostornquist.com.ar/sede_cuartel.html [10 de abril de 2017]

http://www.carreterascentrales.com.ar/postes_sos.html

<http://www.comarcaturistica.com.ar/lagruta.html> [4 de junio de 2017]

<http://www.complejoelmirador.com.ar/galeria.html> [4 de junio de 2017]

<http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/concursos/8-conae/822-pronostico-de-indice-de-riesgo-de-incendio-ffdi> [8 de febrero de 2018]

<http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/maps/fw> [8 de diciembre de 2017]

<http://www.estanciacerrodelacruz.com/galeria/pages/P2220015.htm> [4 de junio de 2017]

<http://www.estancialasvertientes.net/cuartelito/index.html> [4 de junio de 2017]

<http://www.fuentedelbautismo.com/inicio/fotos/> [4 de junio de 2017]

<http://www.fundacionfunke.org.ar/galeria.html> [4 de junio de 2017]

<http://www.inpe.br/queimadas/porta/risco-de-fogo-meteorologia> [8 de diciembre de 2017]

<https://inta.gob.ar/documentos/enero-2017-informe-siat-perspectivas-productivas-para-el-extremo-sur-bonaerense> [8 de diciembre de 2017]

<https://sentinel.ga.gov.au/#/> [8 de diciembre de 2017]

<http://www.sierradelaventana.tur.ar> [4 de junio de 2017]

<http://www.tornquistdistrital.com.ar/regionales/noticia/buen-balance-de-vacaciones-en-la-comarca-serrana/attachment/mirador-monumento-natural-cerro-ventana-parque-pcial-ernestotornquist/> [4 de junio de 2017]

<https://www.wfas.net/index.php/fire-danger-rating-fire-potential--danger-32> [8 de diciembre de 2017]

ANEXO

Riesgo de incendio Forestal. Encuesta a residentes de Sierra de la Ventana

El siguiente cuestionario es de carácter anónimo y se realiza con el objetivo de recabar información sobre el conocimiento que posee la población acerca del riesgo de incendio forestal en la Comarca. Los datos recopilados serán utilizados para la elaboración de la tesis doctoral de la Lic. María Paula Michalijos en la Universidad Nacional del Sur.

Edad:

1 ¿Nació en la localidad? SI NO: ¿en qué año se radicó en la localidad?.....

2 En caso de producirse un incendio forestal cerca de la localidad ¿sabe cómo actuar? ¿qué hace?

.....
.....
.....

3 ¿Posee seguro contra incendios? Si NO NO SE

4 ¿Alguna vez participó en un simulacro de evacuación en S. de la Ventana?

SI: ¿cuántas veces?..... NO

5 ¿Le interesaría participar en simulacros? SI NO: ¿por qué?.....

6 ¿Qué medidas preventivas realiza para evitar que se inicie un incendio?

- a) Mantener la limpieza de terrenos
- b) Encender fuego solo en lugares permitidos
- c) Apagar correctamente las fogatas/asados
- d) No arrojar residuos en lugares no permitidos (vidrios, colillas mal apagadas, latas, etc)
- e) Otros.....

Riesgo de incendio forestal. Encuesta a residentes de Villa Ventana

El siguiente cuestionario es de carácter anónimo y se realiza con el objetivo de recabar información sobre el conocimiento que posee la población acerca del riesgo de incendio forestal en la Comarca. Los datos recopilados serán utilizados para la elaboración de la tesis doctoral de la Lic. María Paula Michalijos en la Universidad Nacional del Sur.

Edad:

1 ¿Nació en la localidad? SI NO: ¿en qué año se radicó en la localidad?.....

2 En caso de producirse un incendio en la localidad o cerca de ella ¿sabe cómo actuar? SI NO

.....
.....
.....

3 ¿Posee seguro contra incendios? Si NO

4 ¿Conoce los puntos de encuentro? SI: ¿Cuáles son?..... NO

5 ¿Alguna vez participó en un simulacro de evacuación? SI: ¿cuántas veces?..... NO

6 ¿Le interesaría participar en simulacros? SI NO: ¿por qué?.....

7 ¿Qué medidas preventivas realiza para evitar que se inicie un incendio?

- a) Mantener la limpieza de terrenos
- b) Encender fuego solo en lugares permitidos
- c) Apagar correctamente las fogatas/asados
- d) No arrojar residuos en lugares no permitidos (vidrios, colillas mal apagadas, latas, etc)
- e) Otros.....

Abreviaturas utilizadas

AVPs	<i>(Áreas Valiosas de Pastizal)</i>
AICA	<i>(Área de Importancia para la Conservación de las Aves)</i>
Co	<i>(Cerro)</i>
CEDABA	<i>(Comisión de Emergencia y Desastre Agropecuario de Buenos Aires)</i>
CONAE	<i>(Comisión Nacional de Actividades Espaciales)</i>
DEM	<i>(Modelo Digital del Terreno)</i>
DGCyE	<i>(Dirección General de Cultura y Educación)</i>
EA	<i>(Educación Ambiental)</i>
Ea	<i>(Estancia)</i>
FMC	<i>(Fuel Moisture Content)</i>
ha.	<i>(Hectáreas)</i>
IAQ	<i>(Índice de Área Quemada)</i>
IGN	<i>(Instituto Geográfico Nacional)</i>
IRC	<i>(Infrarrojo Cercano)</i>
MDE	<i>(Modelos Digitales de Elevación)</i>
MDE-Ar	<i>(Modelo Digital de Elevación de la Argentina)</i>
m.s.n.m.	<i>(metros sobre el nivel del mar)</i>
NDII	<i>(Normalized Difference Infrared Index)</i>
NDVI	<i>(Normalized Difference Vegetation Index)</i>
Pcial	<i>(Provincial)</i>
PEA	<i>(Población Económicamente Activa)</i>
PI	<i>(Peligro de Ignición)</i>
PMF	<i>(Plan de Manejo del Fuego)</i>
PNMF	<i>(Plan Nacional de Manejo del Fuego)</i>
PP	<i>(Peligro de Propagación)</i>
PPD	<i>(Población Pasiva Definitiva)</i>
PPET	<i>(Parque Provincial Ernesto Tornquist)</i>
PPT	<i>(Población Pasiva Transitoria)</i>
RP	<i>(Ruta Provincial)</i>
SIG	<i>(Sistemas de Información Geográfica)</i>
SAVI	<i>(Soil Adjusted Vegetation Index)</i>
SWIR	<i>(Short Wave Infrared)</i>
TS	<i>(Temperatura de Superficie)</i>
UNS	<i>(Universidad Nacional del Sur)</i>
UTM	<i>(Universal Transverse Mercator)</i>
VSLG	<i>(Villa Serrana La Gruta)</i>