



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL



Propuesta de Modelo de Indicador de Riesgo Espacial de Incendios a largo plazo: Caso de estudio Sierra de Juárez

Trabajo terminal

Que para obtener el diploma de

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

presenta

AMAYA MIGUEL BARRERA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Ciencias Marinas
Especialidad en Gestión Ambiental

**“PROPUESTA DE MODELO DE INDICADOR DE RIESGO ESPACIAL DE INCENDIOS A LARGO
PLAZO: CASO DE ESTUDIO SIERRA DE JUÁREZ”**

TRABAJO TERMINAL
Que para obtener el diploma de
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presenta:

AMAYA MIGUEL BARRERA

Aprobado por:



Dr. Georges Seingier
-DIRECTOR-



Dra. María Concepción Arredondo García
-SINODAL-



M.C. Hiram Rivera Huerta
-SINODAL-

Ensenada, Baja California, Octubre de 2014

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas las personas que compartieron conmigo su tiempo y su trabajo para conseguir realizar el presente proyecto.

Gracias a la UABC y la Facultad de Ciencias Marinas por la oportunidad de crecimiento personal y profesional que me brindaron. A CONACYT por su apoyo a la investigación y el desarrollo profesional de los estudiantes.

Gracias a mi familia y amigos sin los cuales no hubiera podido concluir esta etapa de mi vida. A todas las personas que de una forma u otra, a veces sin ser conscientes, me animaron a seguir adelante. Gracias a todas ellas por su comprensión, por su apoyo y por su paciencia conmigo en este año que no fue nada fácil para mí. Especialmente doy gracias a la familia Caloca Zepeda por todo lo que me ayudaron en los momentos más difíciles.

Gracias a mi ángel de la guarda por estar conmigo en las buenas y en las malas. Siempre estás presente dándome fuerzas y sacándome una sonrisa cuando todo parece perdido. Gracias por dar un sentido a mi vida. Sin tí nunca hubiera sido lo que soy ahora, sin tí nunca hubiera llegado aquí. Has sido y serás mi motivación en cada proyecto que emprenda y en cada pasó que de. Siempre serás parte de mí e iremos juntos vaya donde vaya. Te quiero.

“Todos provenimos del mar, pero no todos somos del mar.

Aquellos que sí lo somos...hijos de las mareas...

Tenemos que volver a él una y otra vez

Hasta que un día no regresemos dejando sólo aquello que nos ha emocionado por el camino”

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. ANTECEDENTES.....	12
2.1. Los Incendios Forestales en el noroeste de México	12
2.2. La Gestión y Prevención de incendios Forestales	13
2.3. Modelos de Prevención de Incendios	15
3. OBJETIVOS.....	18
3.1. Objetivo general	18
3.2. Objetivos específicos.....	18
4. METODOLOGÍA.....	19
4.1. Diagrama de flujo.....	19
4.2. Caracterización de incendios.....	20
4.3. Análisis de percepción social.....	21
4.4. Desarrollo de un modelo de indicadores.....	22
4.5. Aplicación de un modelo de indicadores.....	27
4.6. Caracterización de la zona de estudio	27
4.6.1. Baja California	27
4.6.2. Área Terrestre Prioritaria de conservación Sierra de Juárez (RTP 12)	28
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	31
6.1. Caracterización de los incendios	31
6.1.1. Incidencia y magnitud	31
6.1.2. Distribución espacial y temporal	32
6.1.3. Causas	34
6.1.4. Vegetación afectada	37
6.2. Percepción social	40
6.3. Modelo de indicadores de riesgo de incendios	42
6.3.1. Modificación del Indicador de causa	42
6.3.2. Modificación del Indicador de combustible	43
6.4. Aplicación del modelo de indicadores.....	44
6.4.1. Indicador de causa.....	44
6.4.2. Indicador Físico-Meteorológico	46
6.4.3. Indicador de combustible	48
6.4.4. Índice final.....	51

7. CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS.....	59
Anexo 1	60
Anexo 2.....	62
Anexo 3.....	64

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Autores nacionales e internacionales que desarrollaron un modelo de indicadores para generar un Índice de Riesgo de Incendios en base a diferentes factores</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2: Variables que conforman el Indicador físico meteorológico y sus correspondientes ponderadores o valores de importancia (Muñoz, 2001).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3 Estaciones meteorológicas dentro de la zona de estudio RTP-12. Fuente: CONAGUA</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4: Ponderador o valor de importancia de la orientación de la pendiente desarrollado por Muñoz Robles en 2001)</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5: Categorías de riesgo del Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) desarrollado.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 6: Evolución de la magnitud de los incendios.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 7: Evolución de la magnitud, incidencia y duración de los incendios forestales en Baja California de 2010 a 2013. Fuente: SEMARNAT</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 8: Evolución de la distancia entre los puntos de ignición de los incendios forestales a la localidad más cercana a nivel estatal (Baja California).....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9: Evolución de la distancia entre los puntos de ignición a los caminos y carreteras más cercanas para el estado de Baja California</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10: Vegetación afectada en Baja California en el año 2013 por incendios forestales.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 11: Atributos (Indicadores) que conforman el Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) y ponderadores o valores de importancia de cada uno de ellos (muñoz, 2001)</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 12: Variables del Indicador de Causa (IC) y sus correspondientes ponderadores o valores de importancia calculados en base a datos de Baja California y los incendios forestales de 2010 a 2013</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13: Tipo de vegetación y su correspondiente ponderador o valor de importancia para el cálculo del Indicador de Combustible (IComb).....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 14: Nº de cuadrículas para cada categoría de riesgo del Indicador de causa (IC)</i>	<i>44</i>

<i>Tabla 15: N° de cuadrículas para cada categoría de riesgo del Indicador Físico-Meteorológico (IFM)</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 16: N° de cuadrículas para cada categoría de riesgo del Indicador de Combustible (Icomb)</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 17: N° de cuadrículas para cada categoría de riesgo en el Índice Final (IERI)</i>	<i>51</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Diagrama de la metodología llevada a cabo en el presente proyecto.</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2: Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) y sus componentes. Muñoz (2001).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3: Componentes del Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI). Modificado de Muñoz (2001)</i>	<i>23</i>
<i>Figura 4: Área de estudio</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5:Resgistro de incendios en los municipios de Baja California entre 2010 a 2013. Fuente: CONAFOR (fecha)</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6:: Número de incendios en cada estación del año durante el periodo 2010-2013.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7: Número de incendios clasificados según la causa de su origen durante el periodo 2010-2013 en Baja California. Fuente: CONAFOR.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 8: Causas de incendios y número de incendios en el municipio de Tecate de 2010 a 2013. Fuente: CONAFOR</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9: Causas de incendios y número de incendios en el municipio de Ensenada de 2010 a 2013. Fuente: CONAFOR</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10: Área (en porcentaje) de cada tipo de vegetación (simplificada) afectada por incendios forestales en 2013.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11: Tipo de vegetación (porcentaje) en el que se tuvieron lugar los puntos de ignición de los incendios forestales del periodo de 2010 a 2013.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 12:Respuestas a la pregunta: ¿Cuál cree que es la causa más importante de incendios forestales en Baja California?</i>	<i>40</i>
<i>Figura 13:Respuestas a la pregunta: ¿Cree que ha aumentado la incidencia de incendios forestales en Baja California en los últimos años?.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14: Respuestas a la pregunta: ¿Cuál cree que sería la mejor manera de reducir la incidencia de los incendios forestales?.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 15: Indicador de causa.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 16: Indicador Físico-Meteorológico</i>	<i>47</i>
<i>Figura 17: Tipos de vegetación del área de estudio.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 18: Indicador de combustible</i>	<i>50</i>

Figura 19: Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) 53

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad es ampliamente reconocido que el fuego es un factor ecológico presente en una gran diversidad de ecosistemas (Agee, 1993; Waring y Running, 1998; Whelan, 1997) y como cualquier otro, ha influido en la selección y adaptación de las especies y con ello a la biodiversidad.

Los ecosistemas están adaptados a los incendios forestales, con diferentes frecuencias e intensidades. Estudios de la evidencia de cicatrices de incendio y estructura forestal han indicado que regímenes de incendios frecuentes de baja intensidad caracterizaron estos ecosistemas durante los últimos siglos (Baisan y Swetnam 1995, Fulé y Covington 1997, Heyerdahl y Alvarado 2003, Stephens et al. 2003). De acuerdo a Pyne (2001) hubo épocas en que los incendios fueron intensos y severos pero también hubo tiempos en que su presencia fue mínima y moderada.

Hoy en día el cambio climático y otras acciones antropogénicas han trastocado los regímenes del fuego y se están observando alteraciones que en diversas regiones del planeta incluyen incendios de mayor extensión, duración, intensidad y severidad. Los impactos asociados varían según el sector de la sociedad afectada (urbana o rural), el tipo de impacto (negativo o positivo), su intensidad (en términos relativos: alto, medio y bajo), la duración del efecto y tiempo en el que se manifiesta, sus características y en función de la cuantía, extensión frecuencia, intensidad y ubicación de los siniestros (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2002)

Un régimen de fuego alterado o indeseable es aquél que ha sido modificado por actividades humanas tales como la supresión y prevención de incendios, las quemas excesivas o inadecuadas, la conversión del ecosistema o la fragmentación del paisaje, hasta el punto en que el régimen de fuego actual afecta negativamente la viabilidad de los ecosistemas deseados y la sostenibilidad de los productos y servicios que estos ecosistemas proveen (Myers, 2006).

Los incendios forestales no controlados deben ser evitados por que agentes causales de múltiples problemas ambientales, entre ellos: la destrucción de hábitat de fauna silvestre la y pérdida de la biodiversidad, la pérdida de suelo como consecuencia de la erosión por falta de vegetación, el aumento del efecto

invernadero por las emisiones de dióxido de carbono, las pérdidas económicas entre las poblaciones que viven directa o indirectamente de los recursos forestales, la pérdida de patrimonio natural o al aumento de la vulnerabilidad de la vegetación a las plagas (CENAPRED, 2007)

Por todo lo anterior, el presente estudio se centrará en la caracterización de los incendios forestales ocurridos en Baja California en el periodo 2010-2013 así como en la determinación de un Índice espacial de riesgo de incendios forestal a largo plazo tomando como caso de estudio la Sierra de Juárez y el análisis de la percepción social sobre la problemática en la misma zona.

2. ANTECEDENTES

2.1. Los Incendios Forestales en el noroeste de México

Rodríguez-Tejo *et.al.* (2002) reconocen que en México el estudio de los incendios forestales comenzó a ser aceptado recientemente por los profesionales forestales, agrónomos, biólogos y demás profesionales relacionados con la actividad forestal. Existen numerosas investigaciones la mayoría realizados en las zonas boscosas del centro o sur del país; resaltando que para el caso de Baja California son escasos los estudios.

El concepto de incendio forestal es definido según la Norma Oficial Mexicana (NOM-015) que regula el uso del fuego en terrenos agrícolas y forestales, como la “quema sin control de la vegetación forestal” y el Programa Nacional Contra Incendios forestales (1995-2000) considera como incendio forestal: “el fuego que afecta a selvas, bosques y vegetación de zonas áridas o semiáridas, por causas naturales o inducidas, con una ocurrencia y propagación no controladas o programadas”.

Los bosques de pino y encino del norte de México son caracterizados por regímenes de incendios superficiales. Históricamente, se reconoce su estrecha relación con patrones del clima, incluyendo la oscilación sureña y tal vez otras oscilaciones del Pacífico y Atlántico (Villers Ruiz & Hernández Lozano, 2007). Sin embargo, Fulé *et al.*, (2007) reconocen que han cambiado en México y otras partes de Norteamérica desde hace 60-120 años, con consecuencias negativas para la sostenibilidad de estos importantes ecosistemas.

El estado de Baja California es uno de los estados con mayor incidencia de incendios forestales (Sepúlveda, 2007).

La escasez de recursos forestal y su gran riqueza biofísica hacen necesario generar estrategias efectivas para su protección, dado que poseen importantes funciones biológicas, físicas, paisajísticas e incluso económicas que de forma directa o indirecta afectan al ser humano y su calidad de vida.

Delgadillo (1997) menciona que las causas son muy diversas, pero el factor humano ha sido el principal causante de los incendios en los últimos años y la incidencia y magnitud de los incendios ha sido grande. Agregando que se ha calculado que por

acción del fuego en chaparral y los bosques de coníferas bajacalifornianos, se ven afectadas un promedio anual del orden de 30.000 ha de superficie, causando daños a la flora, fauna, suelo, al valor comercial del recurso y provocando una contaminación a diferentes niveles.

Las prácticas irresponsables del ser humano en el uso del fuego ha ocasionado la pérdida de grandes extensiones de vegetación que se consumen en los incendios forestales. Aunque las especies de los bosques mediterráneos en su mayoría están adaptadas a tales eventos naturales (mecanismos de dispersión y regeneración), los incendios provocados representan una de las principales amenazas a la flora, especialmente en las zonas de lomerío y montaña del estado (SPA, 2012).

Los fuegos incontrolables son uno de los factores que ponen en peligro la existencia de los recursos florísticos en México y en el mundo junto con otros como la tala inmoderada, construcción de carreteras y poblados, apertura para tierras agrícolas, sobrepastoreo o contaminación (Delgadillo, 1997).

Desde esta perspectiva, el presente estudio pretende aportar información base para el manejo forestal en el noroeste de México con el fin de coadyuvar a su conservación y desarrollo sostenible.

2.2. La Gestión y Prevención de incendios Forestales

La prevención de los incendios forestales se refiere a todas las labores y políticas encaminadas a reducir la incidencia de incendios y el tipo de prevención depende directamente del tipo de causa del incendio. Existe la prevención mediante educación, mediante legislación o mediante ingeniería pero para conocer la más eficaz en cada caso, es necesario realizar un estudio de las causas y del comportamiento del fuego en la zona de estudio (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2002).

El fuego es un elemento natural de los ecosistemas mediterráneos pero los denominados Grandes Incendios Forestales (GIF) (Rodríguez-Trejo, 2012) son aquellos que afectan a una superficie forestal mayor a 500 ha. No son una singularidad sino una perturbación del régimen definido debido entre otras causas, a políticas de extinción total, la regresión de la actividad agroforestal, la

homogeneización del paisaje, la disminución de la actividad y gestión forestal, los factores meteorológicos o la acumulación de combustible (Castellnou *et al.*, 2011).

El paradigma asociado a la gestión de los GIF se encuentra en que fuertes inversiones económicas reducen los incendios de media y baja intensidad, mientras que los incendios más intensos queman libremente el paisaje, quedando fuera de la capacidad de extinción. Los escenarios de incendios, durante la mayoría de las campañas de incendios, pueden presentar valores de superficie quemada dentro de los estándares pero también aparecen años con miles de hectáreas afectadas, los cuales se concentran en años con sequías y/o condiciones meteorológicamente adversas que generan combustiones vegetales de comportamiento extremo. (Castellnou, Costa, Larrañaga, Miralles, & Kraus, 2011)

En México, a lo largo de los años se han enfocado estrategias a su combate y eventualmente a su manejo. La experiencia en el país permitió una evolución importante en el campo operativo pero fue necesario que otros ámbitos como la educación, la investigación, la organización social etc. se desarrollaran al mismo nivel. Sin embargo en el campo operativo, los eventos no se documentaron adecuadamente; particularmente en las primeras etapas que se remontarían medio siglo atrás. No ha sido hasta la última década del siglo XX cuando tales aspectos comenzaron a tener importancia y a desarrollarse (Flores-Garnica & Rodríguez-Trejo, 2006)

En la década de los ochenta, Minich (1983) señala las diferencias de incendios entre California (EEUU) y Baja California (México) encontrando curiosos resultados: en las décadas de los 70 los eventos en Baja California eran mayores en número pero menores en superficie que en California. Explicando que a principios del siglo XX, los regímenes de fuego eran parecidos para ambas regiones. Los años setenta California instauró la política de cero incendios, y comenzaron a aparecer eventos de dimensiones e intensidades hasta antes nunca vistas y muchas veces incontrolables para el ser humano.

Leopold (1937) enunció que la ausencia de fuego estaba asociada a problemas de acumulación de combustible leñoso e incremento de densidad forestal al punto de soportar incendios destructivos de alta intensidad, en contraste con las condiciones

mejores en el norte de México. En la actualidad, la mayoría de los bosques mexicanos también experimentaron los efectos de la cosecha de madera y alteración a los regímenes de incendio, pero todavía quedan algunos sitios aislados que mantienen sus características de estructura y régimen de incendios superficiales (Rodríguez-Trejo & Fulé, 2003) de ahí su importancia de conservación.

Hardesty et.al. (2005) reconocen que la organización conservacionista The Nature Conservancy, identificó los regímenes de fuego alterados como una de las principales amenazas a la biodiversidad. Rodríguez-Trejo *et al.* (2002) enuncian que las instituciones encargadas a nivel federal y estatal de la prevención y combate de incendios forestales, en esencia tienen la misma mentalidad que hace cincuenta años, queriendo cero incendios independientemente del tipo de vegetación que afecte y las causas.

Existen varias técnicas de desarrollo de planes de prevención de incendios, una de ellas se basa en la delimitación de las zonas cuyas características naturales son favorables para la presentación de siniestros. Esta demarcación tiene en cuenta factores topográficos, de clima, de vegetación, de material combustible muerto, de vías de acceso y las actividades que se realizan dentro y fuera del bosque (Martínez Moreno et al., 1990). Para la delimitación de estas áreas se utilizan Índices de Peligro de Incendio los cuales sirven para determinar el riesgo de incendio e identificar las áreas con mayor susceptibilidad a este tipo de siniestros.

Dichos índices son estimados a partir del análisis de variables físicas y biológicas del ambiente, mismas que tienen una gran influencia en la incidencia de incendios. Entre dichas variables se encuentran el complejo de combustibles fósiles, los elementos del clima, la topografía y las actividades humanas que inciden en la ocurrencia de incendios forestales (Núñez, 2001).

2.3. Modelos de Prevención de Incendios

De acuerdo a Torres-Rojo (2007) la forma más simple de clasificar los índices de peligro se basa en el tipo de información usada y la clase de predicción que realiza; además se consideran los índices de corto y de largo plazo. Con los primeros se hacen estimaciones diarias de riesgo de incendios para propósitos tácticos y

operativos; con los segundos se evalúan riesgos a varias escalas para fines estratégicos.

Para este trabajo, los índices de peligro de incendio de largo plazo son el eje central. Estos indican las condiciones estables que favorecen la ocurrencia de un incendio. Son utilizados para determinar áreas con alto riesgo de incendio causado por las condiciones intrínsecas de la zona, así como para determinar áreas donde se debería reforzar la prevención y combate de incendios mediante inversión en infraestructura o priorizar la asignación de presupuesto para prevención y combate Torres-Rojo (op.cit)

Un primer enfoque para generar este tipo de índices es seleccionar variables relacionadas con la ocurrencia de incendios a partir del análisis de datos históricos integrando información espacial con un sistema de información geográfica o SIG (Chuvieco y Congalton,1989; Jain *et al.*, 1996). Para integrar estas variables los expertos las clasifican en grupos, asignando jerarquías de acuerdo con su contribución potencial al peligro de incendio en el área (Tabla I).

De acuerdo a Capó (1999) se reconoce a Toledo como uno de los pioneros en la definición de los Índices de riesgo en México. En la Tabla 1, se muestran algunos autores que han abordado el tema central de este trabajo. Los trabajos de Magaña (1983) y Marín (1984) contribuyeron al desarrollo de dichos índices de riesgo; en la misma década destacan Melgar (1986) quien determinó riesgos de incendios en la meseta tarasca (Michoacán), con base en variables como pendiente, profundidad de la capa de combustibles, meses de sequía, duración del incendio, superficie afectada y causas.

En la década de los noventa, Santillán (1993) desarrolló un Índice de Riesgo de Incendios basado en cuatro valores denominados grados: combustibilidad, topográfico, causalidad y meteorológico; con ello se determina el grado de peligro de incendio, mediante el uso de intervalos de valores en cada rubro, y mediante la suma de los valores consignados se obtiene finalmente el grado de peligro.

Tabla 1: Autores nacionales e internacionales que desarrollaron un modelo de indicadores para generar un Índice de Riesgo de Incendios en base a diferentes factores

Autor	Año	Zona de estudio	Factores meteorológicos	Combustibilidad vegetación	Factores antropogénicos	Factores Físicos	Situación jurídica	Datos históricos
Pérez-Verdín et al.	2013	Durango, México	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Juárez Orozco, S.M.	2008	Michoacán, México	Sí.	Sí	Sí	Sí	No	No
Torres Rojo, J.M. et al.	2007	Todo México	No	No	No	No	No	Sí
Villar del Hoyo, L. et al.	2007	Madrid y Huelva, España	No	No	Sí	No	No	No
Muñoz Robles, C.A.	2001	Nuevo León, México	Sí.	Sí	Sí	Sí	No	No
Santillán, P.J.	1993	México y Finlandia	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Dirección General de la Biodiversidad. Gobierno Islas Baleares.	1991	Islas Baleares, España	Sí.	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Martínez Moreno A. et al.	1990	Jalisco, México	Sí.	Sí	Sí	Sí	No	No
Alfonso M. Doctor Cabrera	1989	Cordoba, España	Sí.	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Proceso evolutivo comenzado por J. G. Wright en 1925	1968	Canadá	Sí	Sí	No	No	No	No

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo de indicadores para evaluar el riesgo espacial de incendios forestales de largo plazo tomando como caso de estudio la Zona Prioritaria de Conservación de Sierra de Juárez.

3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar los incendios durante el periodo 2010-2013 en el Estado de Baja California.
2. Conocer la percepción de la población rural sobre los incendios forestales en el caso de estudio.
3. Desarrollar un modelo de indicadores para evaluar el riesgo espacial a largo plazo.
4. Aplicar el modelo de riesgo en la Zona Prioritaria de Conservación de Sierra de Juárez.

4. METODOLOGÍA

4.1. Diagrama de flujo

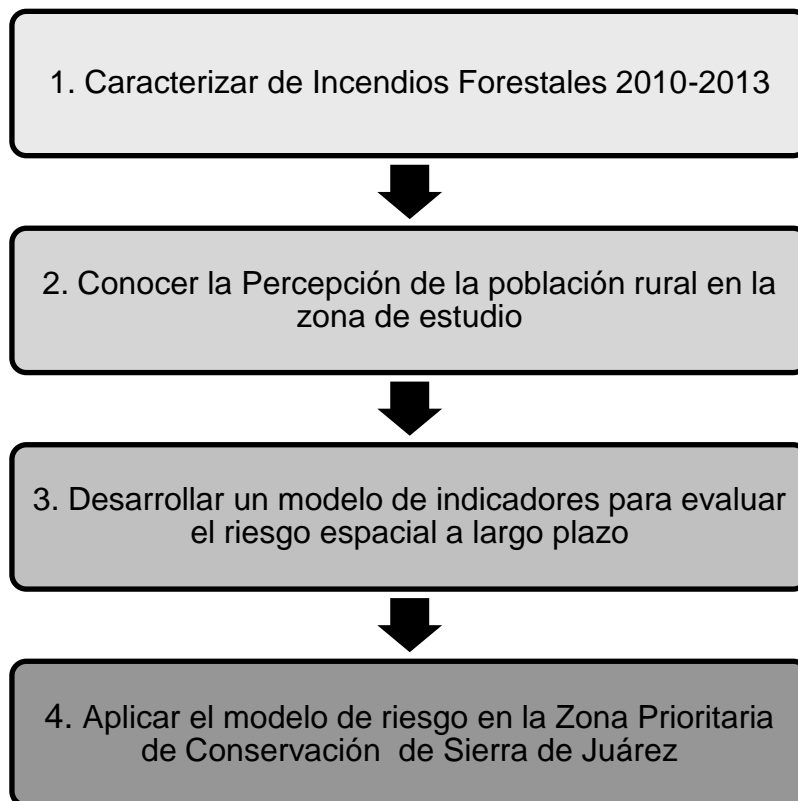


Figura 1: Diagrama de la metodología llevada a cabo en el presente proyecto.

4.2. Caracterización de incendios

El estudio se fundamentó en las bases de datos de CONAFOR sobre los puntos de ignición de los incendios forestales en Baja California en el periodo 2010 a 2013 así como de los polígonos que representan la superficie quemada en cada incendio. El número de polígonos es menor que el número de puntos de ignición en el mismo año y esto es debido a que de los incendios reportados hasta 2012 solo se tomaban los datos de superficie de aquellos “incendios relevantes” mayores a 200ha. y a partir de ese mismo año se comenzaron a tomar datos de los polígonos mayores a 1 ha. Por lo tanto se tenía para 2012 las coordenadas de 218 puntos de ignición y de 97 polígonos y para 2013 de 162 puntos de ignición y de 120 polígonos pero no se tenían similitud de datos para los años 2011 y 2010. Por otro lado se obtuvieron de internet varios mapas. Desde INEGI se obtuvo el mapa de “uso de suelo y vegetación” de México que en el año 2000 la Universidad Nacional Autónoma de México actualizó a escala 1:250,000 con base en imágenes Landsat (ETM 7) registradas entre noviembre de 1999 y mayo de 2000 y de la misma fuente (INEGI) se descargó el mapa de “localidades” con datos del censo población del año 2010. Los datos y mapas de las vías de comunicación necesarias para los cálculos del presente estudio (camino y carreteras) fueron conseguidos de la página web de INEGI de los datos vectoriales a escala 1:1'000,000.

Mediante el programa informático ArcGIS se representó gráficamente toda la información anterior en diferentes capas y utilizando herramientas de intersección y calculando distancias mínimas se hallaron los resultados que se requerían para el presente estudio. Estos datos posteriormente fueron ordenados y procesado en hojas de cálculo para expresarlos de la forma más clara posible.

La clasificación de los tipos de vegetación existentes y afectados por incendios en Baja California han sido realizada según la carta vectorial de uso de suelo y vegetación de INEGI (Anexo).

4.3. Análisis de percepción social

Para analizar los aspectos sociales se realizaron encuestas a personas con diferentes roles dentro de la problemática ambiental caso de estudio. La encuestas estaban formadas por diferentes preguntas, algunas de ellas de respuesta múltiple, otras eran preguntas cerradas y otras abiertas (Anexo 1).

En primer lugar se encuestó a la población local que vive en la Sierra de Juárez. Al tratarse de poblaciones dispersas localizadas en Ranchos de difícil acceso se llevaron a cabo en aquellas zonas cercanas al Parque Nacional Constitución 1857 y gracias a la ayuda de los trabajadores del Parque Nacional. Lo que se quiso con mediante estas encuestas fue conocer la percepción de la problemática de los incendios forestales desde el punto de vista de las personas que les afectan directamente e incluso pudiera afectar su calidad de vida. La percepción se analizó en base al nivel de concienciación del problema de los incendios, los medios que ellos perciben que tienen para prevenirlo y afrontarlo, las consecuencias que les conllevan, si disponen de información y ayuda suficiente por parte de las autoridades etc. El muestreo se llevó a cabo el 29 de noviembre de 2013 y la muestra fue de cinco personas las cuales fueron encuestadas una en cada rancho que se visitó. Fue una muestra reducida debido a diferentes factores:

- Falta de infraestructuras para llegar al lugar de muestreo.
- Difícil acceso a las poblaciones de la Sierra de Juárez.
- Lejanía de un rancho a otro en la sierra.
- Número de población fija en el lugar muy limitada.

Por otro lado se utilizó la misma herramienta para conocer la percepción desde el punto de vista académico y se realizaron tres encuestas a profesores de la UABC pertenecientes al gremio medioambiental. Por otro lado se realizó una encuesta a un Ingeniero forestal trabajador de PROFEPA.

En total se analizó la respuesta de 9 personas.

4.4. Desarrollo de un modelo de indicadores

Con base en la bibliografía consultada, la disponibilidad de datos y las características ambientales de Baja California se optó por utilizar el índice de riesgo de incendios desarrollado por Muñoz Robles en 2001 y adaptarlo a la zona de estudio. Este índice de riesgo de incendios se basa en el sumatorio de tres componentes: indicador físico-meteorológico, indicador de combustibles e indicador de causa (Figura 2).

$$IERI = (0.2684 * IC) + (0.6144 * IFM) + (0.1172 * IComb)$$

IERI= Índice espacial de riesgo de incendios

IC= Indicador de Causa

IFM= Indicador físico-meteorológico

IComb= Indicador de combustible

Figura 2: Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) y sus componentes. Muñoz (2001)

Cada indicador antes de ser sumados para el cálculo del índice final, se pondera por un coeficiente o valor de importancia que el mismo autor halló con base a la evaluación multicriterio (EMC) llevada a cabo mediante la construcción de una matriz de comparación de criterios considerada dentro del método de evaluación de criterios por pares. Cada uno de los indicadores está compuesto por diferentes variables (Figura 3) las cuales son ponderadas por un coeficiente o valor de importancia. Para el cálculo del valor de cada indicador se realiza un sumatorio de los valores ponderados de cada variable.

Los componentes del Indicador de causa fueron los mismos que utilizó Muñoz Robles (2001) pero sus coeficientes fueron hallados en base a los datos sobre población, vías de comunicación y puntos de ignición de incendios forestales de los años 2010 a 2013 los cuales fueron tomados del resultado del objetivo 1.

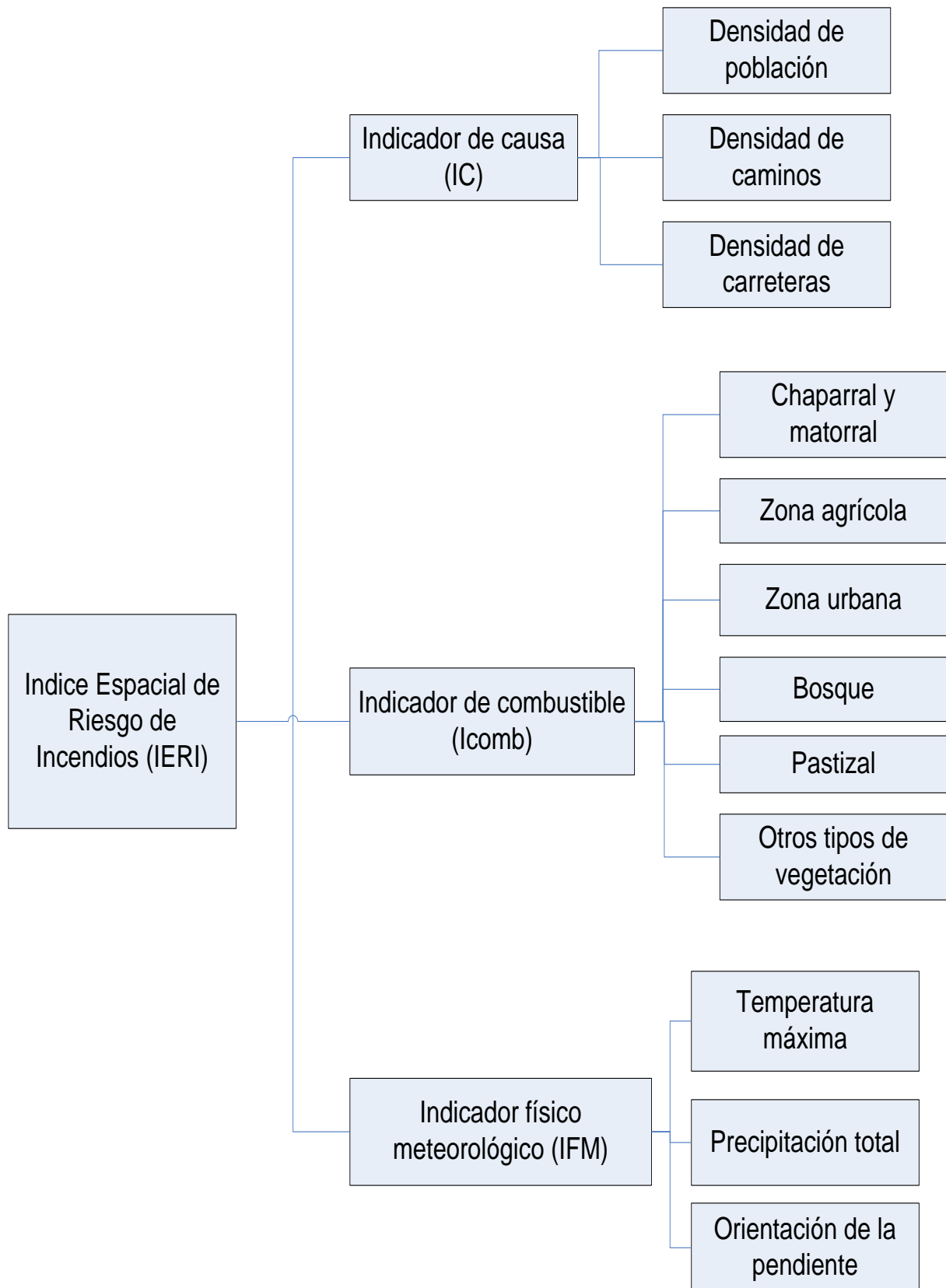


Figura 3: Componentes del Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI). Modificado de Muñoz (2001)

En el indicador de combustibles se usaron diferentes componentes debido a la falta de disponibilidad de datos. Se tuvo en cuenta el tipo de vegetación y uso de suelo del área de estudio para definir la probabilidad de ignición. Los coeficientes se hallaron en base a los resultados del objetivo 1 que define la vegetación afectada en el periodo 2010-2013 y el tipo de vegetación en la que tuvo lugar el punto de ignición.

Los componentes y coeficientes del Indicador físico-meteorológico fueron tomados del estudio realizado por Muñoz Robles (2001). Las variables físico-meteorológicas utilizadas fueron la temperatura máxima, la precipitación total y la orientación de la pendiente por su influencia directa en la aparición de incendios forestales. Se eligió la temperatura máxima y no la media porque refleja los valores extremos que son los que condicionan la presencia de incendios forestales (Muñoz, 2001). De forma inversa, cuando la precipitación total aumenta el riesgo de incendios disminuye o lo nulifica por ello se halló sus valores inversos para calcular el indicador de precipitación e incorporarlo con los otros componentes del indicador físico-meteorológico de causa.

Tabla 2: Variables que conforman el Indicador físico meteorológico y sus correspondientes ponderadores o valores de importancia (Muñoz, 2001)

Atributo	Valor de importancia
Temperatura máxima	0.2493
Precipitación total	0.5936
Orientación de la pendiente	0.1571

Las estaciones meteorológicas utilizadas para los datos referentes a Temperatura máxima y Precipitación Total fueron aquellas situadas dentro de la zona de Estudio (Zona Prioritaria de Conservación Sierra de Juárez) (Tabla 3).

Tabla 3 Estaciones meteorológicas dentro de la zona de estudio RTP-12. Fuente: CONAGUA

Nº estación	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (m)	T max. (°C)	P total (mm)
2031	LA RUMOROSA, TECATE	116°02'47"	32°32'55"	1200	38,2	156
2152	EJIDO J. MA. PINO SUAREZ	116°04'05"	32°22'22"	1350	36,5	304
2021	EL PINAL, ENSENADA	116°17'30"	32°11'00"	1350	37,3	500,3
2019	EL COMPADRE, TECATE	116°15'15"	32°20'15"	1162	42,7	334,8
2022	EL ROSARIO, ENSENADA	115°43'24"	30°03'34"	15	37,2	177,7
2066	SIERRA DE JUAREZ	115°56'54"	32°00'13"	1545	34,3	390,9
2062	SANTA ISABEL, ENSENADA	115°49'02"	31°52'16"	1480	36,1	370,5
2057	SANTA CATARINA NORTE	115°49'26"	31°39'26"	1150	38,2	264,6
2018	EL CARRIZO, ENSENADA	116°41'02"	32°29'26"	495	38,5	244
2092	EJIDO SAN MATIAS	115°32'37"	31°19'53"	968	42,4	245,4

Para la orientación se utilizó los valores de importancia utilizados por Muñoz Robles (2001) (Tabla 4). Los factores meteorológicos se analizaron en base a la distribución climática de CONABIO en la zona de estudio. Se asignó a cada celda un tipo de clima. Si en una celda había dos o más tipos de climas se consideró aquel que ocupaba mayor superficie. A cada tipo de clima se le asignó una estación meteorológica que perteneciera a dicha región climática y se aplicaron sus valores en todas las celdas que tuvieran el mismo tipo de clima.

Para calcular la orientación en cada celda se estimó la orientación media en la misma en base a los valores de las unidades del formato raster una vez convertido a formato vectorial.

Se utilizaron tablas de cálculo de Excel y el programa ArcGis para la realización de los cálculos de los coeficientes.

Tabla 4: Ponderador o valor de importancia de la orientación de la pendiente desarrollado por Muñoz Robles en 2001)

Orientación	Valor de importancia	Grados
Norte	50	-22,5-22,5
Noreste	75	22,5-67,5
Este	100	67,5-112,5
Sureste	150	112,5-157,5
Sur	250	157,5-202,5
Suroeste	200	202,5-247,5
Oeste	100	247,5-292,5
Noroeste	25	292,5-337,5

Todos los datos fueron normalizados para poder integrarlos en los cálculos de los indicadores físico-meteorológico, tipo de vegetación y causal (así como sus subcomponentes) y para el cálculo del Índice de riesgo de Incendio. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Xi = \frac{(Ri - Rmin.)}{(Rmax - Rmin.)}$$

El resultado del Índice de riesgo de incendios se clasificó según cuatro clases: baja, media, alta y muy alta (Tabla 5). El riesgo muy bajo fue eliminado porque difícilmente el área de estudio presenta algún lugar con nulo riesgo de incendios y además las condiciones entre un nivel nulo y un nivel bajo son muy similares (Martínez Moreno, Flores Garnica, Solorio, & Dios, 1990).

Tabla 5: Categorías de riesgo del Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) desarrollado.

Índice de Riesgo de Incendio	Valor Normalizado
Bajo	<0.25
Medio	0.25-0.5
Alto	0.5-0.75
Muy Alto	>0.75

4.5 Aplicación de un modelo de indicadores

Se aplicó el modelo de indicadores desarrollado para Baja California construido a partir de la base de datos estatales para identificar las zonas con un mayor riesgo de incendios a La Zona Prioritaria de Conservación de Sierra de Juárez.

El área ocupada por dicha zona de estudio se dividió en una red de polígonos cuadrangulares de 5 x 5 kilómetros (25 km²) para cada uno de los cuales se obtuvo un resultado de riesgo. Hubo un total de 238 unidades definidas. La división de la zona en tales unidades de estudio fue debida a:

- a. La superficie total de la zona de estudio
- b. Con base a estudios antecedentes de índices de riesgo de incendios como el de Villar del Hoyo et. Al. (2007) que utilizaron cuadrículas de 10 x 10 kilómetros al estudiar zonas más extensas.

Mediante el programa informático ArcGis se elaboraron cuatro mapas: tres fueron el resultado de cada indicador y otro fue el resultado final del índice (sumatorio de los tres anteriores). Estos mapas dividen la zona caso de estudio en zonas de mayor o menor riesgo de incendios según sus características intrínsecas

4.6. Caracterización de la zona de estudio

4.6.1. Baja California

El área de estudio del presente trabajo fue de manera general el Estado de Baja California para el cual se realizó una caracterización de los incendios de 2010 a 2013. En base también a datos estatales se realizaron los cálculos para desarrollar el modelo de indicadores propuesto.

Baja California es un estado en el que los ecosistemas forestales son muy escasos. Sólo ocupan un 2.37% de la superficie total estatal y abarcan por orden de extensión: bosques de pino, bosques de táscate, bosques de encinos y bosques de galería. La vegetación de matorral es la más extensa en el estado ya que ocupa el 57% de la superficie, seguida del chaparral con un 20% y los pastizales con un 7% (DGE y SIDUE, 2007).

Ésta pequeña proporción de recursos forestales de Baja California se ve limitada a dos principales zonas: la Sierra de Juárez (al norte de la península) y la Sierra de San Pedro Mártir (en el centro) las cuales presentan características ecológicas bien diferenciadas.

Las especies dominantes de Sierra de Juárez son los pinos y el chaparral. Cabe destacar la presencia de especies nativas como *Pinus jeffrey* o *Pinus coulteri* (Delgadillo, 2007) agrupados en bosquetes que se localizan principalmente en las cañadas, en parte húmedas y alrededor de la Laguna Hanson. La mayor parte de las especies de coníferas presentes aparecen en la NOM-059 por estar sujetas a protección especial (*Pinus Jeffrey*, *Pinus quadrifolia*, *Pinus monophylla* o *Juniperus Californica*) y recientemente la especie de *Pinus coulteri* ha sido catalogada como amenazada en la misma norma.

Sus ecosistemas de coníferas, encinos y chaparral permiten la continuidad de ciclos y procesas naturales de gran importancia, entre los que se encuentra la acción preventiva de erosión de suelos así como la captación de agua y recarga de los mantos acuíferos de los que depende la región (Dirección General de Operación Regional y de la Dirección Regional Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur, CONANP, 2011)

4.6.2. Área Terrestre Prioritaria de conservación Sierra de Juárez (RTP 12)

Para poner en práctica el modelo de indicadores propuesto se consideró una de las áreas terrestres prioritarias de conservación, clasificadas por CONABIO en Baja California que es Sierra de Juárez (RTP-12) (Figura 4). Esta región fue escogida por su importancia biogeográfica y por tratarse del área con mayor superficie boscosa de Baja California (Subsecretaría Forestal y de la Fauna, 1968)

en donde predomina el chaparral y el bosque de pino en las zonas más altas. Esta regionalización incluye la identificación de sitios con un alto valor de biodiversidad en los que se encuentran los de tipo biológico: extensión del área, integridad ecológica funcional de la región, importancia como corredor biológico entre regiones, diversidad de ecosistemas, fenómenos naturales extraordinarios, presencia de endemismos, riqueza específica, centro de origen y diversificación natural y centros de domesticación o mantenimiento de especies útiles. También se incluyeron criterios de amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad: pérdida de la superficie original, fragmentación de la región, cambios en la densidad de la población, presión sobre especies clave o emblemáticas, concentración de especies en riesgo y prácticas de manejo inadecuadas. Asimismo, se consideraron criterios de oportunidad para su conservación: proporción de áreas bajo algún tipo de manejo inadecuado, importancia de los servicios ambientales y presencia de grupos organizados (Arriaga Carrera, 2009). La identificación de las regiones fue producto de dos talleres con 65 expertos, pertenecientes a 37 instituciones, realizados en 1996 y 1999, en los que se obtuvieron los polígonos de alta biodiversidad en función de los criterios antes mencionados con el apoyo de un sistema de información geográfico y cartografía actualizada (para los detalles metodológicos véanse Arriaga *et al.* 2000b).

En el centro de la región se encuentra el Parque Nacional Constitución 1987. Los límites de esta región son esencialmente en su geoforma derivada del macizo montañoso que constituya la sierra, claramente identificable al este, donde lo abrupto se deriva de la separación continua del continente al constituir el límite con la falla geológica de San Andrés, parte de la cual lo constituye la Laguna Salada, al este de la región. Al oeste la pendiente es mucho más suave. La máxima altura corresponde a la mesa del Roble de 1980 msm seguido de 1900 msm en el cerro Santa Isabel y 1880 msm en el cerro de La Parra. Tiene una superficie total de 4568 km² de los cuales el 56 % son de Chaparral, el 23% de matorral desértico micrófilo y el 21% de bosque de pino.

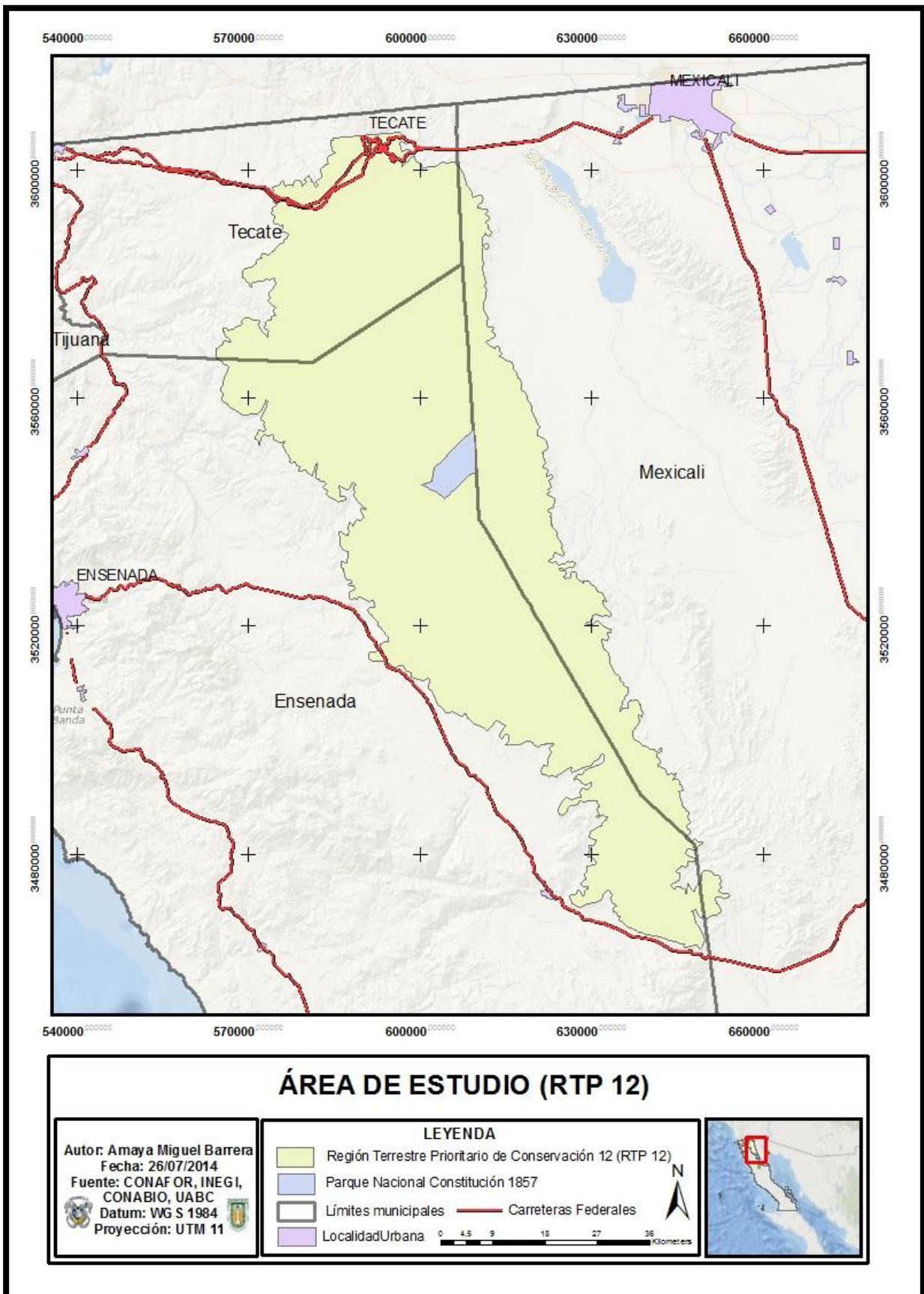


Figura 4: Área de estudio

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Caracterización de los incendios

6.1.1. Incidencia y magnitud

En la última década la evolución de los incendios forestales en Baja California ha seguido una tendencia más bien negativa en cuanto a número de incendios, sin embargo, si se observa el área afectada en cada evento, se refleja el aumento de la magnitud de cada incendio a pesar de ser menos numerosos (Tabla 6). La incidencia de incendios es cada vez menor pero el área quemada es mayor y este hecho se ve al mismo tiempo plasmado en el indicador que mide el tiempo promedio de extinción utilizado en cada incendio (Tabla 7).

Tabla 6: Evolución de la magnitud de los incendios forestales de 2003 a 2013 a nivel estatal (Baja California).
Fuente: SEMARNAT

Periodo	Superficie/incendio (hectáreas)
2003-2005	107,498
2003-2008	110,707
2003-2011	116,502
2003-2013	116,207

El tiempo de extinción tiene una tendencia positiva en los últimos años siguiendo proporcionalmente al aumento en la magnitud de los incendios forestales. La dificultad cada vez mayor de controlar los incendios y su magnitud puede estar asociada a múltiples factores entre los que se encuentran los climáticos, topográficos, geográficos, al tipo de combustible o a factores humanos y/o de infraestructura pero en el caso de estudio hay que tener en cuenta que en México los medios de prevención y combate de incendios se ha desarrollado en los últimos años por lo tanto éste no puede ser un factor desencadenante de los resultados. También la duración máxima de un incendio en cada año analizado sigue una línea de tendencia positiva.

Tabla 7: Evolución de la magnitud, incidencia y duración de los incendios forestales en Baja California de 2010 a 2013. Fuente: SEMARNAT

Año	2010	2011	2012	2013
Nº incendios	230	224	218	162
Superficie quemada (hectáreas)	4067	16085	24793	18717
Superficie quemada/incendio	17,7	71,8	113,7	115,5
Duración promedio (horas)	9:54	7:30	11:53	11:51
Duración máxima (días)	8	4	7	9

6.1.2. Distribución espacial y temporal

Se analizó el número de incendios teniendo en cuenta su distribución espacial en los municipios de Baja California. Los más afectados son Tecate y Ensenada. Tijuana es el siguiente municipio con mayor número de incendios pero su aportación es mínima al igual que Mexicali en donde los incendios son muy poco numerosos. En los cuatro años estudiados el 90 % o más de los incendios forestales se dio lugar en los municipios de Ensenada y Tecate (Figura 5). En

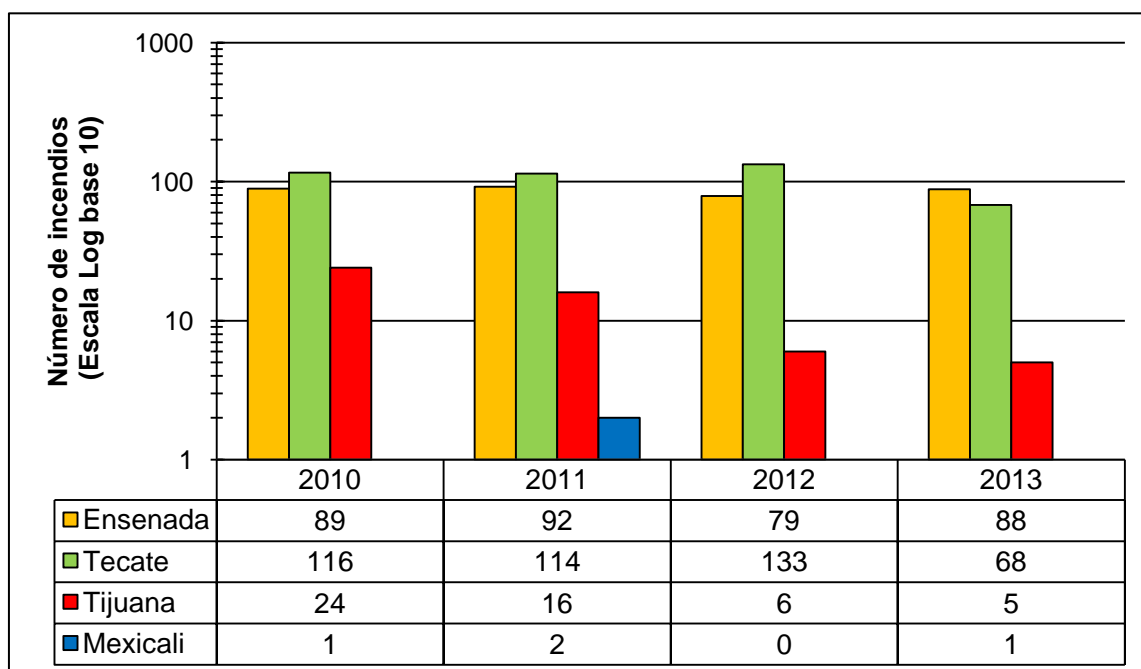


Figura 5: Registro de incendios en los municipios de Baja California entre 2010 a 2013. Fuente: CONAFOR (fecha)

2010, 2011 y 2012 fue Tecate el municipio con mayor número de incendios pero en 2013 este número disminuyó considerablemente hasta ser menor al número de

incendios en Ensenada, el cual ha fluctuado a lo largo de estos años pero no ha sufrido grandes cambios.

Se realizó un análisis de la distribución anual de los incendios a lo largo de los meses, dando como resultado que en todos los años estudiados más de la mitad de incendios se produjeron en el verano. La otra mitad se repartió entre las estaciones de primavera, otoño e invierno pero de éstos la mayoría son de los meses de primavera, algunos en otoño y prácticamente inexistentes en invierno. En definitiva los meses críticos de incendios forestales en Baja California son junio, julio, agosto y septiembre, coincidiendo con las fechas de mayor calor y sequía (Figura 6).

Se estudiaron al mismo tiempo las causas de los incendios en estos meses de verano de mayor incidencia para contrastarlas con las causas de cada año en su totalidad. No hubo diferencias significativas y se puede decir que aunque el número de incendios varíe considerablemente las causas son prácticamente las mismas en cualquier periodo del año.

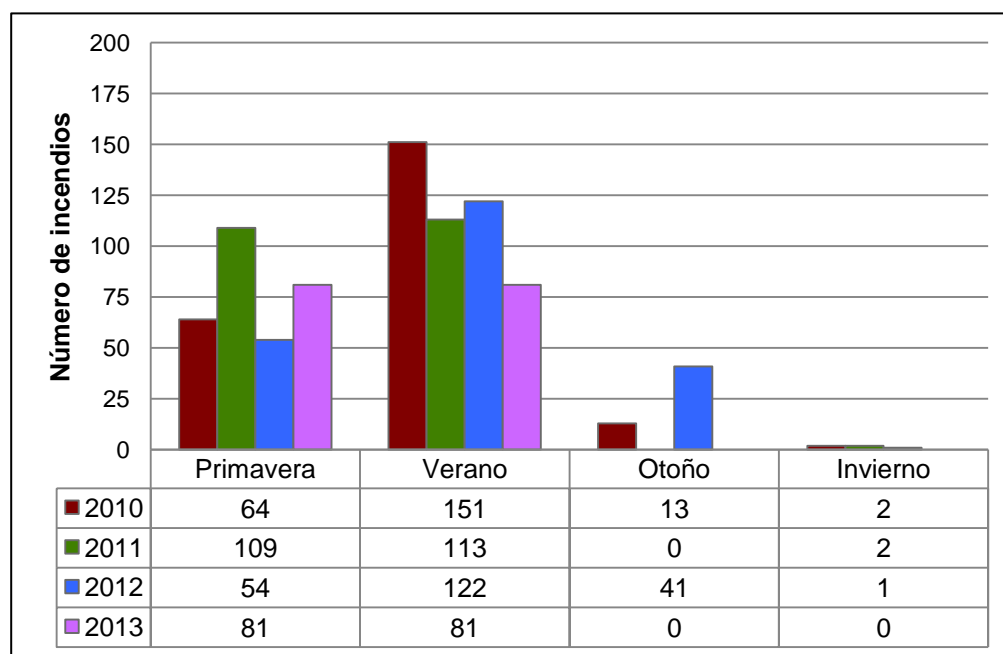


Figura 6:: Número de incendios en cada estación del año durante el periodo 2010- 2013

6.1.3. Causas

Durante el periodo 2010-2013 las causas de los incendios a nivel estatal han sufrido pequeñas modificaciones. La causa principal de incendios en los dos primeros años de este periodo era la quema de basureros pero se observó que su evolución tiene una tendencia negativa y parece que con el paso de los años esta causa de incendios ha ido disminuyendo considerablemente. Cabe destacar el hecho de que las causas “no determinadas” están en aumento (Figura 7)

En general se puede decir que las causas naturales de incendios ocupan una pequeña proporción del total y estas causas naturales generalmente son rayos de las tormentas de verano.

Si las causas se simplifican a tres fuentes principales de ignición de incendios: naturales, negligencias e intencionadas (estas dos últimas con el factor humano como protagonista) tenemos como resultado que más del 90% de los incendios tienen al hombre como factor desencadenante del fuego existiendo conciencia o no de tal hecho.

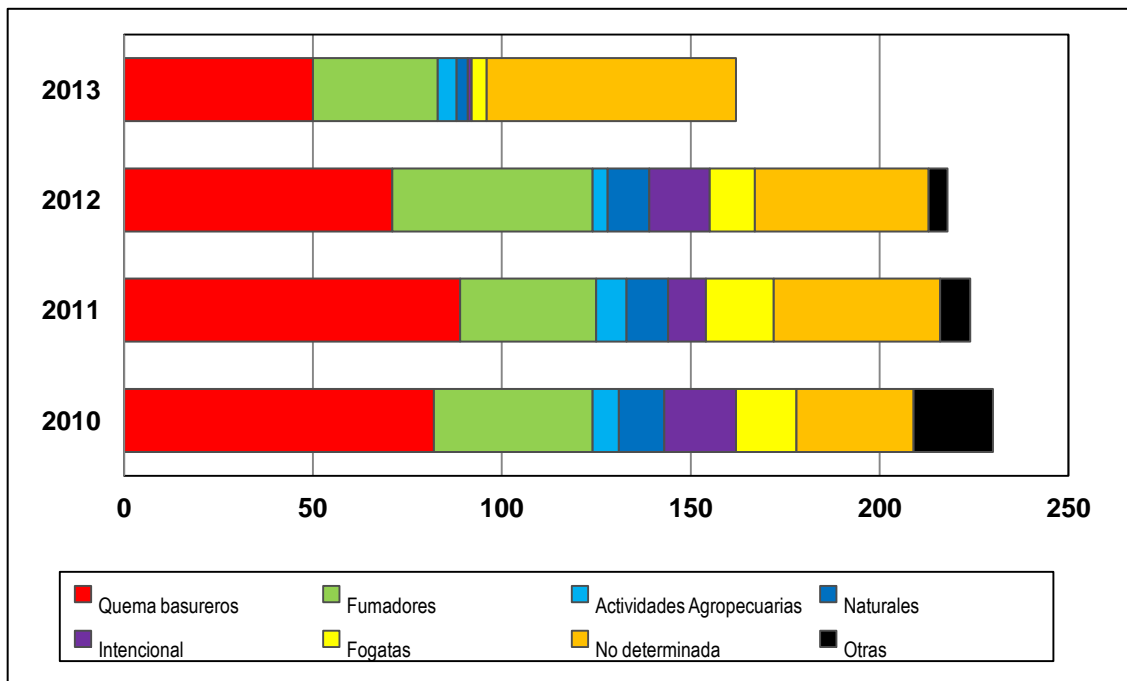


Figura 7: Número de incendios clasificados según la causa de su origen durante el periodo 2010-2013 en Baja California. Fuente: CONAFOR

Por otro lado, si se analizan las causas de los incendios en los dos municipios con mayor incidencia de éstos (Ensenada y Tecate) en el mismo periodo de tiempo pero de forma independiente se obtienen resultados significativamente diferentes(Figura 8 y Figura 9). Por un lado en Ensenada las causas más importantes son la quema de basureros y aquellas no determinadas las cuales están aumentando considerablemente en los últimos años. Sin embargo, en Tecate, a pesar de que las causas no determinadas también han aumentado, los incendios debido a la quema de basureros siguen siendo el principal problema. Cabe destacar la causa de incendios debido a fumadores de gran significancia en los cuatros años en Tecate la cual en Ensenada es mucho menos importante. El resto de causas, además de ser menos numerosas, se han mantenido más o menos estables en el tiempo a pesar de pequeñas fluctuaciones.

Debido a los resultados anteriores y teniendo en cuenta que el factor humano es un agente muy importante en el comienzo de un incendio forestal se analizó su influencia teniendo en cuenta las infraestructuras humanas (vías de comunicación y poblaciones) existentes en Baja California .Se analizó la distancia existente entre los puntos de ignición de los incendios y la localidad más cercana (Tabla 8).

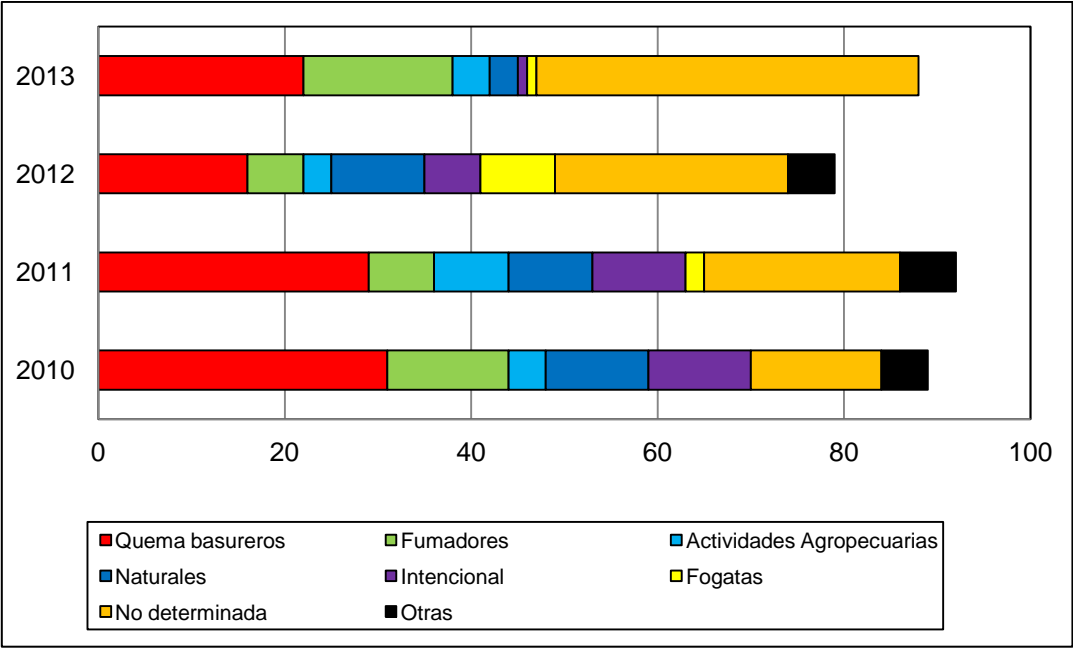


Figura 8: Causas de incendios y número de incendios en el municipio de Tecate de 2010 a 2013. Fuente: CONAFOR

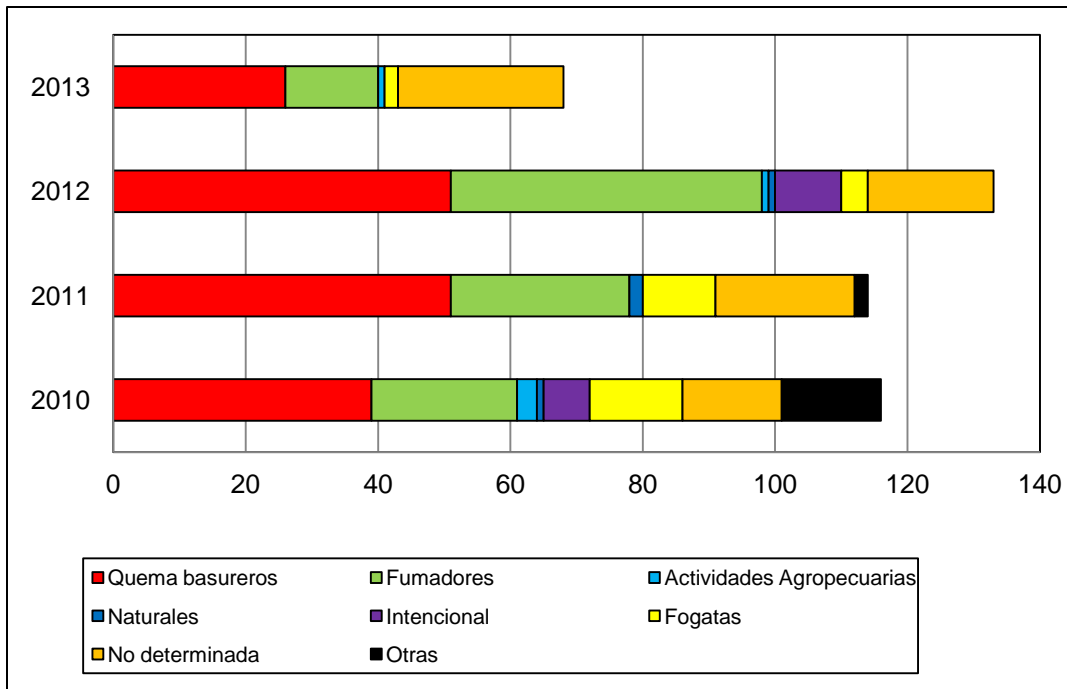


Figura 9: Causas de incendios y número de incendios en el municipio de Ensenada de 2010 a 2013. Fuente: CONAFOR

Tabla 8: Evolución de la distancia entre los puntos de ignición de los incendios forestales a la localidad más cercana a nivel estatal (Baja California)

Año	2010	2011	2012	2013
Promedio	1,933.6	1,796.0	1,877.1	1,419.9
Mínimo	62.9	36.3	12.6	45.9
Máximo	21,601.9	22,324.1	18,936.1	15,532.4
Desviación estándar	3,759.6	3,665.9	3,156.6	2,021.2

Se obtuvo que con el paso de los años la distancia promedio de los puntos de ignición a la localidad más cercana ha ido disminuyendo. De la misma manera, la distancia máxima existente entre un foco de ignición y la localidad más cercana para cada uno de los años ha descendido considerablemente. El mínimo no sigue una tendencia clara y se observan fluctuaciones.

Como factor importante para el inicio de un incendio se analizó también la distancia mínima de cada punto de ignición a caminos y carreteras (vías de comunicación). Hubo una diferencia en la tendencia y las distancias entre ambos

tipos de vías. Por un lado los caminos son las vías de comunicación más cercanas a los puntos de ignición. La distancia promedio a caminos a lo largo de estos cuatro años ha sido cada vez más pequeña por lo que significa que los puntos de ignición cada vez están más cerca de las poblaciones. La mínima y máxima distancia dentro de los valores anteriores también siguen una tendencia decreciente. Las distancias a carreteras desde los puntos de ignición son mucho mayores y no siguen una tendencia clara ya que a lo largo de estos cuatro años ha habido fluctuaciones.

Tabla 9: Evolución de la distancia entre los puntos de ignición a los caminos y carreteras más cercanas para el estado de Baja California

Año		2013	2012	2011	2010
Caminos	Promedio (m)	1,357.4	1,502.6	1,594.6	1,503.4
	Máximo (m)	5,640.4	13,178.1	14,960.3	9,987
	Mínimo (m)	0.53	16.9	1.10	17.51
	Desviación típica	1,289.4	1,701.3	1,956.1	1,601.9
Carreteras	Promedio (m)	2,139.5	2,302.1	2,787	2,188.9
	Máximo (m)	50,480.9	27,765.9	23,331.6	19,646.7
	Mínimo (m)	1.00	6.16	0.03	0.84
	Desviación típica	4,924.5	3,423.4	4,435.2	3,251.7

6.1.4. Vegetación afectada

En la superficie afectada de cada tipo de vegetación en los incendios del año 2013 (Tabla 10), fue claramente notable que la vegetación de chaparral estuvo más afectada por el fuego, representando casi el 83 % de las hectáreas afectadas. Los terrenos con uso de suelo agrícola fueron los siguientes más afectados por los incendios (Figura 10).

Si se tienen en cuenta solamente aquellos incendios catalogados como GIF (Grandes Incendios Forestales), los cuales tienen una superficie mayor a 500 hectáreas, se observa que representan numéricamente tan solo el 3.5 % de los incendios (6 de los 174 polígonos analizados) , sin embargo, son éstos los causantes del 64.5 % del área afectada por incendios. De la misma manera, el total de la superficie boscosa destruida por incendios es debido a un único

incendio de grandes magnitudes que tuvo lugar en Sierra de Juárez.

Tabla 10: Vegetación afectada en Baja California en el año 2013 por incendios forestales

Uso de suelo o vegetación	Área total afectada (ha)	Área afectada por GIF (ha)	GIF (%)
Agricultura de humedal	0.07		
Agricultura de riego	143.06		
Agricultura de temporal	1,380.3	581.3	42.1
Area urbana	20.64		
Bosque de pino	335.4	335.4	100
Bosque de Tascate	0.49		
Chaparral	15,511.1	10313.8	66.5
Matorral desértico microfilo	2.8	2.8	99.8
Matorral rosetofilo costero	188.5		
Pastizal inducido	1,134.4	836.7	73.8
SUMA	18,716.7	12,070	64.5

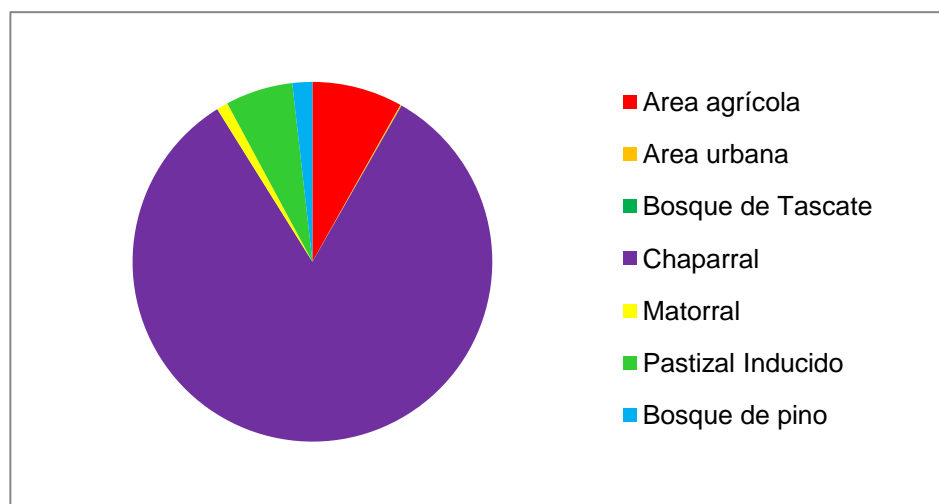


Figura 10: Área (en porcentaje) de cada tipo de vegetación (simplificada) afectada por incendios forestales en 2013

Se agruparon las superficies afectadas por incendios de los diferentes tipos de agricultura y de matorral para simplificar los resultados (Figura 8). Estos porcentajes de superficie de vegetación afectada se contrastaron con el tipo de

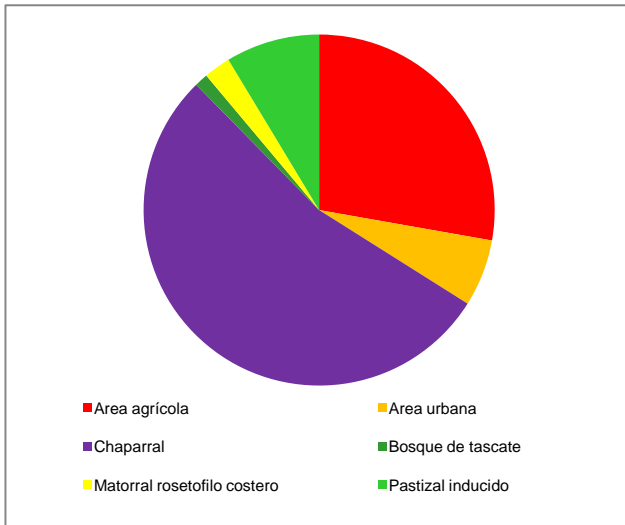


Figura 11: Tipo de vegetación (porcentaje) en el que se tuvieron lugar los puntos de ignición de los incendios forestales del periodo de 2010 a 2013.

vegetación en la que se originó el incendio (punto de ignición) (Figura 12). La mayoría de superficie afectada (85%) es de vegetación de chaparral y fueron el 54 % de los puntos de ignición los que iniciaron la combustión en éste tipo de vegetación. De la misma manera, hay un 2% de superficie quemada de bosque de pino y en este tipo de vegetación no hubo ningún punto de ignición. Sin embargo, estos resultados contrastan con otros

tipos de uso de suelo en los que está presente el ser humano. En el área urbana se originaron el 6% de los incendios y la superficie afectada fue insignificante. También cabe destacar que casi un 30% de los incendios comenzaron en un área agrícola mientras que la superficie agrícola total afectada por incendios fue alrededor del 17%. Esto se traduce en que un total del 43 % de los puntos de ignición ocurrieron en terrenos en los que el factor humano aparecía de forma directa debido al uso de suelo presente.

6.2. Percepción social

Los resultados desvelaron importante información sobre todo por parte de los pobladores de la sierra a quienes afecta el problema de manera directa.

Los problemas que se perciben acerca de los bosques en Baja California son dispares pero en su mayoría son la falta de gestión en general por parte del Gobierno, en donde tanto académicos como rancheros coincidían en sus opiniones, seguido de la problemática de los incendios y el abandono de las tierras rurales que podrían estar relacionadas al problema citado en primer lugar. Los rancheros hacían hincapié en que las extensiones de sus terrenos son muy grandes y solos no pueden controlar todo el terreno (incendios, robo de madera etc.), por lo que se sentían olvidados por parte de las autoridades.

Casi el 90% de los encuestados afirmó que vivía en un lugar sensible a los incendios forestales, pero a pesar de ello, la mitad dijo que no se sentía bien informado por parte las autoridades acerca de cómo prevenir y actuar ante un incendio forestal. Por otro lado, la mayoría afirmaba que la incidencia de incendios había aumentado (Figura 14) argumentando este crecimiento a un conjunto de eventos tales como grandes períodos de sequía en los últimos años, mayor negligencia en quemas de rastrojos, descuidos por parte del hombre...

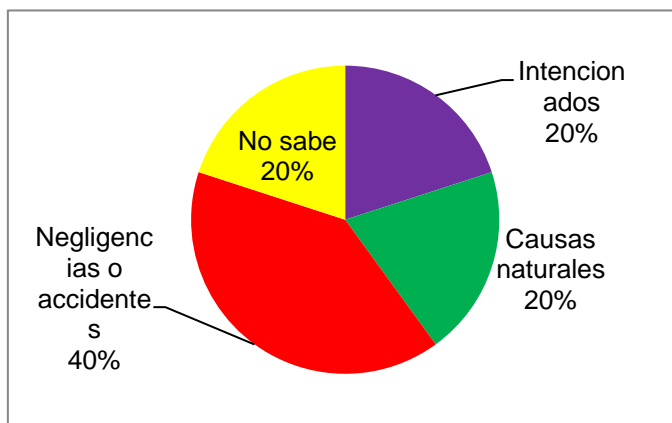


Figura 12: Respuestas a la pregunta: ¿Cuál cree que es la causa más importante de incendios forestales en Baja California?

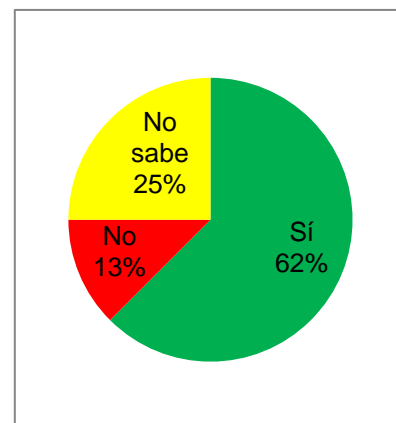


Figura 13: Respuestas a la pregunta: ¿Cree que ha aumentado la incidencia de incendios forestales en Baja California en los últimos años?

Respecto a las consecuencias de un incendio forestal, el 80% de los encuestados afirmaba que se trataba de pérdidas ambientales y un 20% respondió pérdidas económicas que fueron aquellas personas que habitaban en sierra Juárez y explotaban sus bosques para comercialización de madera u otros. Tanto académicos como habitantes de la zona coinciden en que la mayoría de los incendios ocurren por accidentes o negligencias humanas, sobretodo en los últimos años. Varios pobladores de la Sierra afirmaban que también eran comunes los fuegos intencionados en la zona estudiada, pero que con la ayuda de todos los lugareños, nunca se habían propagado y convertido en incendios forestales peligrosos.

Por otro lado, la mitad de las personas encuestadas no conocían ningún tipo de normativa o leyes acerca de la protección de los bosques y el manejo del fuego. La otra mitad que sí las conocían afirmó que sí protegen el bosque suficientemente pero que el problema es el poco cuidado de las personas que lo visitan. Al mismo tiempo, el 50% de la muestra creía que los medios existentes de prevención y control de incendios en Baja California no eran suficientes, detalle en el que la mayoría de pobladores de la sierra coincidían y veían como gran problema.

Para valorar las deficiencias actuales del manejo de los incendios se quiso que los encuestados propusieran alternativas para mejorar la situación actual. La mayoría coincidía en la necesidad de concienciar a las personas sobre las consecuencias que puede tener de hacer una hoguera y no apagarla bien, dejar vidrios tirados o lanzar una colilla al suelo mal apagada.

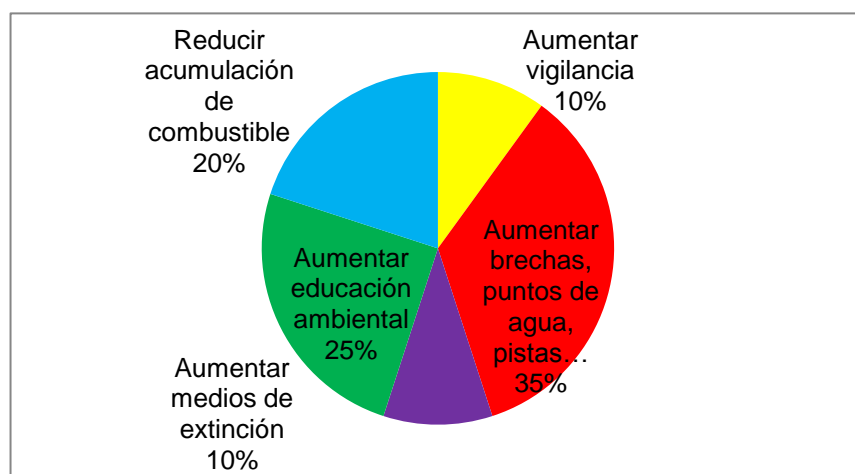


Figura 14: Respuestas a la pregunta: ¿Cuál cree que sería la mejor manera de reducir la incidencia de los incendios forestales?

6.3. Modelo de indicadores de riesgo de incendios

Como se dijo anteriormente, el Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) se basó en la suma de los indicadores desarrollada por Muñoz Robles en 2001 así como los coeficientes de ponderación utilizados por él (Tabla 7). A continuación se detallan las adaptaciones realizadas a su modelo para poderlo aplicar a la región de Baja California.

Tabla 11: Atributos (Indicadores) que conforman el Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) y ponderadores o valores de importancia de cada uno de ellos (muñoz, 2001)

Atributo	Valor de Importancia
Indicador de combustible	0.2684
Indicador físico-meteorológico	0.6144
Indicador de causa	0.1172

6.3.1. Modificación del Indicador de causa

Debido a la dificultad de presentar espacialmente el riesgo de incendios dado por las actividades humanas se recurrió a analizar ciertas variables sociales y de infraestructura. En primer lugar la densidad de vías de comunicación (caminos y carreteras) expresada en km/km^2 . y por otro lado la densidad poblacional expresada en $\text{personas}/\text{Km}^2$. Los coeficientes de ponderación fueron hallados en base al cálculo de las distancias mínimas desde los puntos de ignición en los años de estudio (2010-2013) a los caminos, carreteras y poblaciones (Tabla 11). Se usó el valor promedio de la distancia mínima a caminos, carreteras y poblaciones para calcular el valor de importancia. Al disminuir la distancia, la influencia y el riesgo de incendio son mayores, por ello se calculó el valor inverso de cada cifra y con estos datos su aportación proporcional al total del factor causal.

Tabla 12: Variables del Indicador de Causa (IC) y sus correspondientes ponderadores o valores de importancia calculados en base a datos de Baja California y los incendios forestales de 2010 a 2013

Atributo	Valor de importancia
Densidad Población	0.3418
Densidad Caminos	0.4031
Densidad Carreteras	0.2550

6.3.2. Modificación del Indicador de combustible

El índice de combustibles fue generado a partir de la base de datos de los puntos de ignición de incendios en los años 2010- 2013. En ellos se contabilizó el tipo de vegetación en la que se originó cada incendio, clasificando así la vegetación según fuera mayor o menor propensa a la generación de un incendio. En base a esos datos se otorgó un peso proporcional a cada uso de suelo o tipo de vegetación por ser más o menos sensible al inicio de un incendio (nivel de combustibilidad) (Tabla 13).

Tabla 13: Tipo de vegetación y su correspondiente ponderador o valor de importancia para el cálculo del Indicador de Combustible (IComb)

Atributo	Valor de importancia
Chaparral y matorral	0.52
Zona agrícola	0.16
Zona urbana	0.15
Pastizal	0.11
Bosque	0.03
Otros tipos de vegetación	0.02

6.4. Aplicación del modelo de indicadores

6.4.1. Indicador de causa

Tabla 14: N° de cuadrículas para cada categoría de riesgo del Indicador de causa (IC)

Categoría	Nº Cuadrículas
Muy alta	3
Alta	17
Media	56
Baja	162

Para la mayor parte del área de estudio se obtuvo un riesgo bajo de incendios según el indicador de causa (Tabla 14). Esto es debido a diversos factores. En primer lugar dentro de la zona de estudio no hay centros de población grandes excepto Tecate, el resto del territorio tiene una densidad de población baja. En segundo lugar apenas hay infraestructuras viales, las carreteras federales pasan por los márgenes del área de estudio y la mayor parte de vías de comunicación son caminos y terracerías.

Las cuadrículas con una categoría alta o media han sido debidas principalmente a la presencia de las vialidades secundarias o la presencia de centros de población no muy grandes a excepción de Tecate (Figura 15).

Desde que se considera que el ser humano es uno de los principales factores de los incendios ha habido una mayor presión hacia los ganaderos y agricultores para que se abstengan de hacer fuego (Minnich, Vizcaíno, Sosa Ramírez, & Chou, 1993). Pérez-Verdín y otros (2013) en su investigación de la distribución espacio-temporal de la ocurrencia de incendios en Durango sugirieron que era necesario fomentar las acciones para concientizar y elevar el nivel de educación de los usuarios de los terrenos forestales, así como ejecutar una serie de medidas para reducir la frecuencia/ tamaño de los incendios. Entre ellas están: una mayor capacitación a los usuarios del bosque (agricultores, ganaderos, recreacionistas etc.), el mantenimiento de caminos para el transporte de productos forestales, la aplicación de aclareos, quemas controladas, brechas cortafuego en perímetros adyacentes a los caminos entre otras. Sin duda estas medidas podrían aplicarse en nuestra área de estudio para reducir la influencia humana en la presencia de incendios.

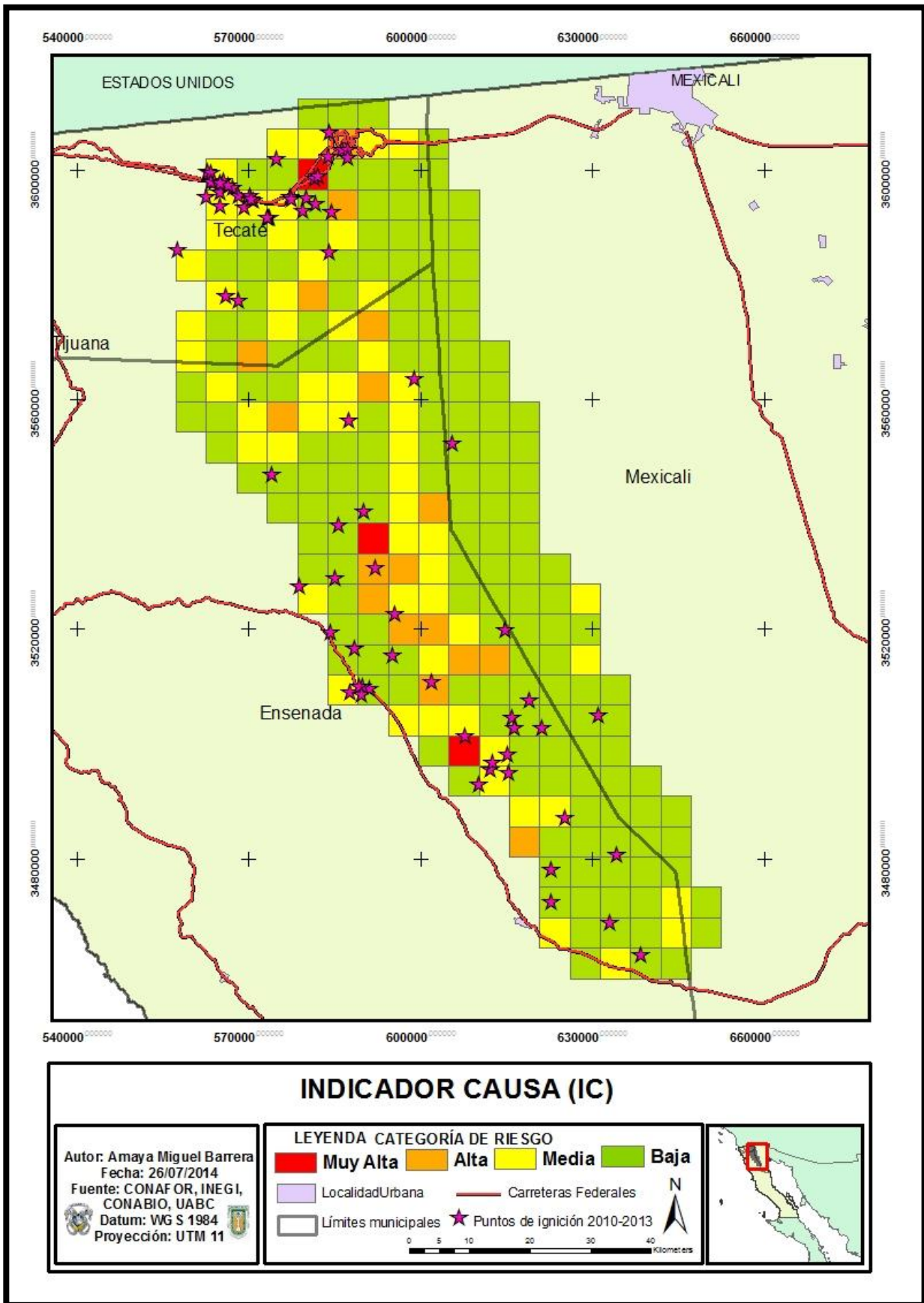


Figura 15: Indicador de causa

6.4.2. Indicador Físico-Meteorológico

Los factores de orientación y meteorológicos se agregaron para crear el Indicador físico-meteorológico (Figura 16).

Tabla 15: N° de cuadrículas para cada categoría de riesgo del Indicador Físico-Meteorológico (IFM)

Categoría	Nº Cuadrículas
Muy alta	32
Alta	73
Media	32
Baja	101

Los resultados muestran como la zona norte con mayores temperaturas y escasas precipitaciones tiene un alto riesgo de incendio debido a estas variables (Figura 16). Por otro lado las fuertes pendientes de la sierra y su orientación provocan también valores altos de riesgo. A pesar de ello la mayor parte del área de estudio presenta una categoría de riesgo baja (Tabla 15).

El hecho de que los puntos de ignición estén dispersos y no coincidan mucho con las zonas de mayor riesgo es probable que sea debido a que las variables meteorológicas fueron calculadas por medio de estaciones climáticas distribuidas en la zona de estudio de manera no uniforme. A cada cuadrícula de la red en la que se dividió la zona de estudio se le otorgó un valor en base a la similitud climática entre él y la estación climática más cercana o perteneciente a la misma región biogeográfica basándonos sobre todo en la altura sobre el nivel del mar y la pendiente.

Los detalles anteriores son causantes de que los resultados pudieran ser más veraces si se tuvieran datos más exacto del área de estudio y para ello es necesario una mayor investigación y disponibilidad de los mismos.

Por otro lado, dado que los incendios forestales en Baja California han estado ligados a lo largo de su historia a factores climáticos, la presencia de vientos de Santa Ana o el fenómeno del Niño harían elevar el riesgo de incendios en toda la región. Por ellos el Índice de Riesgo desarrollado podría ser multiplicado por un factor que elevará el riesgo de incendios durante las temporadas que se dieran dichos fenómenos y así los centros de control y prevención de incendios se centrarían en las zonas críticas en dichas épocas.

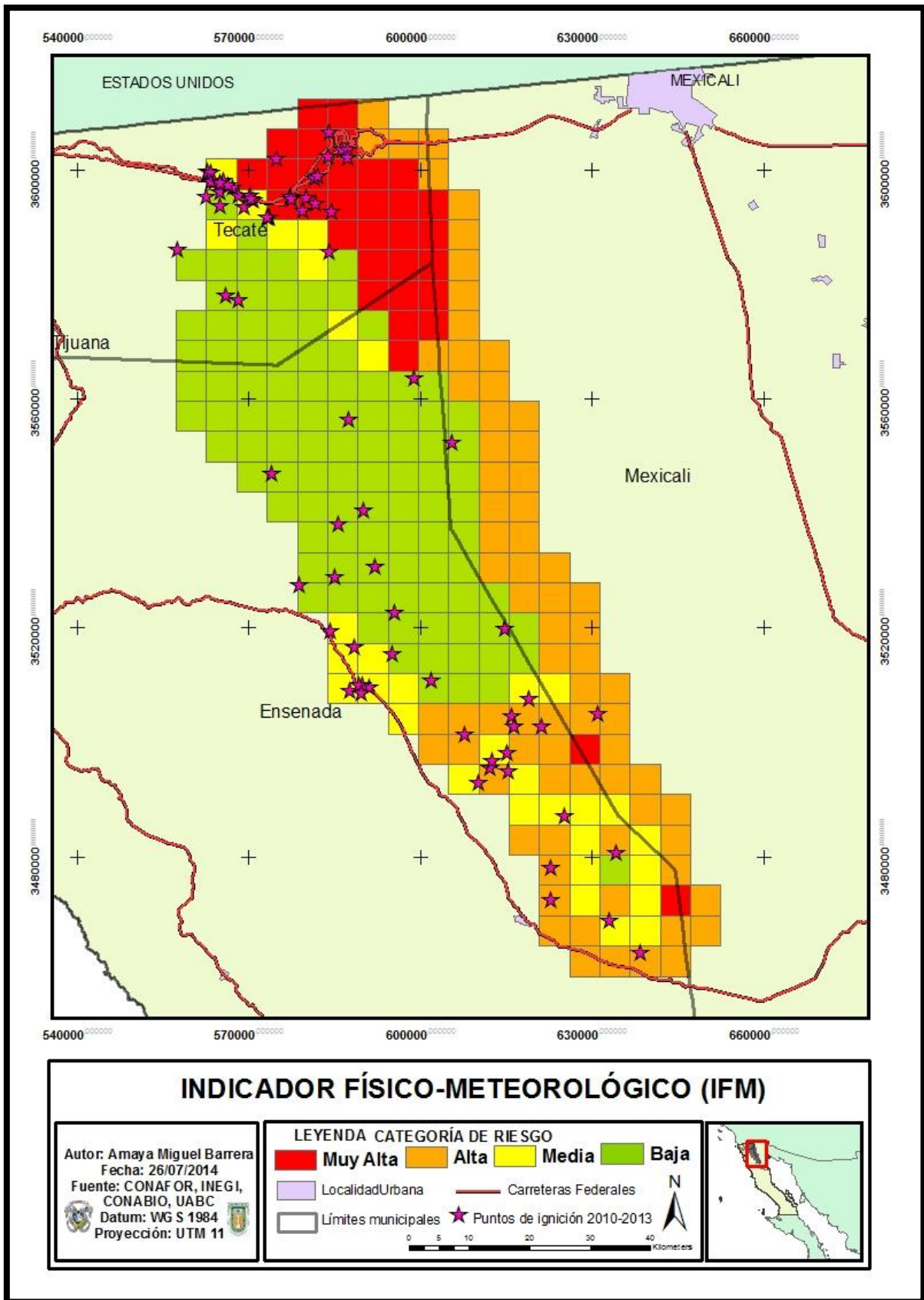


Figura 16: Indicador Físico-Meteorológico

6.4.3 Indicador de combustible

Según los tipos de vegetación encontrados en la zona de estudio (Figura 17), se obtuvieron los resultados de riesgo de incendio en cada celda según el tipo de vegetación (Figura 18). Aquellas zonas con vegetación de matorral y chaparral son las que corresponden a categorías de riesgo altas o muy altas debido a la facilidad de este tipo de vegetación para iniciar un fuego. Las zonas boscosas son menos propensas a tales eventos con una categoría de riesgo baja. Debido a la escasa superficie boscosa en el área de estudio y la extensa superficie de matorral y chaparral la mayor parte del territorio fue considerado con un riesgo muy alto de incendios (Tabla 16).

Tabla 16: Nº de cuadrículas para cada categoría de riesgo del Indicador de Combustible (Icomb)

Categoría	Nº Cuadrículas
Muy alta	169
Alta	36
Media	13
Baja	20

En su defensa del fuego como un factor ecológico natural del ecosistema forestal, Minnich (fecha), dice que las causas naturales son mucho más frecuentes de lo que piensa la gente y el presente estudio apoyaría su idea ya que los puntos de ignición coinciden con aquellas zonas de mayor riesgo. Se puede afirmar que el tipo de vegetación es un factor natural que condiciona la presencia de incendios y que el fuego es un elemento natural y necesario en los ecosistemas mediterráneos para el modelaje de sus paisajes pero, a pesar de ello, es necesario tomar medidas preventivas para evitar el aumento de la magnitud y la incidencia de incendios. Para ello se puede reducir la acumulación de combustible mediante técnicas como las quemadas controladas y así reproducir el ciclo natural de la vegetación.

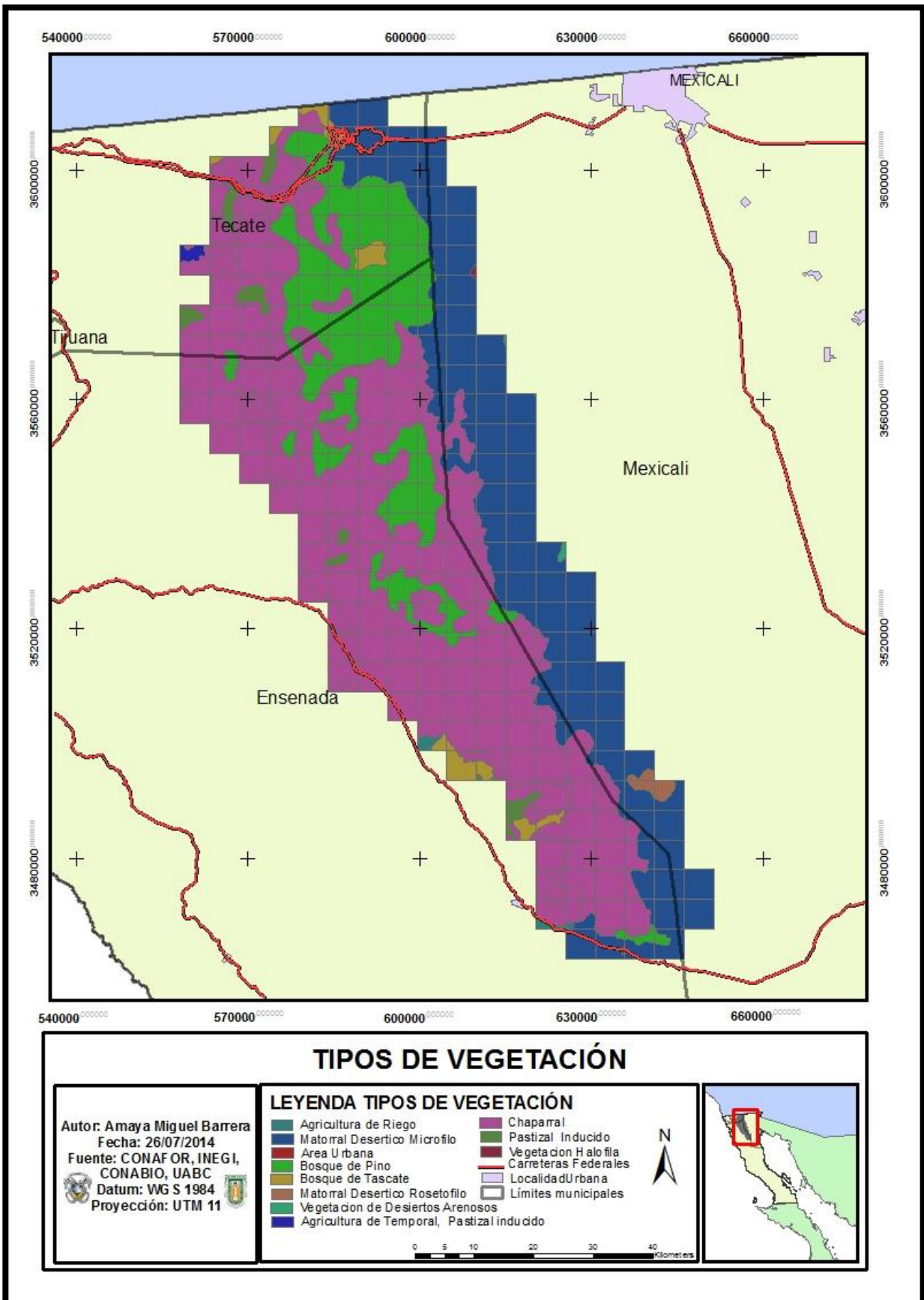


Figura 17: Tipos de vegetación del área de estudio

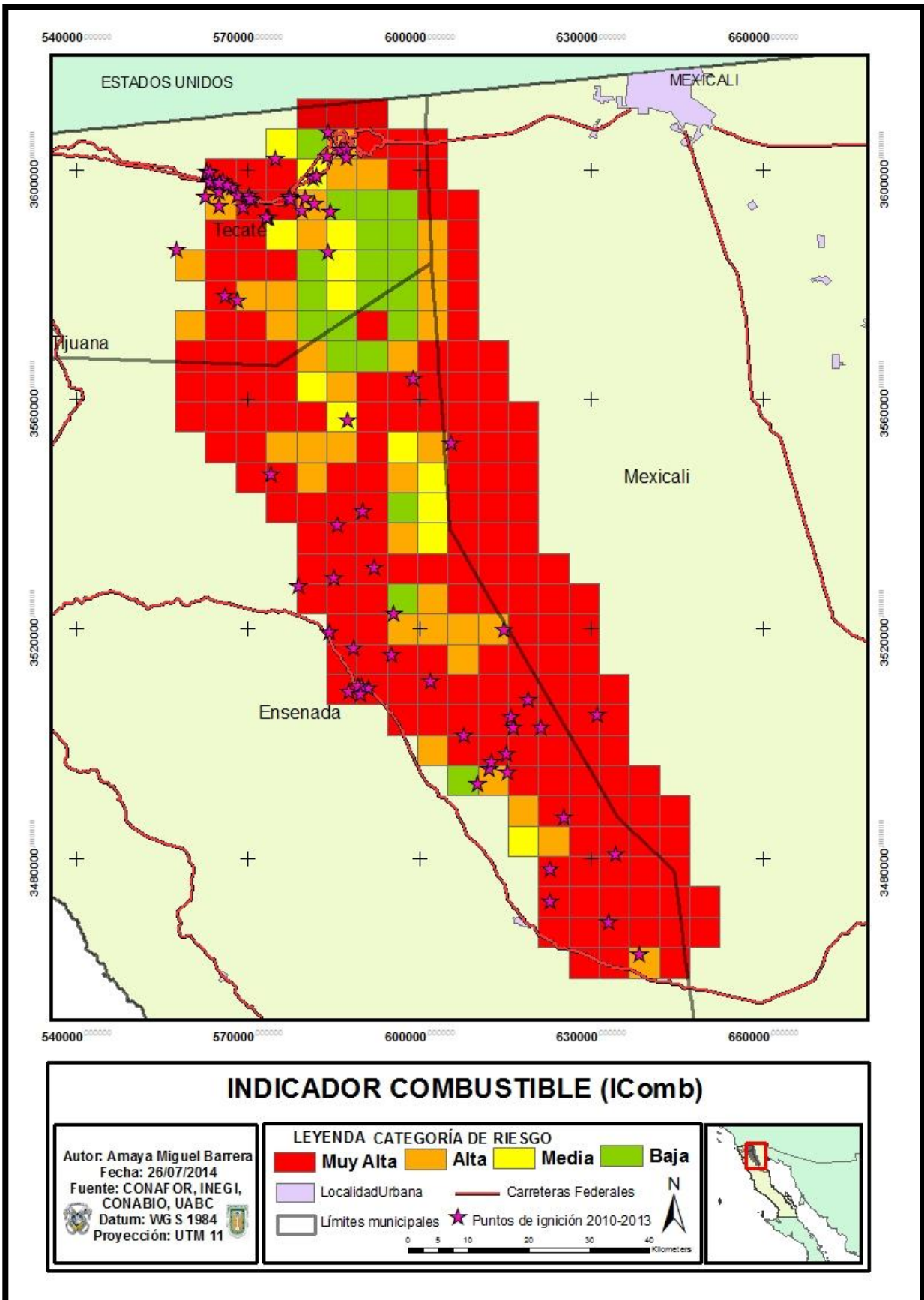


Figura 18: Indicador de combustible

6.4.4. Índice final

La Zona Prioritaria de Conservación de Sierra de Juárez finalmente quedó zonificada según el Índice de Riesgo de Incendios Espacial a Largo Plazo desarrollado que se obtuvo de la sumatoria con sus correspondientes ponderadores de los tres indicadores anteriores (Figura 19).

A pesar de que en el área de estudio la superficie otorgada a cada categoría de riesgo es muy parecida (Tabla 17), dichas categorías se disponen en forma de mosaicos en el mapa.

Tabla 17: N° de cuadrículas para cada categoría de riesgo en el Índice Final (IERI)

Categoría	Indicador físico meteorológico	Indicador de combustible	Indicador de causa	Índice total
Muy alta	32	169	3	68
Alta	73	36	17	62
Media	32	13	56	64
Baja	101	20	162	44

La acumulación de puntos de ignición en la zona fronteriza coincide con las zonas señaladas como riesgo muy alto debido principalmente a la vegetación de chaparral y la gran influencia humana (alta densidad de población y de vías de comunicación).

En el resto de la zona de estudio los puntos de ignición están más dispersos pero generalmente dentro de las zonas con influencia humana y vegetación de chaparral o matorral.

El este de la zona de estudio tiene alto riesgo de incendio pero sin embargo los puntos de incendio de los años estudiados no se distribuyen en esa zona. Es probable que sea debido a que en ese lugar no hay influencia humana pero sí factores naturales que le dan dicha categoría.

Si se realizan pequeños ajustes en los ponderadores del Índice de Riesgo desarrollado, adaptándolos a las características y series de datos regionales se conseguirían datos más veraces. En el presente estudio se utilizaron ponderadores obtenidos de un análisis realizado en Nuevo León (Muñoz, 2001) y

tanto las características climáticas como ambientales y causales difieran notablemente de una región a otra de México.

Así mismo, en el presente estudio se utilizaron datos de incendios de cuatro años consecutivos por lo que si se analiza una serie de datos más larga sería probable que los resultados fueran más detallados.

Una vez realizados los ajustes pertinentes se podrá elaborar un mapa identificando las zonas con mayor riesgo espacial a largo plazo en Baja California (definido por características intrínsecas del sitio). De esta manera se justificaría una vigilancia especial y mayor control en esas áreas para no permitir que los incendios forestales se extiendan a superficies muy grandes y alcancen magnitudes incontrolables para el ser humano poniendo en peligro tanto la biodiversidad como la calidad de vida de éste.

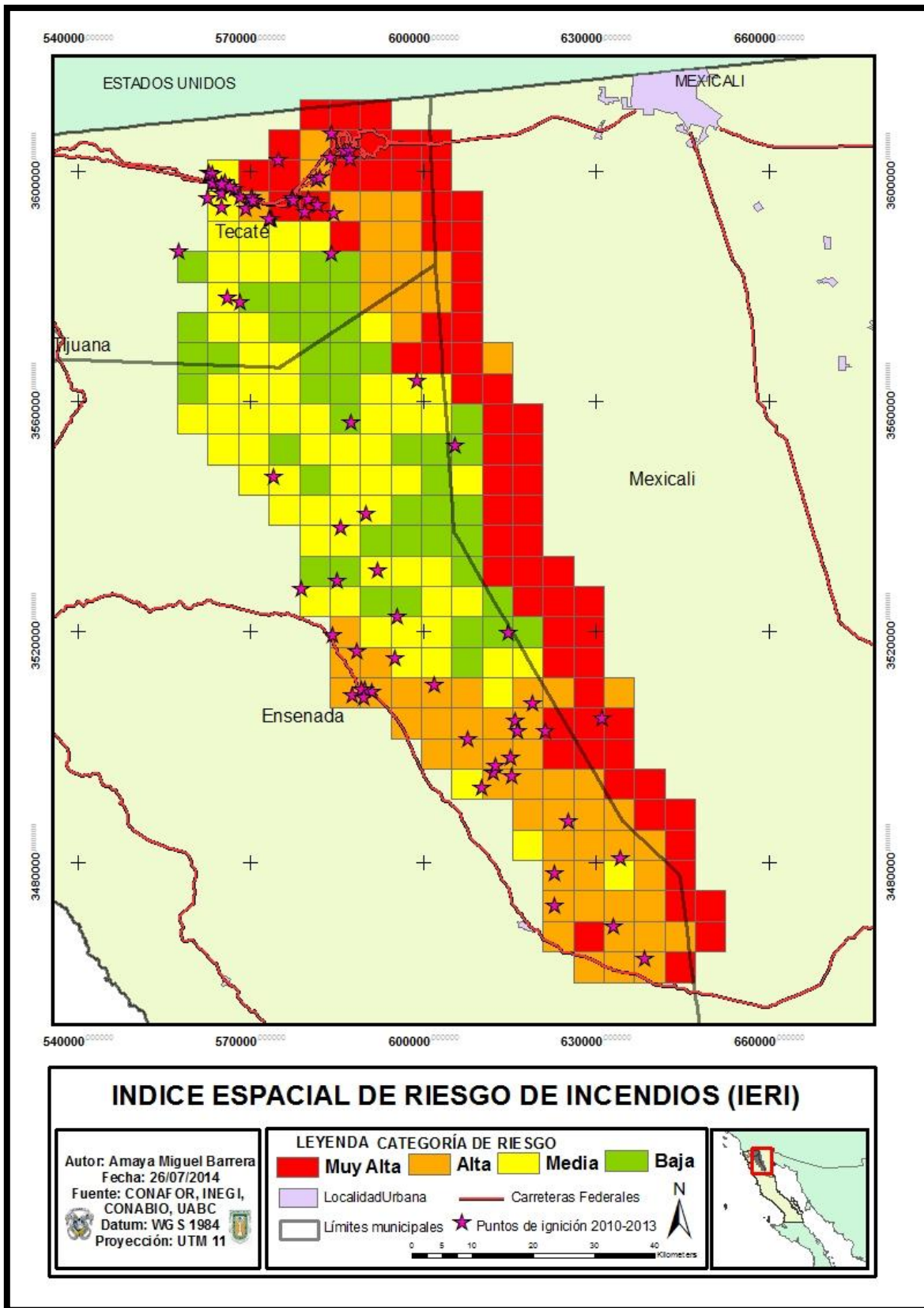


Figura 19: Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI)

7. CONCLUSIONES

- A pesar de que el número de incendios (incidencia) ha disminuido con el paso de los años, la superficie afectada en cada incendio (magnitud) ha aumentado.
- El 90% de los incendios forestales ocurren en los municipios de Tecate y Ensenada.
- En el período 2010-2013 ocurrieron un promedio anual de poco más de 200 incendios forestales.
- En el período 2010-2013 en los meses de verano ocurrieron 467 incendios forestales (56%) registrados, seguido de primavera con aproximadamente unos 300 (37%).
- El tipo de vegetación más afectada en cuanto a superficie incendiada es la de matorral y chaparral.
- La vegetación boscosa se quema en aquellos incendios de gran magnitud.
- El tipo de vegetación en el que tuvieron lugar la mayor parte los puntos de ignición fue en matorral y chaparral.
- La población rural siente que la incidencia de incendios ha aumentado en los últimos años y que en dichos incendios directa o indirectamente el ser humano era un factor determinante.
- El 90 % de los pobladores rurales es consciente de que vive en un lugar sensible a los incendios forestales pero, a pesar de ello, dicen sentirse olvidados por parte de las autoridades y el gobierno viéndose esto reflejado en una deficiente gestión de los terrenos forestales.
- Los puntos de ignición de incendios se acumulan principalmente en zonas de gran influencia humana (franja fronteriza de Estados Unidos).
- El modelo demostró ser una herramienta válida para la evaluación y monitoreo de riesgo de incendio en Baja California.
- Según el Índice Espacial de Riesgo de Incendios (IERI) desarrollado los factores naturales vegetación o condiciones climáticas son determinantes a la hora de evaluar el riesgo de incendios en Baja California.

- Una de las principales limitaciones fue la falta de disponibilidad de datos especialmente con los datos climáticos.
- Para la mayor parte del área de estudio se obtuvo un riesgo bajo de incendios según el Indicador de Causa, debido a la baja densidad poblacional, y escasas infraestructuras viales.
- Los factores de orientación y meteorológicos de la zona dieron un Indicador Físico-Meteorológico con categorías muy bajas en 40% de la zona, contribuyendo relativamente poco al índice de riesgo total.
- Por su parte, el Indicador de Combustible resultó tener mayormente categorías de riesgo muy altas, reflejando las numerosas zonas con vegetación de matorral y chaparral.
- El Índice Espacial de Riesgo de Incendios obtenido para Zona Prioritaria de Conservación de Sierra de Juárez, B.C., muestra valores repartidos de manera equilibrada entre las diferentes categorías o situaciones, sin agrupamientos en valores extremos, dejando pensar que estamos en un punto crucial de decisión para saber como orientar la futuras políticas de gestión y manejo del fuego.
- El modelo propuesto se puede seguir alimentado con datos mas exactos espacial y temporalmente, y se propone como una base para crear líneas estratégicas de gestión y manejo del fuego más acertadas para la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Ambiente, S. E. (2012). *Programa Estatal de Protección al Ambiente 2009-2013*. Baja California: Gobierno del Estado.
- Arriaga Carrera, L. e. (2009). Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO., 433-457.
- Castellnou, M., Costa, P., Larrañaga, A., Miralles, M., & Kraus, D. (2011). *La Prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al Incendio Tipo*. Barcelona: Unitat Tècnica del GRAF.
- Crittenden, K. S. (1983). Sociological aspects of attribution. *Annual Review of Sociology*, 425-446.
- Delgadillo, J. (1997). *Florística y ecología del norte de Baja California*. Ensenada: Universidad Autónoma de Baja California.
- Dirección General de Ecología (DGE), y con apoyo de la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado (SIDUE). (2007). *Programa de Ordenamiento ecológico de Baja California*.
- Dirección General de Operación Regional y de la Dirección Regional Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur, CONANP. (n.d.). *Programa de Manejo Parque nacional Constitución 1857*. México.
- Fulé, P., Villanueva-Díaz, J., Cornejo-Oviedo, E., Brown, P., & Falk, D. (2007). INCENDIOS FORESTALES Y CLIMA EN EL NORTE DE MÉXICO. *VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Morelia, Michoacán.
- Gómez, H. R., & Linares, R. (2006). SIG:Un arma para la Frontera. *Aldea Mundo*, 73-86.
- Hardesty, J., Myers, R., & Fulks, W. (2005). Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*, 22:78-87.
- Instituto Nacional de Ecología . (1968). *Inventario Forestal del Estado Baja California*. Mexico: Libros INE.
- Juan M. Torres Rojo, O. S. (2007). Índice de peligro de incendios forestales a largo plazo. *Agrociencia, vol. 41*, 663-674.
- Leopold, A. (1937). Conservationist in Mexico. *American Forest*, 37: 118-120.
- Magaña. (1983). *Determinación de un índice de peligro de incendios forestales para el municipio de Tlahuapan*. Puebla.

- Martínez Moreno, A., Flores Garnica, J. F., Solorio, B., & Dios, J. d. (1990). Indices de riesgo de Incendios en la Sierra de Tapalpa, estado de Jalisco. *Biencia Forestal en México*, 3-34.
- Merleau-Ponty, M. (1975). *Fenomenología de la percepción*. Barcelona: Península.
- Minnich, R. A. (1983). Fire Mosaics in Southern California and Northern California. *Science, New series, Vol. 219*, 1287-1294.
- Minnich, R. A., Vizcaíno, E. J., Sosa Ramírez, J., & Chou, Y.-H. (1993). Lightning detection rates and wildland fire in the mountains of northern Baja California. *Atmósfera*, 235-253.
- Myers, R. L. (2006). Iniciativa Global para el Manejo del fuego. *Convivir con el fuego- Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo integral del Fuego*. Tallahassee, U.S.A.: The Nature Conservancy.
- Núñez, C. A. (2001). Elaboración de un modelo espacial de Índice de peligro de Incendios Forestales. Linares, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Pérez-Verdín, G., Márquez-Linares, M. A., Cortés-Ortiz, A., & Salmerón-Macías, M. (2013). Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango. *Madera y Bosques*, 37-58.
- Pyne, S. J. (2001). *Fire: A Brief History*. Seattle: WA: University of Washington Press.
- Rebman, J. P., & Roberts C., N. (2012). *Baja California Plant Field Guide*. San Diego: San Diego Natural History Museum.
- Roberts, N. C. (1989). *Baja California Plant Field Guide*. La Jolla, California: Natural History Publishign COmpany.
- Rodríguez Trejo, D. A., Rodríguez Aguilar, M., Fernández Sánchez, F., & Pyne, S. (2002). *Educación e Incendios Forestales*. México D.F.: MundiPrensa.
- Rodríguez-Trejo, D. A. (2012). Génesis de los incendios forestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 18, núm. 3, 357-374.
- Rodríguez-Trejo, D. A., Santillán-Pérez, J., & Tchikoué-Maga, H. (2006). El perfil actual del combatiente de incendio forestales en Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 12, núm. 1, 79-86.
- Rodríguez-Trejo, D., & Fulé, P. (2003). Fire ecology of Mexican pines and fire management proposal. *International journal of Wildland Fire*, 23-37.
- SEMARNAT. (2010). NOM-059. *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestre - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo*. México.

- SEMARNAT/CONAFOR. (2009). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009*. Mexico.
- SEMARNAT/SAGARPA. (2007). NOM-015. *Especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario*.
- Subsecretaria Forestal y de la Fauna, S. (1968). *Inventario Forestal de Baja California*. MEXICO: INE.
- Torres Rojo, J. M., Magaña Torres, O. S., & Ramírez Fuentes, G. A. (2007). Índice de peligro de Incendios Forestales a largo plazo. *Agrociencia*, vol. 41, núm. 6, 663-674.
- Vargas Melgarejo, L. M. (1994). Sobre el Concepto de percepción. *Alteridades*, 47-53.
- Vilar del Hoyo, L., Gómez Nieto, I., Martín Isabel, M., & Martínez Vega, F. (2007). *Análisis comparativo de diferentes métodos para la obtención de modelos de riesgo humano de incendios forestales*. Sevilla-España: Wildfire.

ANEXOS

Anexo 1

Nº de CUESTIONARIO:

Género: 1. Masculino 2. Femenino

Edad:

Ocupación:

1. ¿Cuál cree que es la función que cumplen los bosques en Baja California?

1. Producción de madera, ganado y otros
2. Biodiversidad
3. Paisaje
4. Uso social recreativo, caza...
5. Controlar la erosión, el cambio climático, regular el ciclo del agua
6. NS/NC
7. Otros.....

2. Cómo ordenaría de mayor a menor importancia los siguientes problemas referentes a los bosques en Baja California?

1. Cambio climático
2. Incendios
3. Abandono de tierras rurales
4. Falta o deficiente gestión por parte del Gobierno
5. Exceso de infraestructuras como carreteras, casas, industrias...

Mayor importancia

Menor importancia

3. ¿Cree que vive en un lugar susceptible a los incendios forestales?

1. Sí 2.No 3. NS/NC

4. ¿Cree que ha aumentado la incidencia de incendios forestales en Baja California en los últimos años?

1. Sí 2.No 3. NS/NC

5. ¿Cuál cree que es la causa más importante de incendios forestales en Baja California?

1. Intencionados 2. Causas naturales 3. Negligencias o accidentes 4. NS/NC 5. Otras.....

6. Cuando se produce un incendio forestal los daños provocados están relacionados con:

1. Degradación ambiental 2. Pérdidas económicas 3. Conflictos sociales 4. NS/NC

5. Otros.....

7. ¿Considera usted que las normas y leyes y su aplicación en materia forestal en Baja California protegen el bosque?

1. No, no lo protegen 2. No, no lo protegen suficientemente
3. Sí, lo protegen suficientemente 4. Sí, lo protegen excesivamente

5.NS/NC

8. ¿Considera que está bien informado por parte de las autoridades acerca de cómo prevenir y actuar frente a un incendio forestal?

1. Sí 2.No 3. NS/NC

9. ¿Cree que son suficientes los medios de prevención y extinción de incendios forestales en Baja California?

1. Sí 2.No 3. NS/NC

10. ¿Cuál cree que sería la mejor manera de reducir la incidencia de los incendios forestales?

1. Aumentar y/o mejorar la vigilancia
2. Aumentar la red de áreas cortafuegos, pistas y puntos de agua
3. Aumentar y/o mejorar las infraestructuras de extinción
4. Aumentar educación ambiental sobre incendios forestales
5. Reducir la acumulación de combustibles vegetales
6.Otras.....

.....

Anexo 2

CATEGORÍAS UTILIZADAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN

- Agricultura de humedad: Se practica en terreno que se cultivan antes o después de la temporada de lluvias, aprovechando la humedad del suelo. Incluye a los terrenos de zonas inundables o materiales amorfos que retienen agua y que aun en periodo de sequía presentan humedad, o bien aquellos que después de la temporada de lluvias soportan cultivos que desarrollan todo su ciclo, llamados comúnmente de invierno.
- Agricultura de riego: No depende de la temporada de lluvias y la duración del cultivo puede ser de meses, años o décadas. Considera diferentes sistemas de riego como la aspersión o el goteo.
- Agricultura de temporal: Es aquella en la que los cultivos dependen del agua de lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener agua. Algunas superficie son sembradas de manera homogénea por un cultivo o más, pueden estar combinados con pastizales o agricultura de riego, en un mosaico complejos pero siempre con dominancia de cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia.
- Área urbana: Área donde existe un agrupamiento de construcciones permanentes de acuerdo a una traza urbana a la que se le asocia un nombre.
- Bosque de pinos: Vegetación dominada por árboles perennifolios del grupo de las coníferas entre las que se encuentran el género *Pinus* y *Abies*. Generalmente se presentan en climas templados y fríos de las partes altas de las cordilleras.
- Bosque de táscate: Son bosques formados por árboles con hojas en forma de escama del género *Juniperus* a los que se les conoce como táscate, enebro o cedro. Aparecen en regiones subcálidas, templadas y semifrías, siempre en contacto con los bosques de encino, pino-encino, selva baja-caducifolia y matorrales de zonas áridas.
- Chaparral: Vegetación dominada por arbustos, típica de zonas áridas y semiáridas. El número de endemismos en esta zona es sumamente elevado y es

el tipo de vegetación más extenso en México. Debido a la escasez de agua y a que los suelos son pobres y someras, la agricultura se practica a pequeña escala, salvo donde hay posibilidades de riego. Por el contrario, la ganadería está sumamente extendida y hay zonas sobrepastoreadas.

- Matorral desértico micrófilo: Elementos arbustivos caracterizados principalmente por hojas diminutas que generalmente crecen en zonas aluviales.

- Matorral rosetófilo costero: La vegetación de este tipo de matorral se caracteriza porque sus plantas absorben el agua que se condensa del rocío matinal y de la niebla más que de la época de lluvia y de las escasas fuentes de agua subterránea. Se encuentra en lugares cercanos a la costa y las hojas tienen forma de roseta. Suele haber una importante presencia de cactáceas.

- Pastizal inducido: Es la vegetación de pastizal que surge cuando es eliminada la vegetación original. Es común que se establezca en áreas agrícolas abandonadas, como producto de áreas que se incendian o como de desmonte de cualquier tipo de vegetación.

Anexo 3

CATEGORÍAS DE RIESGO PARA CADA CUADRÍCULA SEGÚN LOS INDICADORES Y EL ÍNDICE FINAL

Nº cuadrícula	Indicador físico meteorológico	Indicador de combustible	Indicador de causa	Índice total
1	alta	muy alta	baja	alta
2	alta	muy alta	media	alta
3	alta	alta	baja	alta
4	alta	muy alta	baja	muy alta
5	alta	muy alta	media	alta
6	alta	muy alta	baja	muy alta
7	media	muy alta	baja	alta
8	media	muy alta	baja	alta
9	alta	muy alta	media	alta
10	alta	muy alta	baja	muy alta
11	alta	muy alta	baja	alta
12	media	muy alta	baja	alta
13	alta	muy alta	baja	alta
14	media	muy alta	baja	alta
15	muy alta	muy alta	media	muy alta
16	alta	muy alta	baja	muy alta
17	alta	muy alta	baja	alta
18	media	muy alta	baja	alta
19	baja	muy alta	baja	media
20	media	muy alta	baja	alta
21	alta	muy alta	baja	muy alta
22	alta	media	alta	media
23	alta	alta	baja	alta
24	media	muy alta	baja	alta
25	alta	muy alta	baja	alta
26	media	muy alta	baja	alta
27	alta	muy alta	baja	muy alta
28	media	alta	media	alta
29	media	muy alta	media	alta
30	media	muy alta	baja	alta
31	media	muy alta	baja	alta
32	alta	muy alta	baja	muy alta
33	alta	muy alta	baja	muy alta
34	media	baja	baja	media

35	alta	alta	media	alta
36	media	muy alta	baja	alta
37	alta	muy alta	baja	alta
38	alta	muy alta	baja	alta
39	alta	muy alta	baja	muy alta
40	alta	muy alta	baja	muy alta
41	alta	alta	baja	alta
42	alta	muy alta	muy alta	alta
43	media	muy alta	media	alta
44	alta	muy alta	baja	alta
45	alta	muy alta	baja	muy alta
46	muy alta	muy alta	baja	muy alta
47	alta	muy alta	baja	muy alta
48	media	muy alta	media	alta
49	alta	muy alta	media	alta
50	alta	muy alta	media	alta
51	alta	muy alta	baja	alta
52	alta	muy alta	baja	alta
53	alta	muy alta	baja	muy alta
54	alta	muy alta	baja	muy alta
55	alta	muy alta	baja	muy alta
56	media	muy alta	media	alta
57	media	muy alta	baja	alta
58	media	muy alta	baja	alta
59	baja	muy alta	alta	alta
60	baja	muy alta	baja	alta
61	baja	muy alta	baja	media
62	media	muy alta	baja	alta
63	media	muy alta	baja	alta
64	alta	muy alta	baja	muy alta
65	alta	muy alta	baja	alta
66	media	muy alta	baja	alta
67	media	muy alta	baja	alta
68	baja	muy alta	baja	media
69	baja	muy alta	media	media
70	baja	alta	alta	baja
71	baja	muy alta	alta	media
72	baja	muy alta	baja	media
73	alta	muy alta	baja	muy alta
74	alta	muy alta	media	muy alta
75	media	muy alta	baja	alta

76	baja	muy alta	baja	media
77	baja	alta	alta	media
78	baja	alta	alta	media
79	baja	alta	media	baja
80	baja	alta	baja	baja
81	baja	muy alta	baja	baja
82	alta	muy alta	baja	muy alta
83	alta	muy alta	baja	muy alta
84	baja	muy alta	media	media
85	baja	muy alta	baja	media
86	baja	muy alta	alta	baja
87	baja	baja	media	baja
88	baja	alta	media	media
89	baja	muy alta	baja	media
90	baja	muy alta	baja	baja
91	alta	muy alta	baja	muy alta
92	alta	muy alta	baja	muy alta
93	alta	muy alta	media	muy alta
94	baja	muy alta	baja	baja
95	baja	muy alta	baja	baja
96	baja	muy alta	alta	media
97	baja	muy alta	alta	media
98	baja	muy alta	media	media
99	baja	muy alta	baja	baja
100	alta	muy alta	baja	muy alta
101	alta	muy alta	baja	muy alta
102	alta	muy alta	baja	muy alta
103	baja	muy alta	baja	media
104	baja	muy alta	baja	media
105	baja	muy alta	muy alta	baja
106	baja	alta	media	baja
107	baja	media	media	baja
108	baja	muy alta	baja	baja
109	alta	muy alta	baja	muy alta
110	alta	muy alta	baja	muy alta
111	baja	muy alta	baja	media
112	baja	muy alta	baja	media
113	baja	muy alta	baja	media
114	baja	muy alta	baja	media
115	baja	baja	media	baja
116	baja	media	alta	baja

117	baja	muy alta	baja	baja
118	alta	muy alta	baja	muy alta
119	alta	muy alta	baja	muy alta
120	baja	muy alta	baja	media
121	baja	muy alta	baja	media
122	baja	alta	baja	baja
123	baja	muy alta	baja	media
124	baja	muy alta	baja	media
125	baja	alta	media	media
126	baja	media	baja	baja
127	baja	muy alta	baja	media
128	alta	muy alta	baja	muy alta
129	alta	muy alta	baja	muy alta
130	baja	muy alta	baja	media
131	baja	muy alta	media	media
132	baja	alta	media	baja
133	baja	alta	baja	media
134	baja	alta	baja	media
135	baja	muy alta	baja	media
136	baja	media	media	baja
137	baja	alta	baja	baja
138	baja	muy alta	baja	baja
139	alta	muy alta	baja	muy alta
140	alta	muy alta	baja	muy alta
141	baja	muy alta	baja	media
142	baja	muy alta	baja	media
143	baja	muy alta	media	media
144	baja	muy alta	alta	media
145	baja	muy alta	media	media
146	baja	media	media	baja
147	baja	muy alta	baja	media
148	baja	muy alta	media	media
149	baja	muy alta	baja	media
150	baja	muy alta	baja	baja
151	alta	muy alta	baja	muy alta
152	alta	muy alta	baja	muy alta
153	baja	muy alta	baja	baja
154	baja	muy alta	media	media
155	baja	muy alta	baja	media
156	baja	muy alta	baja	media
157	baja	media	media	baja

158	baja	alta	media	baja
159	baja	muy alta	alta	media
160	baja	muy alta	media	media
161	baja	muy alta	baja	media
162	alta	muy alta	baja	muy alta
163	alta	muy alta	baja	muy alta
164	baja	muy alta	media	baja
165	baja	muy alta	baja	baja
166	baja	muy alta	alta	media
167	baja	muy alta	baja	media
168	baja	alta	baja	baja
169	baja	baja	baja	baja
170	media	baja	media	baja
171	muy alta	alta	baja	muy alta
172	alta	muy alta	baja	muy alta
173	alta	muy alta	baja	muy alta
174	alta	muy alta	baja	alta
175	baja	alta	media	baja
176	baja	muy alta	baja	media
177	baja	muy alta	baja	media
178	baja	alta	media	baja
179	baja	baja	baja	baja
180	media	baja	media	baja
181	baja	muy alta	alta	media
182	muy alta	baja	baja	alta
183	muy alta	alta	baja	muy alta
184	alta	muy alta	baja	muy alta
185	baja	muy alta	media	media
186	baja	alta	baja	baja
187	baja	alta	media	baja
188	baja	baja	alta	baja
189	baja	media	baja	baja
190	muy alta	baja	media	alta
191	muy alta	baja	baja	alta
192	muy alta	alta	baja	alta
193	alta	muy alta	baja	muy alta
194	baja	alta	media	baja
195	baja	muy alta	baja	media
196	baja	muy alta	baja	media
197	baja	muy alta	baja	media
198	media	baja	media	baja

199	baja	media	baja	baja
200	muy alta	baja	baja	alta
201	muy alta	baja	baja	alta
202	muy alta	alta	baja	alta
203	alta	muy alta	baja	muy alta
204	media	muy alta	media	media
205	baja	muy alta	baja	media
206	media	media	media	media
207	media	alta	baja	media
208	muy alta	media	media	muy alta
209	muy alta	baja	baja	alta
210	muy alta	baja	baja	alta
211	muy alta	alta	baja	muy alta
212	alta	muy alta	baja	muy alta
213	baja	alta	media	media
214	media	muy alta	media	alta
215	muy alta	muy alta	media	muy alta
216	muy alta	alta	baja	muy alta
217	muy alta	baja	alta	alta
218	muy alta	baja	baja	alta
219	muy alta	baja	baja	alta
220	muy alta	muy alta	baja	muy alta
221	alta	muy alta	baja	muy alta
222	media	muy alta	media	media
223	muy alta	muy alta	baja	muy alta
224	muy alta	muy alta	baja	muy alta
225	muy alta	media	muy alta	alta
226	muy alta	alta	baja	muy alta
227	muy alta	alta	baja	muy alta
228	muy alta	muy alta	baja	muy alta
229	alta	muy alta	baja	muy alta
230	muy alta	media	media	muy alta
231	muy alta	baja	media	alta
232	muy alta	alta	alta	muy alta
233	alta	muy alta	media	muy alta
234	alta	muy alta	media	muy alta
235	alta	muy alta	baja	muy alta
236	muy alta	muy alta	baja	muy alta
237	muy alta	muy alta	baja	muy alta
238	alta	muy alta	baja	muy alta