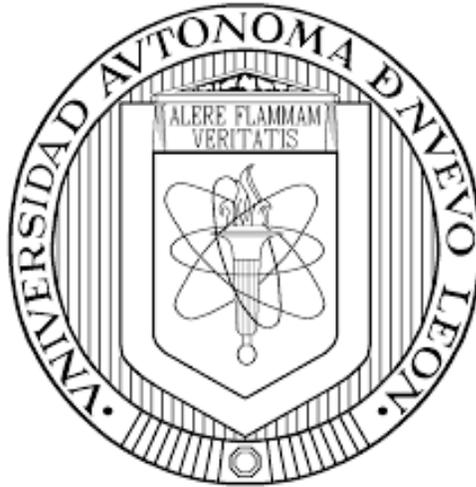


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EVALUACIÓN DE LA CARGA DE COMBUSTIBLES  
FORESTALES EN ÁREAS BAJO DIFERENTE RÉGIMEN DE  
MANEJO**

**POR:**

**ING. DANIEL ALFREDO LERMA ROMAN**

**Como requisito parcial para obtener el grado de**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**Febrero, 2025**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EVALUACIÓN DE LA CARGA DE COMBUSTIBLES  
FORESTALES EN ÁREAS BAJO DIFERENTE RÉGIMEN DE  
MANEJO**

**POR:**

**ING. DANIEL ALFREDO LERMA ROMAN**

**Como requisito parcial para obtener el grado de**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**Febrero, 2025.**

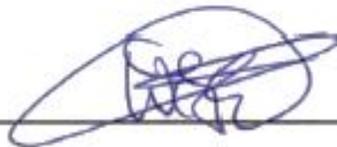
**EVALUACIÓN DE LA CARGA DE COMBUSTIBLES  
FORESTALES EN ÁREAS BAJO DIFERENTE RÉGIMEN DE  
MANEJO**

**Aprobación de Tesis**



---

**Director**  
**Dr. Marco Aurelio González Tagle**



---

**Codirector**  
**Dra. Wibke Himmelsbach**



---

**Asesor**  
**Dr. Eduardo Alanís Rodríguez**

**Febrero, 2025.**

**EVALUACIÓN DE LA CARGA DE COMBUSTIBLES  
FORESTALES EN ÁREAS BAJO DIFERENTE RÉGIMEN DE  
MANEJO**

**Aprobación de Tesis**

---

**Director  
Dr. Marco Aurelio González Tagle**

---

**Codirector  
Dra. Wibke Himmelsbach**

---

**Asesor  
Dr. Eduardo Alanís Rodríguez**

**Febrero, 2025.**

## Dedicatoria

A mi amada esposa **América Correa** y a mi hijo **Leonardo Daniel** por todo su amor, apoyo, cariño, comprensión, paciencia, y por formar parte de mi vida.

A mi padre **José Luis Lerma Cruz (+)**, aquel gran hombre que, aunque ya no está con nosotros, sé que estaría sumamente orgulloso, por sus consejos y por enseñarme que, aunque en la vida hay obstáculos, siempre se puede salir adelante.

A mi madre **Socorro Román Moran**, por todo su amor, cariño, y consejos que me ha regalado a lo largo esta vida.

A mis hermanos, **José Luis, Olga Guadalupe, Juan Manuel, y Benito Alberto**, por formar parte de mi vida.

A mis otros padres:

**Isidro Royer Cuenca (+)**, por toda su confianza y apoyo, en mi formación como persona, y por enseñarme grandes cosas en esta vida.

**Dina Gómez de Royer**, por todo su cuidado, cariño y amor para conmigo, y por todas sus oraciones que día a día realiza por cada uno de nosotros.

## **Agradecimientos**

Primeramente, a mi **Dios** por su Amor, Bondad y Misericordia, y por todas las cosas que me ha regalado a lo largo de esta vida.

Al **Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología** (CONACYT), por la **beca Número 888238** otorgada para la realización de los estudios de maestría en el programa de Maestría en Ciencias Forestales del a UANL.

A mi **Alma Mater**, Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ciencias Forestales, por todas sus enseñanzas en ámbito forestal.

Al **Dr. Marco Aurelio González Tagle**, mi director de tesis por su amistad brindada, por su paciencia y valioso tiempo dedicado a esta investigación.

A la **Dra. Wibke Himmelsbach**, gracias por la ayuda brindada en la realización de este trabajo, y por su buena disponibilidad en todo momento para la revisión de este trabajo.

Al **Dr. Eduardo Alanís Rodríguez**, por su apoyo y amistad a lo largo de mi estancia en la facultad.

Al **Ing. Agustín Salazar** por su amistad y todo su apoyo brindado a lo largo de mi carrera, mil gracias.

**A mis compañeros** de generación: Marcos Adán, Juan Rosales, Juan Manuel, Mónica Carmona, Flor Nashielly, Dulce María de Todos los Ángeles y Ana Lizcano.

**A todos los brigadistas**, que participaron en la colecta de datos en cada uno de los sitios evaluados, gracias por su apoyo y esfuerzo, de la misma manera gracias **al Gobierno del Estado de Nuevo León**, por subsidiar el trabajo de cada uno de los brigadistas.

## TABLA DE CONTENIDO

1.0 INTRODUCCIÓN.....	1
2.0 HIPÓTESIS.....	3
2.1 OBJETIVOS.....	3
2.1.1 Objetivo General.....	3
2.1.2 Objetivos Específicos.....	3
3.0 ANTECEDENTES.....	4
3.1 Número de Incendios Forestales en México. ....	5
3.2 Causas de los Incendios Forestales. ....	6
3.3 Tipos de Incendios Forestales. ....	7
3.3.1 Incendio Subterráneo.....	7
3.3.2 Incendio Superficial.....	7
3.3.3 Incendio Aéreo o de Copa. ....	8
3.4 Severidad de Los Incendios Forestales. ....	8
3.4.1 Severidad Alta. ....	8
3.4.2 Severidad Moderada.....	9
3.4.3 Severidad Mínima.....	9
3.5 Comportamiento del Fuego. ....	9
3.6 El Triángulo del Fuego.....	9
3.6.1 Calor. ....	10
3.6.2 Combustible.....	10
3.6.3 Oxígeno .....	10
3.7 Combustibles Forestales. ....	11
3.7.1 Características principales de los combustibles. ....	11

3.7.2 Estado y peso.....	11
3.7.3 Cantidad .....	12
3.7.4 Tamaño y forma.....	12
3.7.5 Compactación.....	12
3.7.6 Disposición del Combustible.....	12
3.7.7 Densidad de la madera.....	13
3.7.8 Sustancias químicas.....	13
3.7.9 Contenido de humedad.....	13
3.8 Clasificación de Combustibles Forestales.....	13
3.9 Carga de Combustibles.....	15
3.10 Técnicas de manejo de combustibles.....	15
3.11 Método practico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca.....	16
3.12 Evaluación de la carga de combustibles forestales para México.....	16
4.0 MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1 Ubicación del área de estudio.....	18
4.1.1 Áreas sin Manejo (SM).....	18
4.1.2 Áreas con Actividad Antropogénica (EL).....	19
4.1.3 Áreas con Manejo (MI).....	20
4.2 Parque Nacional Cumbres de Monterrey.....	20
4.3 Clima .....	21
4.4 Geología.....	22
4.5 Suelos.....	22
4.5 Diseño de muestreo.....	23
5.0 RESULTADOS.....	25

5.1 Áreas sin manejo (SM). .....	25
5.2 Áreas con actividad antropogénica (EL). .....	27
5.3 Áreas con manejo forestal (MI). .....	29
5.4 Análisis Estadístico. ....	32
5.4.1 Prueba de Normalidad. ....	33
5.4.2 Análisis de ANOVA. ....	33
5.4.3 Prueba de Tukey HSD. ....	34
5.5 Interpolación general. ....	34
5.5.1 Ejido Laguna de Sánchez. ....	34
5.5.2 Ejido La Trinidad. ....	35
5.5.3 Ejido Corona del Rosal. ....	36
5.5.4 Ejido Santa Ana. ....	36
5.5.5 Ejido La Lagunita. ....	37
5.5.6 Ejido Dieciocho de Marzo. ....	37
6.0 DISCUSIÓN. ....	44
7.0 CONCLUSIONES. ....	45
8.0 REFERENCIAS. ....	46

## INCIDE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de combustibles por su tiempo de retardo. ....	14
Cuadro 2. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Laguna de Sánchez. ....	26
Cuadro 3. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido La Trinidad. ....	27
Cuadro 4. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Dieciocho de Marzo. ....	28
Cuadro 5. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido La Lagunita. ....	29
Cuadro 6. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Corona del Rosal. ....	30
Cuadro 7. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Santa Ana. ....	31
Cuadro 8. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Laguna de Sánchez. ....	35
Cuadro 9. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido La Trinidad. ....	35
Cuadro 10. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Corona del Rosal. ....	36
Cuadro 11. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Santa Ana. ....	36
Cuadro 12. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido La Lagunita. ....	37
Cuadro 13. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Dieciocho de Marzo. ....	37

## INCIDE DE FIGURAS.

Figura 1. Registro de incendios forestales en México para los años de 1998 a 2024..	6
Figura 2. Principales Causas de los Incendios Forestales..	7
Figura 3. Triangulo del Fuego.	10
Figura 4. Localización de áreas del estudio sin manejo que se encuentran distribuidas en el Parque Nacional. Cumbres de Monterrey.	18
Figura 5. Localización de áreas de estudio con actividad antropogénica, ubicadas en el sur del Estado de Nuevo León.	19
Figura 6. Localización de áreas de estudio con manejo forestal, ubicadas en el sur del Estado de Nuevo León.	20
Figura 7. Diseño de Muestreo para la colecta de combustibles forestales.	24
Figura 8. Promedio de acumulación de combustibles $Mg\ ha^{-1}$ , para Ejido Laguna de Sánchez.	26
Figura 9. Promedio de acumulación de combustibles $Mg\ ha^{-1}$ , para Ejido La Trinidad.	27
Figura 10. Promedio de acumulación de combustibles $Mg\ ha^{-1}$ , para Ejido Dieciocho de Marzo.	28
Figura 11. Promedio de acumulación de combustibles $Mg\ ha^{-1}$ , para Ejido La Lagunita.	29
Figura 12. Promedio de acumulación de combustibles $Mg\ ha^{-1}$ , para Ejido Corona del Rosal.	30
Figura 13. Promedio de acumulación de combustibles $Mg\ ha^{-1}$ , para Ejido Santa Ana.	31
Figura 14. Valores atípicos o extremos encontrados en las áreas (SM).	32
Figura 15. Valores atípicos o extremos encontrados en las áreas (MI).	32
Figura 16. Valores atípicos o extremos encontrados en las áreas (EL).	33
Figura 17. Comparación de las cargas de combustibles para las tres áreas.	33
Figura 18. Diagrama de prueba de Tukey.	34
Figura 19. Mapa de interpolación de combustibles mediante el Índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido de Laguna de Sánchez.	38

Figura 20. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido La Trinidad.....	39
Figura 21. . Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido Corona del Rosal. ....	40
Figura 22. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido Santa Ana.....	41
Figura 23. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido La Lagunita.....	42
Figura 24. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido Dieciocho de Marzo. ....	43

## RESUMEN

Los combustibles influyen de manera directa al desarrollo y establecimiento de los incendios forestales, sin embargo, este componente puede ser manipulado. En el presente trabajo se evaluó la carga de combustibles forestales, con el fin de elaborar herramientas para mitigar el riesgo de los incendios, la evaluación de dicho componente se realizó mediante la Técnica de Intersecciones Planares.

El estudio se realizó en la Sierra Madre Oriental, en tres municipios: Villa de Santiago (Ejido Laguna de Sánchez), Montemorelos (Ejido la Trinidad) y Galeana (Ejido Corona del Rosa, Ejido Dieciocho de Marzo, Ejido La Lagunita y Ejido Santa Ana), todos pertenecientes al Estado de Nuevo León. Las áreas establecidas en los municipios de Montemorelos y Villa de Santiago, se ubican dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Área Natural Protegida.

Una vez realizada la cuantificación de la carga de combustibles, se utilizó el método de interpolación Función Inversa a la Distancia (IDW), con el fin de observar la distribución de la carga de combustibles, la información obtenida estableció la base para la toma de decisiones estratégicas en la prevención y combate de incendios.

Palabras clave: Combustibles, Carga de Combustibles, Función inversa a la distancia, Incendio.

## **ABSTRACT**

Fuels have a direct influence on the development and establishment of forest fires, however, this component can be manipulated. In the present work, the forest fuel load was evaluated in order to develop tools to mitigate the risk of fire, and the evaluation of this component was carried out using the Planar Intersections Technique.

The study was carried out in the Sierra Madre Oriental, in three municipalities: Villa de Santiago (Ejido Laguna de Sánchez), Montemorelos (Ejido la Trinidad) and Galeana (Ejido Corona del Rosa, Ejido Dieciocho de Marzo, Ejido La Lagunita and Ejido Santa Ana), all belonging to the State of Nuevo León. The areas established in the municipalities of Montemorelos and Villa de Santiago are located within the Cumbres de Monterrey National Park, a Protected Natural Area. Once the fuel load had been quantified, the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method was used to observe the distribution of the fuel load. The information obtained established the basis for strategic decision-making in fire prevention and firefighting.

Keywords: Fuels, Fuel Loading, Inverse distance weighting, Fire

## 1.0 INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010) menciona que los ecosistemas forestales son de gran importancia para la vida en el planeta y son fundamentales en los ciclos hidrológicos, ayudan a la captura del dióxido de carbono y liberan oxígeno purificando el aire que respiramos, además regulan la temperatura y la humedad, con lo que se equilibra el clima, proporcionan alimento y refugio a los seres vivos, sin embargo, dichos procesos se pueden ver amenazados por diversos factores como la tala inmoderada, la deforestación, la degradación de suelos y los incendios no controlados.

El fuego puede jugar un papel importante en el ecosistema cuando se utiliza de forma adecuada, ya que puede mantener la biodiversidad, sin embargo, cuando se produce por una negligencia o de forma irresponsable, puede convertirse en un incendio forestal, el cual puede llegar a provocar consecuencias devastadoras para el medio ambiente, así como para la salud y seguridad de las personas.

Los incendios forestales son considerados como un proceso de combustión natural de gran potencia, que pueden llegar a consumir diferentes estratos y tipos de vegetación en un área geográfica definida (Sosa et al; 2004).

Se calcula que el 90% de los incendios es causado por actividades humanas, mientras que el 10% restante es producido por fenómenos naturales. Se estima una ocurrencia promedio anual de 8,487 incendios, con una afectación de 492, 651 hectáreas, en un periodo que abarca del año 1998 al 2019.

Al momento de producirse un incendio existen diversas condiciones que influyen sobre la forma y velocidad de su propagación, las cuales podemos clasificar en permanentes y transitorias, dentro de las primeras podemos encontrar la composición de los combustibles el principal elemento que determina las características del incendio, las especies vegetales y la topografía, mientras que en las segundas podemos mencionar la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa y la precipitación pluvial (CONAFOR, 2010).

Villers (2006) menciona que toda la biomasa que cuenta con el potencial de arder al ser expuesta a una fuente de calor se le denomina combustible.

Las cargas de combustibles pueden variar en función de la etapa sucesional del bosque, de la altitud y los disturbios presentes (Rodríguez, 2001).

Por su parte Flores (1996) menciona que los combustibles forestales constituyen uno de los factores más importantes para el manejo y control de los incendios, ya que dicho combustible puede ser manipulado, ya sea disminuyéndolo o eliminándolo totalmente.

Existen ciertos factores críticos y fundamentales al momento de evaluar y predecir un incendio, por lo cual es necesario contar con estrategias de manejo de combustibles con el fin de favorecer a su reducción, sin embargo, es necesario contar con una adecuada caracterización de dichos combustibles, conocer la distribución espacial, su humedad, así como tiempo imperante al momento de la combustión (Villers, 2006; Chávez *et al.*, 2017).

Los combustibles pueden dividirse en vivos o muertos según su condición. Los primeros contemplan hierbas, arbustos o plantas que se encuentran por debajo del dosel. Los segundos son los troncos, ramas y hojas que normalmente se encuentran sobre el suelo, la cantidad y posición generalmente determina su inflamabilidad y que tan fácil puede iniciarse y dispersarse el fuego (Villers, 2006).

A diferencia de los combustibles vivos, los materiales muertos se evalúan in situ a partir de muestreos directos, ya que no se pueden detectar por otras técnicas como los sensores remotos, debido a que se localizan debajo del dosel de los árboles (Velasco, Flores-Garnica, Márquez-Azúa y López, 2013).

## **2.0 HIPÓTESIS**

Existe una mayor carga de combustibles forestales en los sitios dentro del Área Natural Protegida Parque Nacional Cumbres de Monterrey, que en aquellos fuera del parque y que presentan algún tipo de manejo o actividad.

## **2.1 OBJETIVOS**

### **2.1.1 Objetivo General**

- Evaluar la carga de combustibles forestales en diferentes sitios y con diferentes estatutos (conservación, manejo y actividad antropogénica) en la Sierra Madre Oriental.

### **2.1.2 Objetivos Específicos**

- Elaboración de mapas de interpolación de combustibles mediante la Función Inversa a la Distancia (IDW)
- Establecer propuestas estratégicas para el manejo de la carga de combustibles forestales

### 3.0 ANTECEDENTES

Los incendios forestales ocurren de manera natural y contribuyen en todo el mundo al deterioro de los recursos naturales, así como a pérdidas económicas (directas e indirectas) y de vidas humanas. En México cada año ocurren dichos fenómenos de acuerdo con las diferentes condiciones climáticas y meteorológicas, presentándose incendios de diversas magnitudes (Ressel *et al.*, 2012). Sin embargo dichos incendios también son considerados como un regulador natural, conformando un proceso vital y esencial en la sucesión ecológica y el mantenimiento de la sustentabilidad al interior de los ecosistemas (Castillo, Pedernera y Peña, 2003).

Debido a las actividades y acciones de la humanidad, los ecosistemas han presentado una modificación en su estabilidad, esto debido a la intervención cada vez más agresiva sobre los recursos naturales renovables. Ejemplo de ello es la exclusión del fuego en ecosistemas donde este se producía de manera natural, lo cual produce una alteración en los procesos naturales, reflejándose en importantes cambios en la estructura y composición de las especies (Castillo *et al.* 2003). Por ello es de suma importancia conocer el papel ecológico de los incendios, en los programas de restauración, conservación y manejo (Rodríguez y Fulé, 2003).

En los años de 1997-1998 se presentaron grandes incendios forestales sin control, consumiendo grandes extensiones de vegetación en países como, Indonesia, Australia, Brasil, Canadá, Rusia, el sur de los Estados Unidos y México Castillo *et al.* (2003)

González, Schwendenmann, Jiménez y Himmelsbach (2007) mencionan que, a partir de la temporada de incendios de 1998 en México, los incendios forestales han cobrado gran relevancia debido a que contribuyen de manera directa a la deforestación, el cambio en la estructura y composición del bosque. Tanto la falta

como el exceso de fuego constituyen una perturbación a los ecosistemas forestales (Rodríguez, Rodríguez y Sánchez, 2002). Sin embargo, el conocimiento que se posee acerca de los efectos de los incendios sobre la estructura, composición y la dinámica de los bosques de la Sierra Madre Oriental (SMO) es muy escaso (González et al, 2007).

### **3.1 Número de Incendios Forestales en México.**

De acuerdo con las estadísticas oficiales de CONAFOR (2025), en México desde 1998 al 2024 han ocurrido en promedio unos 8,000 incendios por año, con una afectación promedio de 638,061 hectáreas. Los años 2014 y 2015 presentaron la menor cantidad de incendios, así como el menor número de hectáreas afectadas, sin embargo, es sumamente alarmante que desde el año 2021 ha ido en aumento el número de hectáreas afectadas, siendo que para el año 2024 se consumieron 1,672,216 hectáreas, como se observa en la siguiente grafica (Figura 1). En lo que va del año 2025, se han registrado 78 incendios forestales en 10 entidades federativas, con una superficie afectada de 704 .08 hectáreas, el 99% de dicha superficie corresponde al estrato herbáceo y arbustivo, mientras que el 1% restante al estrato arbóreo. Para el caso del estado de Nuevo León, no se han registrado incendios activos hasta la fecha.

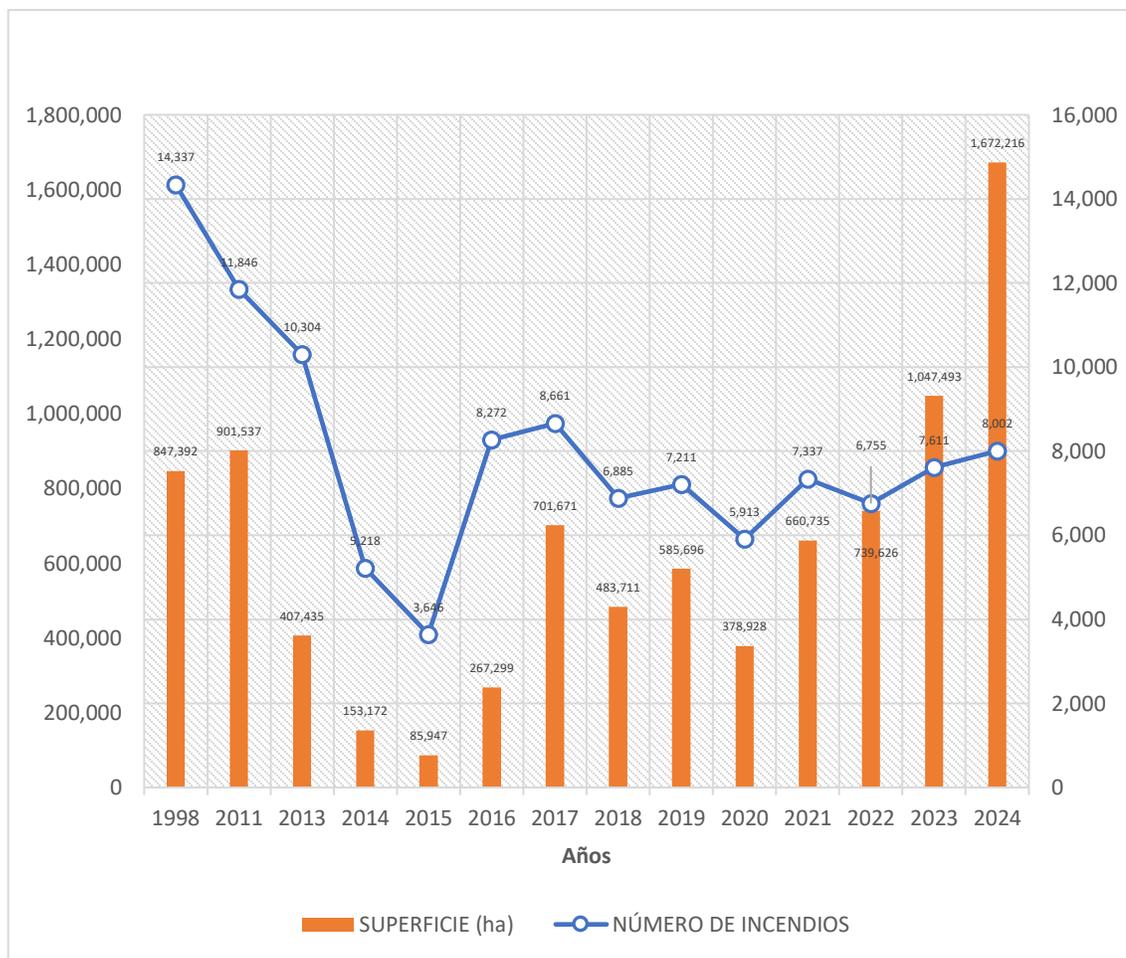


Figura 1. Registro de incendios forestales en México para los años de 1998 a 2024. Datos provienen de las estadísticas nacionales de CONAFOR, 2025.

### 3.2 Causas de los Incendios Forestales.

En México se calcula que cerca del 99% de los incendios es causado por actividades humanas y el resto presenta como causa los fenómenos naturales como las descargas eléctricas y las erupciones de volcanes (CONAFOR, 2025). Para el 2025 se calcula que el 39.74% de los incendios se han iniciado de manera intencional, seguido de causas desconocidas con 32.05%, actividades pecuarias 8.97%, fogatas 6.41%, actividades agrícolas 3.85%, fumadores 3.85%, festividades y rituales 2.56%, cazadores 1.28% y transportes 1.28%. Actualmente los incendios causados por los seres humanos se encuentran presentes en todos los ecosistemas vegetales existentes en el mundo (Figura 2)

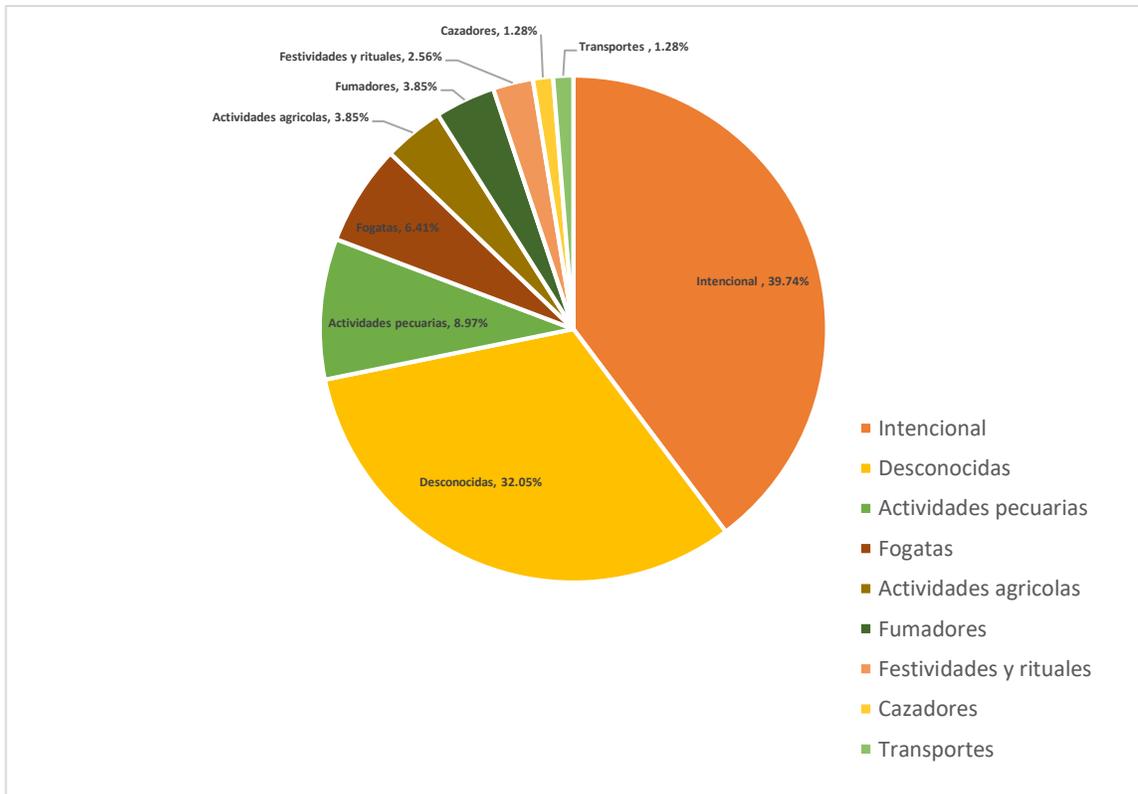


Figura 2. Principales Causas de los Incendios Forestales, de acuerdo con los datos de CONAFOR (2025).

### 3.3 Tipos de Incendios Forestales.

#### 3.3.1 Incendio Subterráneo.

Estos incendios ocurren entre la materia orgánica que se encuentra en la superficie y la capa mineral del suelo, cuando un incendio superficial se propaga bajo el suelo, se convierte en un incendio subterráneo. En dicho incendio llegan a quemarse las raíces, la materia orgánica acumulada en el suelo, incluso puede alcanzar afloramientos rocosos, su avance es muy lento debido a la falta de oxígeno, son difíciles de detectar, ya que generalmente no producen llamas y emiten poco humo. Dicha característica los hace sumamente peligrosos, ya que pueden alcanzar áreas con fuertes acumulaciones de materia seca y provocar incendios de mayores dimensiones (Trabaud,1992; CONAFOR, 2010).

#### 3.3.2 Incendio Superficial.

Se denomina incendio superficial cuando el fuego se propaga de forma horizontal sobre la superficie del terreno y alcanza hasta metro y medio de altura, dichos

incendios pueden consumir cualquier tipo de combustible que se encuentre situado en la superficie del terreno y por debajo de las copas de los árboles. Éstos afectan combustibles vivos y muertos como pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos. Su impacto es un mayor que los incendios subterráneos y pueden causar serios daños al arbolado joven o pequeños árboles de la regeneración natural. Sin embargo, el daño depende de las especies arbóreas y de la acumulación de combustible seco que se presente alrededor del árbol. (Trabaud,1992; CONAFOR, 2010).

### **3.3.3 Incendio Aéreo o de Copa.**

Es uno de los incendios más destructivos y peligrosos, ya que su control presenta una gran dificultad. Dicho incendio también se desarrolla de forma superficial sobre el nivel del suelo y avanza por continuidad vertical hacia las copas de los árboles, esto mediante vegetación que se encuentra dispuesta sobre los árboles, la cual se denomina combustible de escalera. Las posibilidades de que ocurran estos incendios dependerán de ciertos factores, como las condiciones meteorológicas, la topografía, así como la cantidad y disposición del combustible, al momento de la combustión (Trabaud,1992; CONAFOR, 2010).

## **3.4 Severidad de Los Incendios Forestales.**

La severidad de un incendio forestal se puede definir como el efecto que tiene el fuego sobre un ecosistema determinado; efectos tanto físicos, químicos y biológicos (Agee, 1993; Sugihara et al., 2006). La severidad se puede categorizar en: baja, moderada y alta; representa la suma de todos los estratos del ecosistema (DeBano et al., 1998).

### **3.4.1 Severidad Alta.**

Se presenta un porcentaje de afectación de las copas quemadas de más de 51% de la masa arbórea, los fustes pueden presentar daño severo, árboles muertos con consumo de biomasa, el tiempo recuperación de la masa arbórea es de más de 10 años (CONAFOR, 2019).

### **3.4.2 Severidad Moderada.**

El porcentaje de afectación de las copas quemadas es de 21% a 50% de la masa arbórea, los fustes presentan daño parcial, y el tiempo de recuperación de la masa arbórea oscila entre 5 y 10 años (CONAFOR, 2019).

### **3.4.3 Severidad Mínima.**

El porcentaje de afectación de las copas ligeramente quemadas es de menos del 20% de la masa arbórea, los fustes no presentan daños, los arboles siguen vivos, presenta un tiempo de recuperación de la masa arbórea de 1 a 2 años (CONAFOR, 2019).

## **3.5 Comportamiento del Fuego.**

Es un término empleado para designar la forma de desarrollo del fuego (Julio,2007) en cuanto a su velocidad, intensidad, su tasa de crecimiento en perímetro y área, el largo y altura de las llamas, así como el tipo de incendio: superficial, aéreo o subterráneo (Rodríguez *et al*, 2002; Montoya,2004).

Diversas características de los incendios forestales hacen que sea muy difícil su prevención. Sin embargo, si contamos con conocimiento de los elementos que intervienen en la combustión y su comportamiento a futuro, eventualmente se podrían predecir y controlar en mucho menos tiempo y con una mayor seguridad (Rodríguez *et al*, 2002; Villers, 2006). Existen tres elementos necesarios para que se presente la combustión: el oxígeno, el combustible y el calor (Villers, 2006). Mientras que el comportamiento de todo incendio forestal se encuentra gobernado por tres factores: El complejo de combustibles presente en el lugar del siniestro, la topografía y las características del tiempo atmosférico prevaleciente (Rodríguez, 2002).

## **3.6 El Triángulo del Fuego.**

El fuego es la liberación de energía en forma de luz y calor, producto de la combustión, para que el fuego se produzca se requiere la interacción de tres

elementos los cuales forman el denominado triángulo del fuego (Figura 3) (Rodríguez *et al*, 2002).

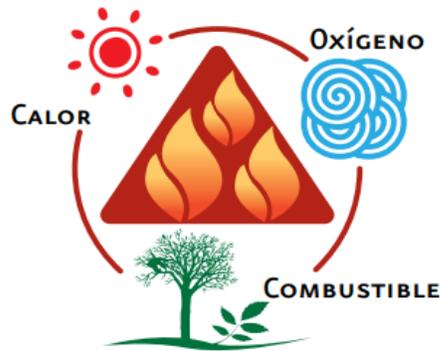


Figura 3. Triangulo del Fuego.

Fuente: Guía práctica para comunicadores, Incendios Forestales, CONAFOR, 2010.

El fuego se produce siempre que hay un material combustible, en presencia del oxígeno a temperaturas extremadamente altas.

### **3.6.1 Calor.**

La fuente de calor es la responsable de la ignición inicial del fuego, y es necesaria para su permanencia y propagación. El calor permite que el fuego se propague por la desecación y el precalentamiento del combustible en las inmediaciones y por el calentamiento del aire circundante (The Ad Council, 2019).

### **3.6.2 Combustible.**

El combustible es cualquier material que pueda arder al ser expuesto a una fuente de calor. Presenta distintas características como su contenido de humedad, tamaño, forma, cantidad, y la disposición con la que se extiende por el paisaje. El contenido de humedad determina la facilidad con que este se pueda encender (The Ad Council, 2019).

### **3.6.3 Oxígeno**

El aire contiene aproximadamente el 21% de oxígeno, la mayoría de los fuegos requieren de al menos el 16% de contenido de oxígeno para arder. El oxígeno contribuye a los procesos químicos que ocurren durante el fuego. Cuando el

combustible se quema, reacciona con el oxígeno del aire circundante, liberando calor y generando productos de la combustión (gases, humo, ascuas, etc.). A dicho proceso se le conoce como oxidación (The Ad Council, 2019).

### **3.7 Combustibles Forestales.**

Los combustibles forestales están constituidos por todos los materiales vegetales, vivos o muertos, pesados ligeros, como hojas, zacates, ramas, conos, leñas y troncos. El que puedan o no arder depende principalmente de su contenido de humedad, pero también influyen otras características como su compactación y tamaño. Muchas de las veces el combustible es el factor principal que determina si se inicia o no un incendio, la dificultad de controlarlo y la probabilidad de su comportamiento extremo o irregular. Es el único factor del comportamiento del fuego sobre el que se puede actuar directamente, ni la topografía, ni el tiempo atmosférico se pueden modificar (Rodríguez *et al*, 2002; Nájera, 2015).

#### **3.7.1 Características principales de los combustibles.**

Para describir adecuadamente los combustibles forestales es necesario tener conocimiento de sus propiedades físicas, ya que son variables necesarias para modelar el comportamiento del fuego y sus efectos potenciales, ejemplo de sus propiedades son: la disposición de los materiales combustibles (superficial, subterráneo o aéreo), continuidad horizontal y vertical, peso, estado de descomposición, tiempo de retardo, carga, tamaño del combustible, relación superficie/volumen, compactación, contenido de humedad y densidad básica (Sandberg, Ottmar y Cushon, 2001; Porrero, 2001; Martínez, Rodríguez, Borja y Rodríguez, 2018).

#### **3.7.2 Estado y peso.**

Los combustibles por su estado se dividen en vivos o muertos. Por su peso, en ligeros (zacates, hojarasca, ramillas y hierbas), medianos (ramas), pesados (ramas gruesas y troncos). Los combustibles ligeros arden más fácilmente que

los pesados, y en los primeros el fuego se propaga más rápidamente que en los segundos.

### **3.7.3 Cantidad**

Los combustibles se caracterizan por su carga o peso por unidad de superficie en el terreno ( $Mg/ha^{-1}$  o  $Kg/m^2$ ). A mayor cantidad de combustible los incendios presentarán una mayor intensidad.

### **3.7.4 Tamaño y forma.**

Es la relación del área superficial y el volumen de las partículas, conforme el combustible es más pequeño tiende arder más fácilmente porque cada unidad de volumen tendrá mayor superficie de contacto con las llamas, lo cual hace que pierdan más rápido humedad y alcancen más rápido la temperatura a la que pueden arder.

### **3.7.5 Compactación.**

A medida que los combustibles están más compactos, la circulación del aire presenta una mayor dificultad, lo cual disminuye la cantidad de oxígeno y dificulta la combustión. Dicho factor afecta la tasa de desecamiento y la velocidad de propagación del fuego.

### **3.7.6 Disposición del Combustible.**

Es la forma en que la vegetación se distribuye sobre el terreno y tiene una alta influencia en el comportamiento del incendio. En general se le puede definir como continuidad vertical y horizontal.

Continuidad vertical: es la distribución de los combustibles en el plano vertical del suelo hacia la copa de los árboles. Lo cual influye en que los incendios superficiales se conviertan en aéreo o de copa.

Continuidad horizontal: es la distribución de los combustibles en el plano horizontal del suelo. Lo cual define hacia donde se propaga el fuego y su velocidad, además se puede conocer si el incendio es uniforme o no.

### **3.7.7 Densidad de la madera.**

Se define como la relación entre la masa y el volumen, lo cual a su vez está sumamente relacionado con el contenido de agua que presentan. Debido a esta propiedad los combustibles pueden absorber energía calórica sin cambiar su temperatura. Las maderas más densas necesitan más tiempo para encenderse, pero a su vez duran mucho más en apagarse.

### **3.7.8 Sustancias químicas.**

Son sustancias inflamables que facilitan la combustión, como las resinas en las especies de coníferas y las gomas en las especies de la latifolias. Es uno de los factores que influyen en la rápida propagación de las llamas.

### **3.7.9 Contenido de humedad.**

Es la cantidad de agua en los combustibles expresada en porcentaje del peso seco, es el factor más importante a evaluar; ya que este determina si se inicia o no un incendio, su comportamiento y su control (SEMARNAT-CONAFOR, 2004).

## **3.8 Clasificación de Combustibles Forestales.**

Los combustibles forestales se pueden clasificar bajo diferentes criterios como su peso, tamaño, estado de descomposición y ubicación. A continuación, se muestra algunas clasificaciones:

Por su peso los combustibles se pueden clasificar en ligeros o livianos (hojarasca, pastizales, etc.), pesados (árboles caídos, árboles en pie y ramas muertas) y verdes (árboles caídos o pie que no están secos).

Por su ubicación como combustibles subterráneos (raíces y tocones que se encuentran en el suelo vegetal, incluyendo la capa de materia orgánica), superficiales aquellos que se encuentran en un rango de hasta un metro y medio de altura sobre el suelo (hojarasca, acículas, ramas, arbustos, troncos, entre

otros) y aéreos aquellos que se encuentran por encima de un metro y medio de altura (follaje, ramas y algunos bejucos).

Estado de descomposición es la degradación que presenta el material leñoso muerto, ya sea en pie o sobre el suelo. Existen diferentes clasificaciones del estado de descomposición del material leñoso y todas dependen de las características que presenta el combustible y se clasifican en cinco clases: Clase I (integración estructural sano), Clase II (integración estructural medula sana y duramen seco), Clase III (integración estructural medula sana y el tronco aun soporta su peso), Clase IV (integración estructural medula podrida, el tronco no apoya su peso, pero su forma se mantiene), Clase V (no mantienen ninguna integración estructural) (Chojnacky et al, 2004).

Por su tamaño se pueden clasificar en: finos y ligeros con diámetros menores a 0.6 cm (hojarasca, pasto, capa orgánica en descomposición, acículas de pino, plantas herbáceas, etc.), Regulares con diámetro de 0.6 a 2.5 cm (ramillas, tallos pequeños de arbustos y flores), Medianos con diámetro de 2.6 a 7.5 cm (fustes, troncos y ramas gruesas) (Nájera, 2015).

Por su tiempo de retardo, el cual se define como el tiempo que tarda un combustible vegetal muerto alcanzar el contenido de humedad de equilibrio con el ambiente. Es el tiempo que se requiere para que el combustible gane o pierda el 60% (2/3 partes) del contenido de humedad para establecer un equilibrio con la humedad relativa del ambiente (Cuadro 1) (Brown, 1982; Rodríguez,1996).

Cuadro 1. Clasificación de combustibles por su tiempo de retardo.

<b>Categoría</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Tiempo de retardo (hrs.)</b>	<b>Peso</b>	<b>Descripción</b>
<b>Finos</b>	<0.06	1	Livianos	Ramillas finas
<b>Regulares</b>	0.06-2.5	10	Ligeros	Ramillas
<b>Medianos</b>	2.6-7.6	100	Medianos	Ramas
<b>Gruesos</b>	> 7.6	1 000	Pesados	Ramas gruesas y Troncos

### **3.9 Carga de Combustibles.**

La carga de combustibles es el peso del combustible existente en el terreno el cual se expresa en  $\text{Mg ha}^{-1}$ , la cual está referida al peso seco. En el bosque se definen dos tipos de carga: la carga total y la carga de combustible disponible. La carga total está constituida por todo el material combustible, desde la materia orgánica del suelo, hasta el estrato arbóreo. Es la máxima cantidad de combustible que se podría quemar en condiciones extremas, en un incendio de alta intensidad (Ruiz, 2004). Por su parte la carga disponible es la que realmente está en condición de encenderse y consumirse bajo las diferentes condiciones ambientales en el momento.

### **3.10 Técnicas de manejo de combustibles.**

Se refiere a todos los métodos de manejo y alteración de los combustibles para cualquier finalidad, como la reducción del peligro de incendio, protección de la comunidad, restauración del ecosistema o eliminación de residuos después de un aprovechamiento. El manejo de combustibles se puede realizar mediante diversos métodos, como el desbroce manual, desbroce mecánico, poda manual, pastoreo controlado, empleo de químicos y fuego prescrito (Vélez, 2000).

El fuego aplicado técnicamente mediante quemas prescritas, constituye una herramienta sumamente eficiente en el manejo de los combustibles, principalmente en los ecosistemas considerados como dependientes o mantenidos por el fuego. En el control de los incendios forestales aplicado como medida de prevención ayuda a la reducción de la cantidad de combustible disponible, corta la continuidad horizontal a través del mantenimiento de brechas cortafuego y líneas negras.

Se deben de seleccionar las técnicas de manejo más adecuadas, teniendo en cuenta las condiciones sociales, ecológicas y económicas del área donde se decidan aplicar (Nájera, 2004).

### **3.11 Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca.**

Para realizar el inventario de combustibles leñosos y muertos, se utilizó la metodología denominada intersecciones planares y la colecta de hojarasca en sitios de 1 metro cuadrado.

Brown (1974), describe la técnica de intersecciones planares como un método, práctico, rápido y fácil de utilizar para cuantificar los materiales combustibles y que se puede aplicar en cualquier tipo de bosque; el inventario de los volúmenes y pesos de los combustibles se basa en dicha técnica. La técnica consiste en el conteo de las intersecciones de las piezas leñosas en planos de muestro verticales. En base a dicho muestreo, se estiman los volúmenes, mientras que el peso se calcula con base en el volumen y la aplicación de estimadores de la gravedad específica del material leñoso.

Sánchez & Zerecero (1983) adaptaron la técnica descrita por Brown, para ser utilizada en México, incluyeron la forma para determinar la hojarasca mediante el muestreo en superficies de 1m<sup>2</sup>, así como formatos de campo para el registro de información y formulas sencillas para calcular la cantidad de materiales dada en toneladas métricas por hectárea.

Morfin-Rios *et al.*, (2012) elaboraron un manual denominado caracterización y cuantificación de combustibles forestales el cual se basa en las técnicas antes descritas además de agregar la gravedad específica por especies y ecosistemas de México, las cuales pueden ser utilizadas de manera general en caso de no ser encontrados datos específicos para las especies, el ecosistema o la zona de interés.

### **3.12 Evaluación de la carga de combustibles forestales para México.**

En México se han realizado importantes trabajos para caracterizar los combustibles, a continuación, se presentan algunos de los trabajos realizados por diferentes investigadores en la República Mexicana:

*Rentería et al.*, (2005), realizaron un inventario de combustibles leñosos en una microcuenca, para determinar la carga de combustibles con peligro de propiciar incendios forestales. Para ello utilizaron la técnica de intersecciones planares, y realizaron el análisis considerando la anualidad, los tratamientos silvícolas, productividad, pendiente y orientación.

Flores-Garnica, Rodríguez-Chávez, Rosas-Aceves y Ortega-Minakata (2005), Evaluaron el impacto del fuego en los combustibles forestales, en el Bosque de la Primavera, donde se cuantificaron los combustibles a través de la técnica de intersecciones planares en dos condiciones: un área quemada y un área no quemada, en tres tipos de asociaciones vegetales: 1) pino, 2) encino y 3) pino-encino.

Morfín-Ríos et al, (2007), trabajaron con fotoseries para la cuantificación de los combustibles forestales en México, donde muestran la variación en las condiciones y cargas de combustibles, dicha fotoserie está diseñada para auxiliar a los usuarios en la evaluación de las condiciones de los combustibles y la vegetación para el manejo del fuego en los bosques de México.

Castañeda-Rojas, Endara-Agramont, Villers-Ruiz y Nava-Bernal (2015), realizaron una evaluación forestal y de combustibles en bosques de *Pinus hartwegii*, según densidades de cobertura y vulnerabilidad de incendios.

*Chávez et al.*, (2016), realizaron un estudio, donde describen la estimación de la carga de combustibles forestales para los bosques del Estado de Jalisco, encontrando sitios con cargas de combustibles muertos de hasta 840.85 Mg ha<sup>-1</sup>, encontrando diferencias entre las cargas de combustibles de los bosques de coníferas y de encinos

## 4.0 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del área de estudio.

Se trabajó en seis áreas de estudio, las cuales se encuentran ubicadas en diferentes localidades sobre la Sierra Madre Oriental:

#### 4.1.1 Áreas sin Manejo (SM).

Área 1: Ejido Laguna de Sánchez, Villa de Santiago, se localiza en las coordenadas 25° 20' 47.40'' latitud norte y 100° 16' 52'' longitud oeste, a una altitud de 1900 msnm (Figura 4).

Área 2: Ejido La Trinidad, Montemorelos, se localiza en las coordenadas 25° 13' 54'' latitud norte y 100° 08' 32.75'' longitud este, a una altitud de 1540 msnm (Figura 4).

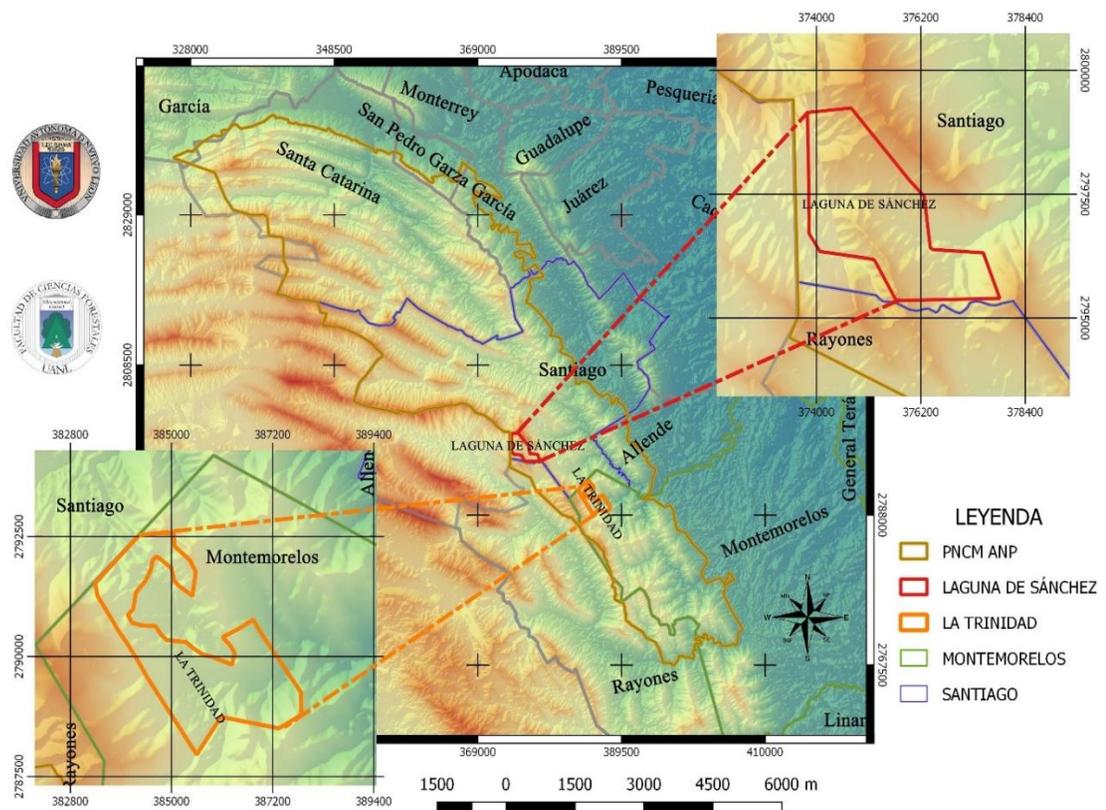


Figura 4. Localización de áreas del estudio sin manejo que se encuentran distribuidas en el Parque Nacional. Cumbres de Monterrey.

#### 4.1.2 Áreas con Actividad Antropogénica (EL)

Área 3: Ejido Dieciocho de Marzo, Galeana, se localiza en las coordenadas  $24^{\circ} 53' 17''$  latitud norte y  $100^{\circ} 10' 55''$  de longitud este, a una altitud de 2020 msnm (Figura 5).

Área 4: Ejido La Lagunita, Galeana, se localiza en las coordenadas  $24^{\circ} 56' 45.54''$  latitud norte y  $100^{\circ} 15' 25.28''$  de longitud este, a una altitud de 2050 msnm (Figura 5).

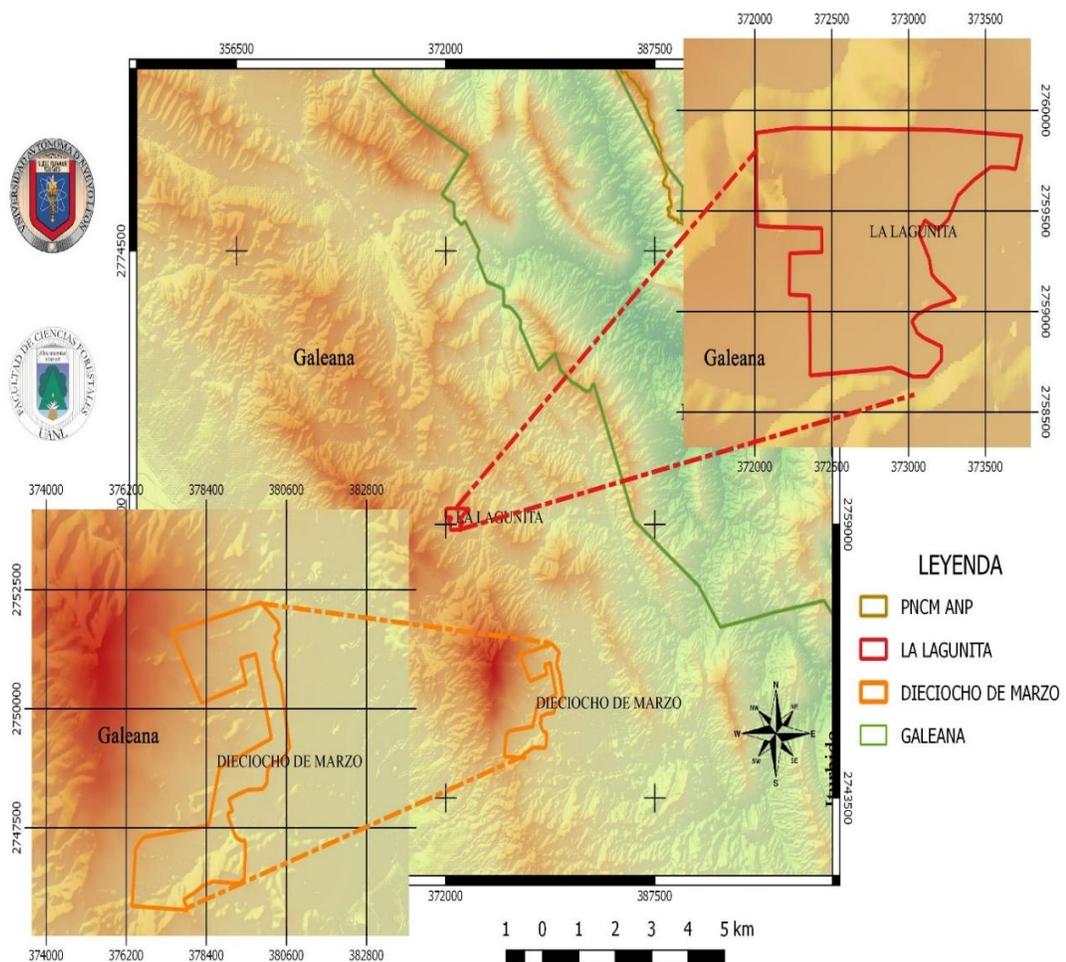


Figura 5. Localización de áreas de estudio con actividad antropogénica, ubicadas en el sur del Estado de Nuevo León.

### 4.1.3 Áreas con Manejo (MI).

Área 3: Ejido Corona del rosal, se localiza en las coordenadas  $24^{\circ} 31' 49.02''$  latitud norte y  $99^{\circ} 59' 24.91''$  de longitud este, a una altitud de 2400 msnm (Figura 6)

Área 4: Ejido Santa Ana, se localiza en las coordenadas  $24^{\circ} 31' 18.29''$  latitud norte y  $99^{\circ} 58' 05.81''$  de longitud este, a una altitud de 2560 msnm (Figura 6)

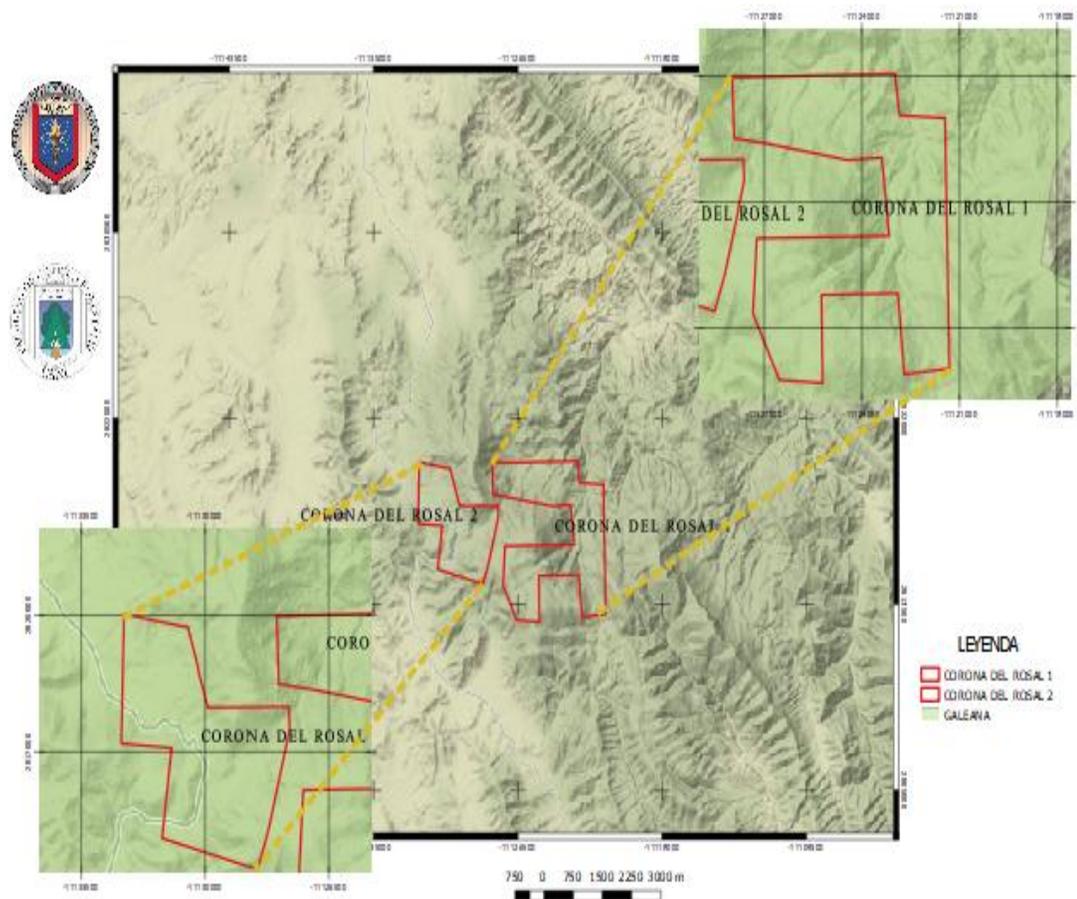


Figura 6. Localización de áreas de estudio con manejo forestal, ubicadas en el sur del Estado de Nuevo León.

## 4.2 Parque Nacional Cumbres de Monterrey

Los límites del Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM) corresponden precisamente a la Curva de Monterrey por el norte y con el área metropolitana de Monterrey (AMM), al oeste con la línea divisora con Coahuila, al este con el cañón

del Huajuco y al sur con el río Pílon, con una extensión de 177, 395 hectáreas dominadas por sierras, cañones y barrancos (Seriñá, 2013). PNCM se localiza en la región central del estado de Nuevo León, se argumentó como justificación inicial para su creación, mantener el equilibrio hidrológico a través de la conservación de la cubierta vegetal; evitando la erosión de la zona y protegiendo de inundaciones a la ciudad de Monterrey (Cantú et al, 2013, Uvalle et al, 2013).

### **4.3 Clima**

El PNCM presenta diferentes rasgos climáticos, quedando de manifiesto la gran importancia que tiene dicha área como regulador del clima de la región, la superficie que corresponde al PNCM recibe la mayor precipitación de casi todo el Noreste de México con un promedio pluviométrico anual de 750 mm. Debido a su situación geográfica, orográfica y de altitud, se presentan nueve tipos de climas diferentes: (A)C(w1) (55,077 ha) semicalido subhúmedo del grupo C, con temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual. C(w1) (36,778 ha) Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. BSohw (22,996 ha) Árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. BS1hw (21,980 ha) Semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. (A)C(w2) (14,031 ha) Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor a 55 y porcentaje de lluvia invernal

del 5% al 10.2% del total anual. (A)C(wo) (13, 833 ha) Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor a 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. BWhw (6,667 ha) Muy árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18° C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual. BS1k(x') (2,394 ha) Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano mayores al 18% anual. BS1h(x') (785 ha) Semiárido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del 17% mes más frío mayor de 18°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual (García-CONABIO 1998).

#### **4.4 Geología**

Se compone por una potente serie de rocas sedimentarias que varían desde la edad desde el Triásico hasta el Terciario, la cuales fueron depositadas sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico. Se pueden encontrar rocas más antiguas que datan del Jurásico. Se pueden encontrar condiciones muy variables de topografía, pendiente y orientación de laderas, las cuales tienen un efecto de suma importancia sobre la distribución de la vegetación. Se presenta un rango de elevación que va desde los 600 msnm hasta los 3,400 msnm (García,2011).

#### **4.5 Suelos.**

La mayoría de los suelos presentan características poco profundas y texturas gruesas con subsuelos duros o poco permeables (García, 2011). Actualmente dentro del PNCM se pueden encontrar ocho diferentes tipos de suelos: Calcisol (CL) (981.21 ha), son suelos que presentan una acumulación sustancial de carbonato de calcio la cual forma un horizonte superficial cálcico. Fluvisol (FL) (2,574.35 ha) son suelos que ha sido influenciados o se han formado por la corriente de agua, los cuales se presentan en las orillas de los ríos, su principal

característica es estar formados por materiales acarreados por el agua. Leptosol (LP) (139,934.33 ha) es el tipo de suelo más abundante dentro del parque, los cuales se encuentran bajo vegetación natural, sin embargo, la principal restricción de este tipo de suelo es la baja capacidad de retención de agua, dicha característica los hace susceptibles al estrés por sequía. Luvisol (LV) (1,737.07 ha) se les denomina suelos lavados, la formación de estos es favorecida por las temporadas secas durante la cual el suelo se agrieta, por lo general son v, con textura de media a fina, presentándose en rangos de pendiente entre 12 y 8%. Pheozem (PH) (31,354.66 ha) suelos ricos en materia orgánica de un color oscuro, son muy estructurados con una alta capacidad de agua disponible, en suelos áridos pueden ser muy productivos mediante riego. Regosol (RG) (553 ha) suelos minerales muy débilmente desarrollados, suelen ser muy profundos, bien drenados y de una textura media, su proceso de formación se restringe a condiciones de alta temperatura y sequía. Vertisol (VR) (261.10 ha) son conocidos como suelos que se revuelven o se voltean, son profundos de textura fina y se presentan en pendientes de 2 a 10%, sin embargo, su uso se ve restringido por sus características (Rodríguez y Martínez, 2013).

#### **4.5 Diseño de muestreo.**

El diseño para el levantamiento de los sitios se realizó de forma completamente al azar con el apoyo del programa de información geográfica Quantum Gis, dentro de las áreas de trabajo previamente definidas.

En cada uno de los sitios se realizaron las mediciones para la evaluación de los combustibles forestales muertos mediante la técnica de intersecciones planares descrita por Brown y adaptada por Sánchez & Zerecero (1983). En cada uno de los sitios se establecieron tres transectos de 20 metros de longitud, registrando la frecuencia de cada una de las piezas del material leñoso caído (MLC).

El transecto se divide por secciones, la primera sección se ubica a un metro (0-1 m) y se contabilizan los combustibles de 1h, 10h, 100 h y 1000h, la sección dos se ubica de uno hasta los cuatro metros (1-4 m) y se contabilizan los combustibles

de 10h, 100h y 1000 h, la sección tres se ubica de los cuatro a los siete metros (4-7) y se contabilizan los combustibles de 100 h y 1000 h, la cuarta sección consta de los últimos trece metros donde se contabilizan los combustibles de 1000 h, para todos los combustibles de dicha categoría, se debe de tomar el diámetro y el estado en que se encuentran, ya sea firmes o en pudrición (Figura 7).

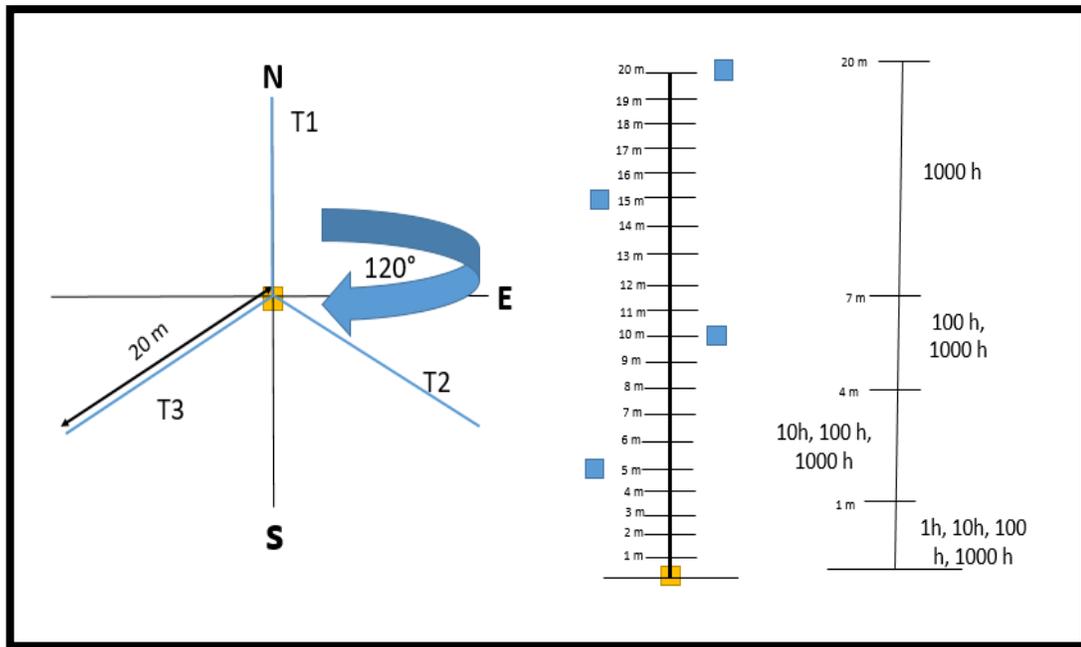


Figura 7. Diseño de Muestreo para la colecta de combustibles forestales.

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera se obtuvo la información de la hojarasca en once cuadros de 30 x 30 cm. Donde se registró la profundidad de la capa orgánica y se colectó todo el material dentro del cuadro para su posterior análisis en el laboratorio.

Para el cálculo del material leñoso caído, y de la hojarasca se utilizaron las ecuaciones, descrita por Morfin *et al*, (2012)

$$C = ((k) * (\Sigma D^2) * GE * \text{©}) / L$$

Dónde:

C= carga de combustible (mg/ha)

K=1.234

$\Sigma D^2$ = sumatoria del diámetro cuadrático de las partículas intersectadas.

GE= gravedad específica

c= factor de corrección de la pendiente

L= largo del transecto

Morfin *et al.*, (2012) realizaron una simplificación de la ecuación anterior para los combustibles de 1, 10, 100 h.

$$C = ((k) * GE * (DCP) * (f) * (c)) / L$$

Donde:

C= carga de combustibles (mg/ha) de 1, 10, 100 h

K= 1.234

GE= gravedad específica

DCP= diámetro cuadrático promedio de cada categoría (1, 10, 100 h)

F= frecuencia de las partículas intersectadas

c= factor de corrección de la pendiente

L= largo del transecto

La carga de la combustible hojarasca se estimará mediante la siguiente ecuación:

$$Ch = (O_i) * (DA)$$

Donde:

Ch= carga de combustible hojarasca (mg/ha)

O<sub>i</sub>= profundidad en cm de la capa de hojarasca

DA= densidad aparente

## 5.0 RESULTADOS

### 5.1 Áreas sin manejo (SM).

Para el Ejido Laguna de Sánchez se muestrearon un total de 133 sitios, en los cuales se estimaron cargas total promedio de 43.29 Mg ha<sup>-1</sup>, con valores promedio mínimos de 2.55 Mg ha<sup>-1</sup> y máximos 286.77 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2). Los combustibles de 1000 h presentan la mayor acumulación con 18.71 Mg ha<sup>-1</sup> y 11.28 Mg ha<sup>-1</sup> en su estado firme y en pudrición respectivamente, mientras que los de 100 h se posicionaron en tercer lugar con 5.47 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 8).

Cuadro 2. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Laguna de Sánchez.

	C1H	C10H	C100H	C1000HF	C1000HP	HO	SUB TOTAL
Media	1.97	2.38	5.47	18.71	11.28	3.47	43.29
Error típico	0.17	0.24	0.62	2.07	2.12	0.16	3.46
Desviación std	1.93	2.73	7.14	23.91	24.47	1.84	39.86
Rango	10.30	16.29	34.27	125.36	154.08	9.33	284.22
Mínimo	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	2.55
Máximo	10.45	16.29	34.27	125.36	154.08	10.39	286.77
Suma	262.65	316.74	727.37	2487.78	1500.57	461.87	5756.99
Cuenta	133	133	133	133	133	133	133

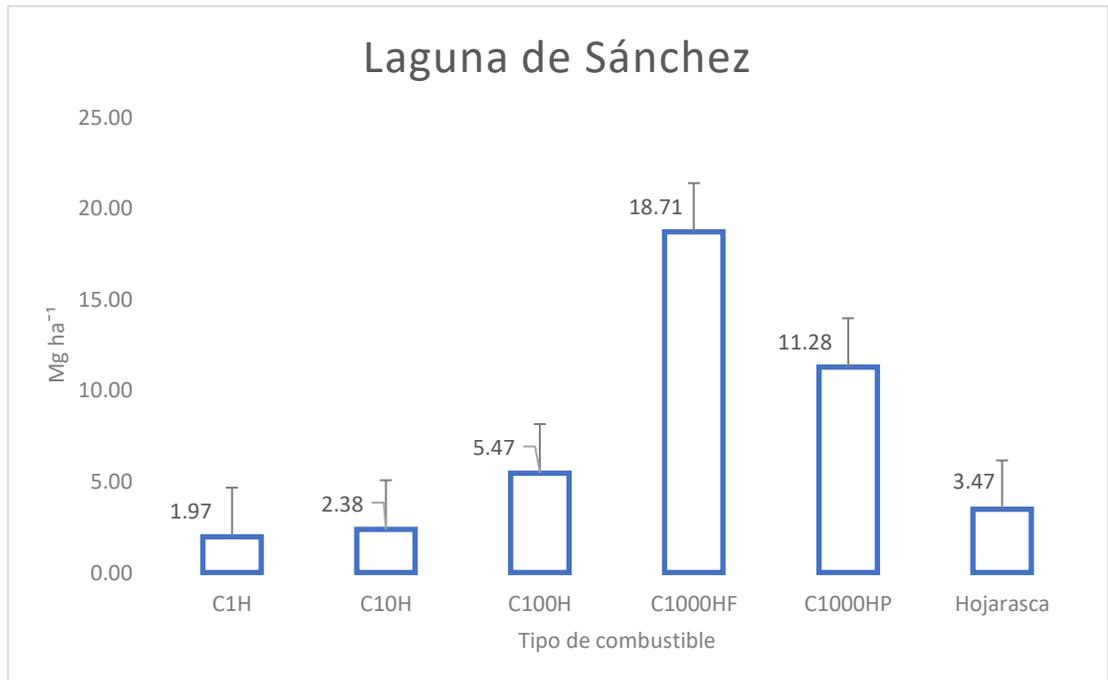


Figura 8. Promedio de acumulación de combustibles Mg ha<sup>-1</sup>, para Ejido Laguna de Sánchez.

En El ejido La Trinidad se muestrearon un total de 110 sitios, con una carga promedio de 42.42 Mg ha<sup>-1</sup> con variaciones de 8.69 Mg ha<sup>-1</sup> a 121.23 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3). La hojarasca representa la mayor acumulación con 23.81 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida de los combustibles de 1000 h en estado de firme con 13.34 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que los combustibles de 100 h acopian 11.26 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 9).

Cuadro 3. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido La Trinidad.

	C1H	C10H	C100H	C1000H F	C1000H P	Hojarasca	SUB TOTAL
Media	6.35	2.79	11.26	13.34	8.68	23.81	42.42
Error típico	0.21	0.14	0.77	2.04	1.40	0.65	2.81
Desviación std	2.17	1.47	8.11	21.34	14.72	6.86	29.46
Varianza	4.70	2.17	65.85	455.55	216.77	47.10	867.77
Rango	10.77	6.29	35.61	73.16	76.65	34.15	121.23
Mínimo	1.39	0.28	0.00	0.00	0.00	10.43	8.69
Máximo	12.16	6.57	35.61	73.16	76.65	44.58	129.91
Suma	698.98	307.38	1238.34	1466.91	955.10	2618.81	4666.71
Cuenta	110	110	110	110	110	110	110

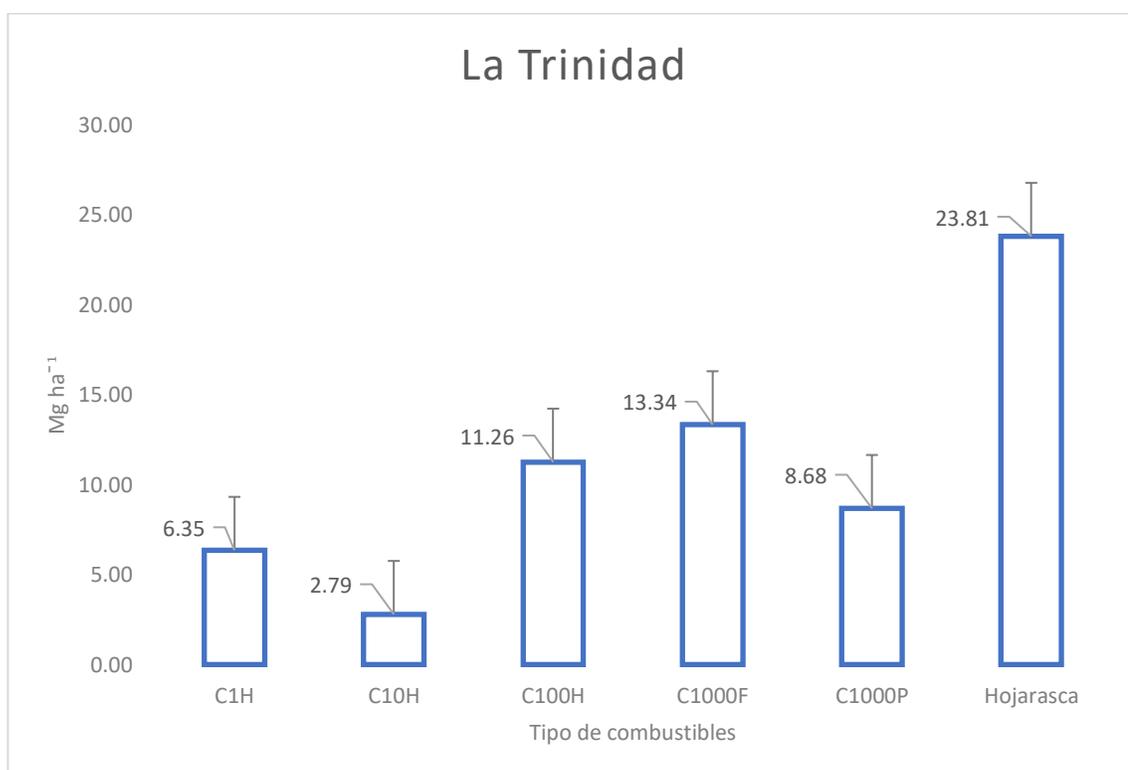


Figura 9. Promedio de acumulación de combustibles Mg ha<sup>-1</sup>, para Ejido La Trinidad.

## 5.2 Áreas con actividad antropogénica (EL).

En el área del ejido Dieciocho de Marzo se muestrearon un total 91 sitios, con cargas promedio de 10.94 Mg ha<sup>-1</sup> con variaciones de 4.72 Mg ha<sup>-1</sup> a 19.46 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 4). Para este sitio la hojarasca presenta la mayor tasa de acumulación con 5.30 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida de los combustibles de 1 y 10 horas con

2.21 Mg ha<sup>-1</sup> y 1.94 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente, en dicha área no se encontraron combustible de 1000 h (Figura 10).}

Cuadro 4. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Dieciocho de Marzo.

	C1H	C10H	C100H	C1000H F	C1000H P	Hojarasca	SUB TOTAL
Media	2.21	1.94	1.48	0.00	0.00	5.30	10.94
Error típico	0.10	0.11	0.14	0.00	0.00	0.18	0.39
Mediana	1.95	1.59	1.45	0.00	0.00	4.92	10.27
Desviación std	0.96	1.03	1.35	0.00	0.00	1.70	3.72
Varianza	0.92	1.07	1.82	0.00	0.00	2.90	13.85
Rango	4.35	4.77	5.95	0.00	0.00	8.52	14.74
Mínimo	0.82	0.27	0.00	0.00	0.00	2.57	4.72
Máximo	5.16	5.04	5.95	0.00	0.00	11.09	19.46
Suma	201.13	176.74	134.56	0.00	0.00	482.67	995.11
Cuenta	91	91	91	0.00	0.00	91	91

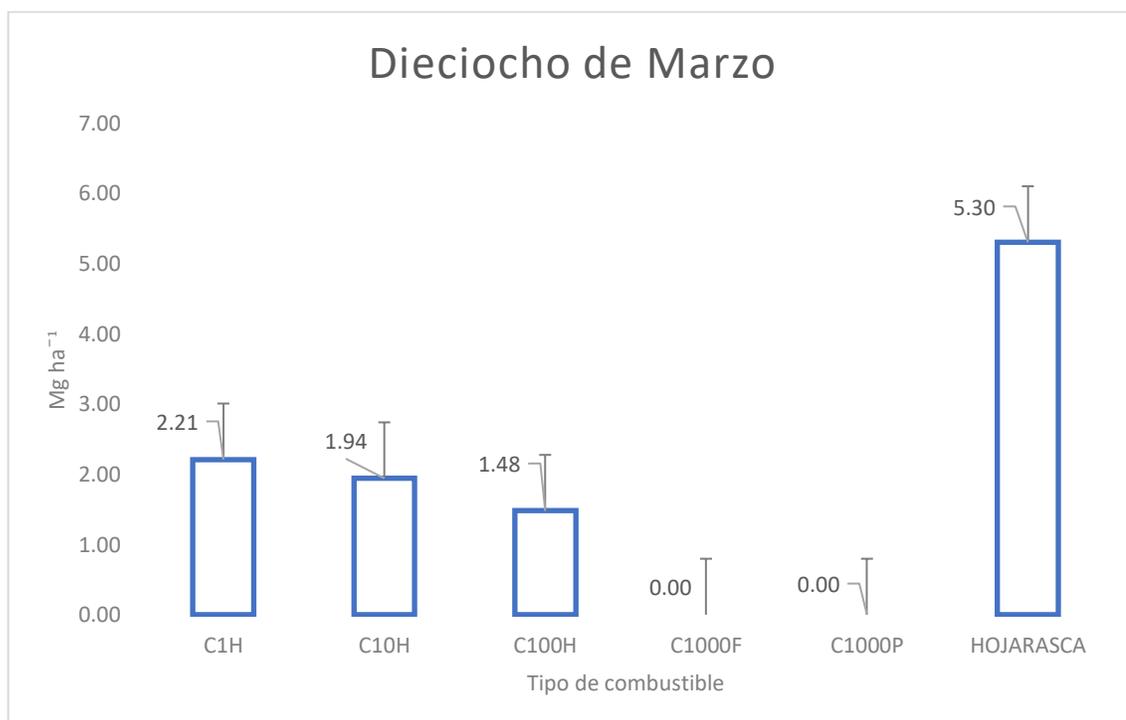


Figura 10. Promedio de acumulación de combustibles Mg ha<sup>-1</sup>, para Ejido Dieciocho de Marzo.

En el ejido La Lagunita se evaluaron un total 57 sitios, con cargas promedio de 9.97 Mg ha<sup>-1</sup> con variaciones de 4.91 Mg ha<sup>-1</sup> a 19.51 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 5). Para este sitio la hojarasca presenta la mayor tasa de acumulación con 4.19 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida de los combustibles de 1 y 10 horas con 2.63 Mg ha<sup>-1</sup> y 2.00 Mg ha<sup>-1</sup>

respectivamente, para dicho lugar hay ausencia de combustible de 1000 h (Figura 11).

Cuadro 5. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido La Lagunita.

	C1H	C10H	C100H	C1000HF	C1000HP	Hojarasca	SUB TOTAL
Media	2.63	2.00	1.15	0.00	0.00	4.19	9.97
Error típico	0.15	0.20	0.19	0.00	0.00	0.11	0.44
Mediana	2.31	1.63	1.45	0.00	0.00	4.24	9.00
Desviación std	1.10	1.47	1.42	0.00	0.00	0.85	3.35
Varianza	1.22	2.17	2.02	0.00	0.00	0.72	11.19
Rango	4.05	6.89	8.72	0.00	0.00	3.52	14.60
Mínimo	0.95	0.27	0.00	0.00	0.00	2.71	4.91
Máximo	5.03	7.16	8.72	0.00	0.00	6.22	19.51
Suma	149.88	113.94	65.56	0.00	0.00	238.89	568.29
Cuenta	57	57	57	0.00	0.00	57	57

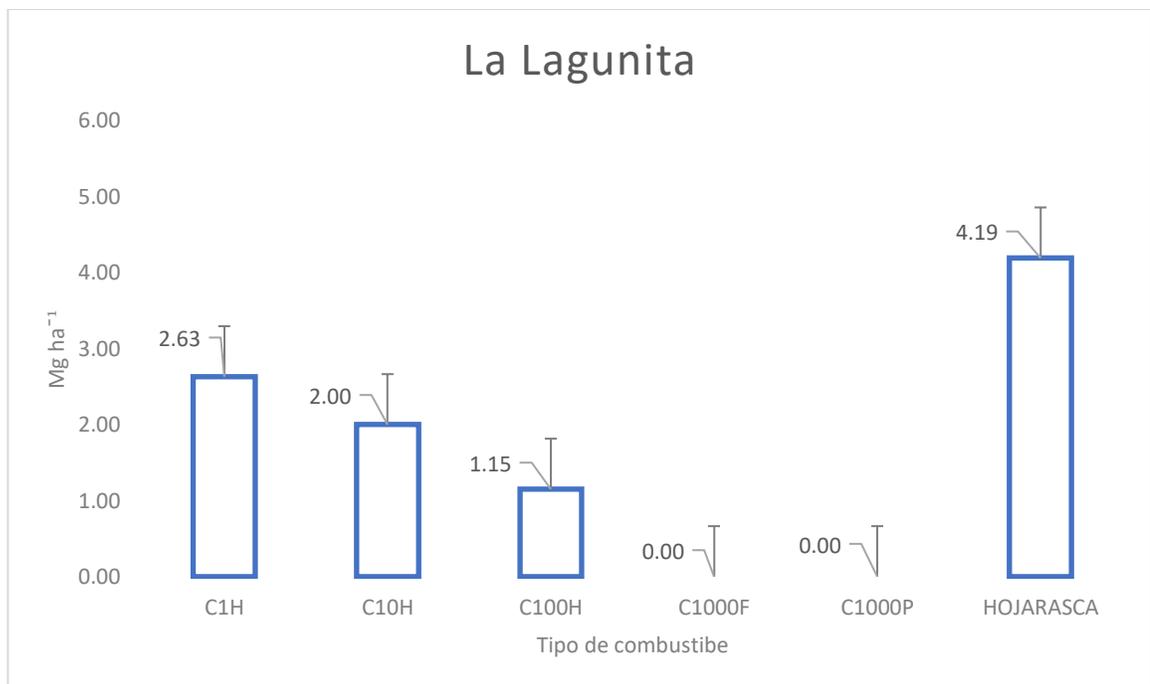


Figura 11. Promedio de acumulación de combustibles Mg ha<sup>-1</sup>, para Ejido La Lagunita.

### 5.3 Áreas con manejo forestal (MI).

En el ejido Corona del Rosal se evaluaron un total 116 sitios, con cargas promedio de 28.92 Mg ha<sup>-1</sup> con variaciones de 11.75 Mg ha<sup>-1</sup> a 63.78 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 6). Para este sitio la hojarasca presenta la mayor tasa de acumulación con 9.87 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida de los combustibles de 1 hora con 5.49 Mg ha<sup>-1</sup>,

mientras que los combustibles de 1000 horas en estado firme se posicionaron en tercer lugar con 5.14 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 12).

Cuadro 6. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Corona del Rosal.

	C1H	C10H	C100H	C1000H F	C1000H P	Hojarasca	SUB TOTAL
Media	5.49	1.01	3.43	5.14	3.96	9.87	28.92
Error típico	0.27	0.05	0.22	0.91	0.59	0.40	1.24
Mediana	5.93	0.82	2.94	0.00	0.00	9.68	23.04
Desviación std	2.89	0.58	2.38	9.78	6.32	4.29	13.31
Varianza	8.34	0.34	5.66	95.70	39.94	18.45	177.15
Rango	12.93	3.43	14.40	44.07	29.32	40.49	52.02
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	11.75
Máximo	12.93	3.43	14.40	44.07	29.32	44.66	63.78
Suma	636.84	117.15	398.44	596.62	459.78	1145.39	3354.23
Cuenta	116	116	116	116	116	116	116

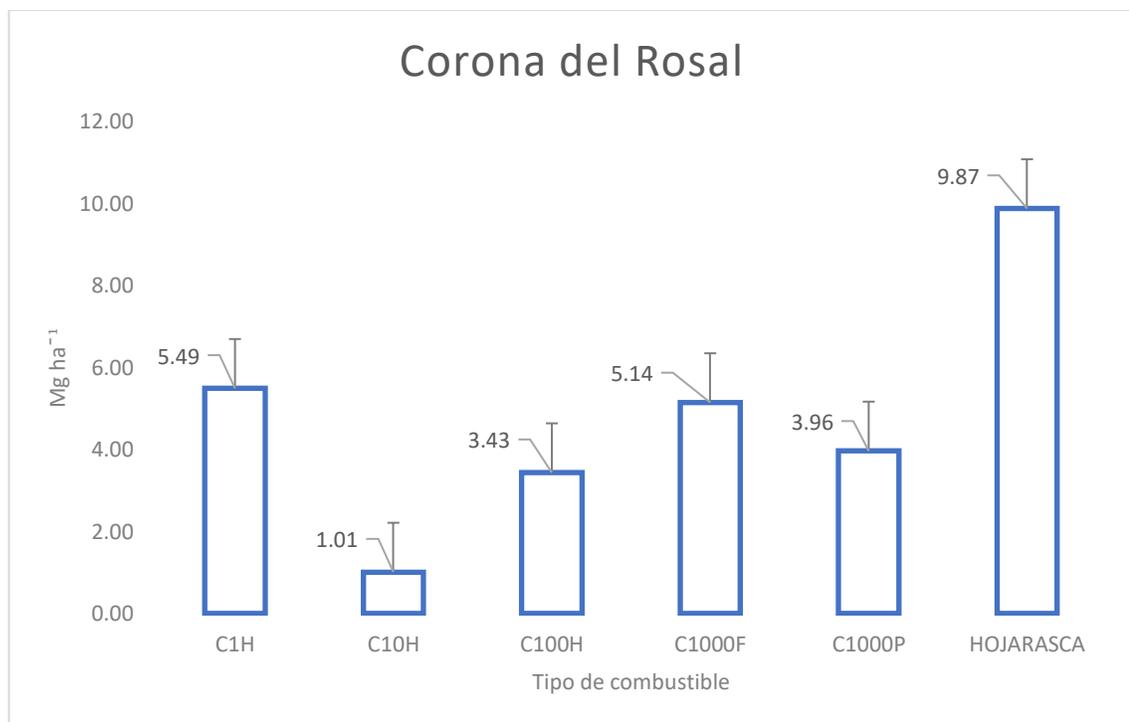


Figura 12. Promedio de acumulación de combustibles Mg ha<sup>-1</sup>, para Ejido Corona del Rosal

En el ejido Santa Ana se evaluaron un total 86 sitios, con cargas promedio de 35.82 Mg ha<sup>-1</sup> con variaciones de 16.15 Mg ha<sup>-1</sup> a 64.64 Mg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 7). Para este sitio la hojarasca presenta la mayor tasa de acumulación con 11.68 Mg ha<sup>-1</sup>,

seguida de los combustibles de 1h con 7.82 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que los 1000h en estado firme se posicionaron en tercer lugar con 6.15 Mg ha<sup>-1</sup>, (Figura 13).

Cuadro 7. Estadística Descriptiva de la carga de combustibles para Ejido Santa Ana.

	C1H	C10H	C100H	C1000H F	C1000H P	Hojarasca	SUB TOTAL
Media	7.82	1.06	4.38	6.15	4.73	11.68	35.82
Error típico	0.22	0.07	0.28	1.02	0.64	0.34	1.32
Mediana	7.42	0.82	4.29	0.00	3.07	11.21	34.02
Desviación std	2.03	0.63	2.62	9.46	5.97	3.11	12.20
Varianza	4.12	0.40	6.86	89.55	35.62	9.69	148.73
Rango	8.72	2.92	12.27	41.13	29.99	17.06	48.49
Mínimo	4.13	0.00	0.00	0.00	0.00	5.63	16.15
Máximo	12.86	2.92	12.27	41.13	29.99	22.68	64.64
Suma	672.22	90.95	377.07	528.98	406.45	1004.73	3080.40
Cuenta	86	86	86	86	86	86	86

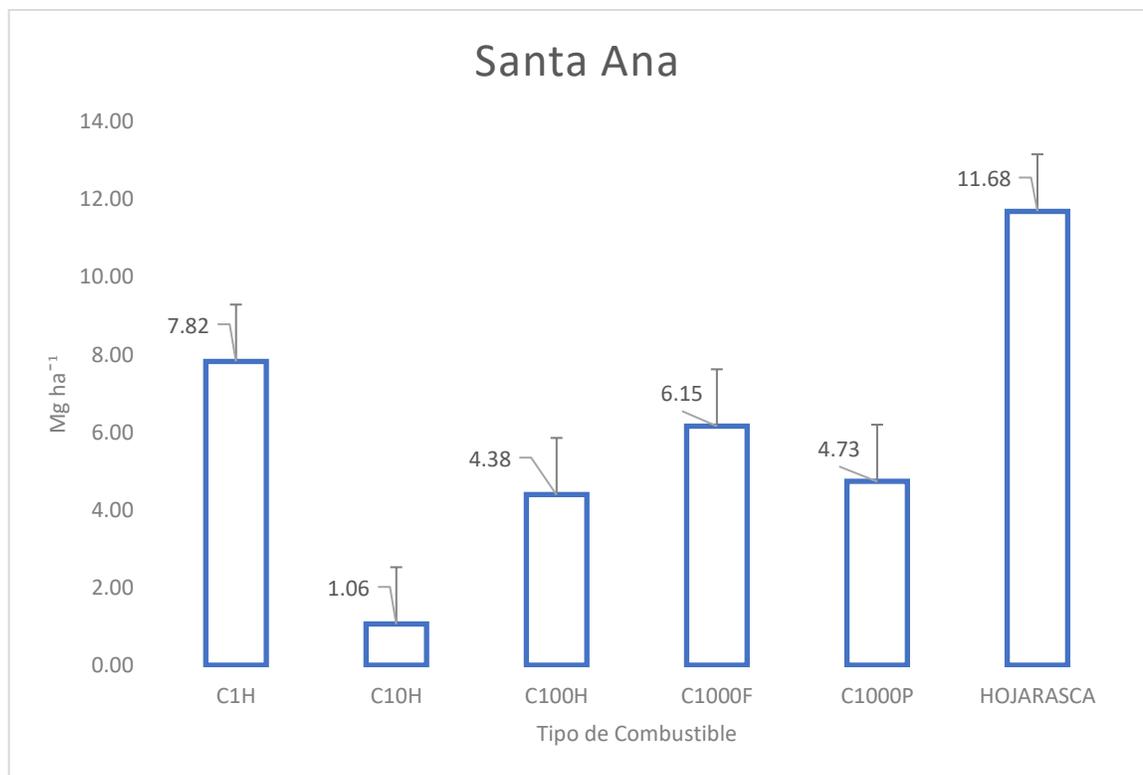


Figura 13. Promedio de acumulación de combustibles Mg ha<sup>-1</sup>, para Ejido Santa Ana.

#### 5.4 Análisis Estadístico.

Una vez realizada la cuantificación del material combustible para cada uno de los sitios, se procedió a realizar una clasificación por el tipo de condición que presentaba cada una de las áreas, las cuales se clasificaron en: Áreas sin manejo (SM), Áreas con manejo (MI), y Áreas con actividad antropogénica (EL).

Se realizó una restricción para cada una de las condiciones antes mencionadas para observar valores atípicos o extremos.

Para el área sin manejo, se constató que cuenta con 237 sitios, de los cuales solo uno de ellos se encuentra en los valores extremos siendo el de  $106.3465 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 14). El área con manejo cuenta con un total de 204 sitios, de los cuales siete de ellos se encuentran en los valores extremos, siendo los sitios con valores mayores a  $62.2321 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 15). El área con actividad antropogénica tiene 155 sitios, de los cuales ninguno de ellos se encuentra dentro de los valores atípicos (Figura 16).

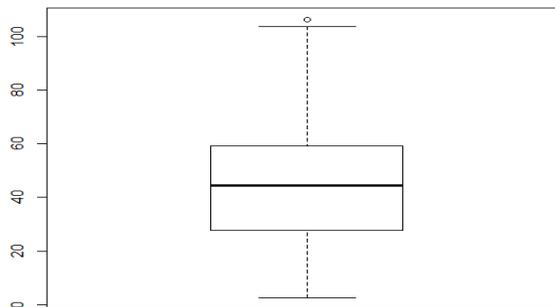


Figura 14. Valores atípicos o extremos encontrados en las áreas (SM).

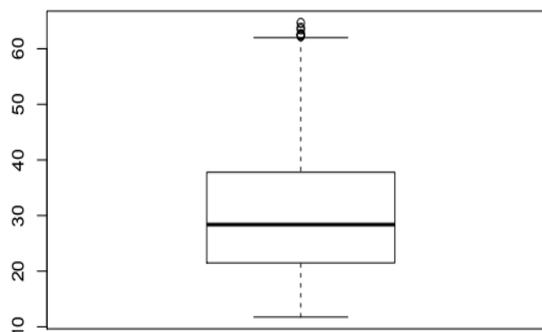


Figura 15. Valores atípicos o extremos encontrados en las áreas (MI).

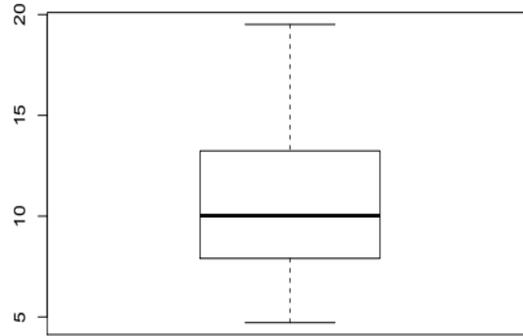


Figura 16. Valores atípicos o extremos encontrados en las áreas (EL).

#### 5.4.1 Prueba de Normalidad.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos, para cada una de las condiciones, dicha prueba indicó que nuestros datos no provienen de una distribución normal. Una vez comprobado lo antes mencionado, se utilizó una transformación cuadrática de los datos, donde:  $x = (\sqrt{x + 0.5})$ , (Zar, 1999).

#### 5.4.2 Análisis de ANOVA.

Se procedió a verificar si existe diferencia significativa entre las medias de los grupos, dicho análisis nos determinó un P-value de  $2 \times 10^{-16}$ , dicho valor es menor que alfa (0.05). Lo cual nos indica que al menos uno de los grupos cuenta con diferencia significativa entre ellos, dicho supuesto cuenta con un 95% de confiabilidad (Figura 17).

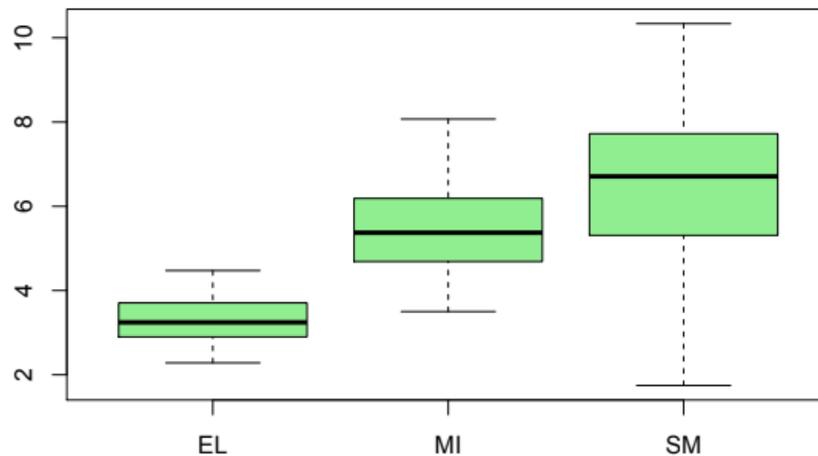


Figura 17. Comparación de las cargas de combustibles para las tres áreas.

### 5.4.3 Prueba de Tukey HSD.

De acuerdo a la prueba de Tukey, nos indican que existen diferencias estadísticas entre los tres grupos con respecto a la carga de combustibles (Figura 18).

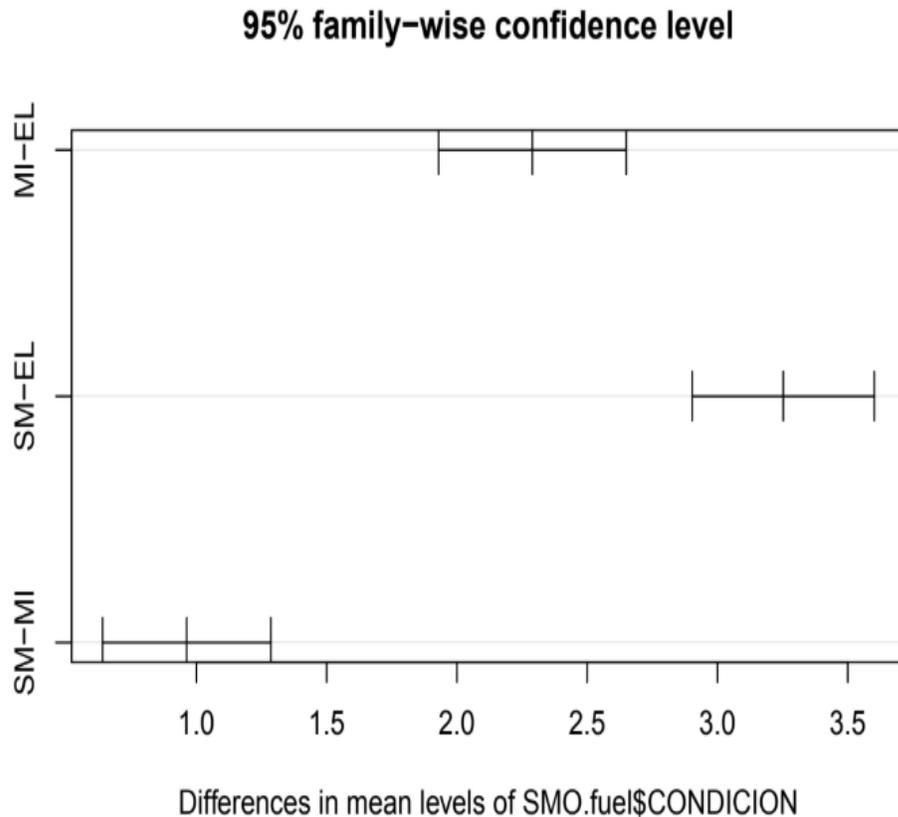


Figura 18. Diagrama de prueba de Tukey.

### 5.5 Interpolación general.

Una vez realizada la interpolación de la variable combustibles para toda el área de estudio, se clasificó en cinco categorías de acuerdo al rango de peligro propuesto por Zapata (1991).

#### 5.5.1 Ejido Laguna de Sánchez.

De acuerdo al mapeo de la carga de combustible para el Ejido de Laguna de Sánchez se interpoló un área de 789.28 hectáreas (Figura 19), donde la categoría (I) Bajo, ocupa una superficie de 16.05 hectáreas, lo cual representa el (2.05%)

del área, categoría (II) Moderado 213.73 ha (27.08%), categoría (III) Alto 328.66 ha (41.64%), categoría (IV) Muy Alto 145.79 ha (18.47%), mientras que la categoría (V) Extremo 84.95 ha (10.76%) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Laguna de Sánchez.

Categoría	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
(I) BAJO $\leq 21 \text{ Mg ha}^{-1}$	16.05	2.05
(II) MODERADO 21 - 35 Mg $\text{ha}^{-1}$	213.73	27.08
(III) ALTO 35 – 49 Mg $\text{ha}^{-1}$	328.66	41.64
(IV) MUY ALTO 49 – 63 Mg $\text{ha}^{-1}$	145.79	18.47
(V) EXTREMO $> 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	84.95	10.76
TOTAL	789.28	100

### 5.5.2 Ejido La Trinidad.

De acuerdo al mapeo de la carga de combustible para el Ejido La Trinidad se interpoló un área de 771.64 hectáreas (Figura 20), donde la categoría (I) Bajo, ocupa una superficie de 89.22 hectáreas, lo cual representa el (11.57%) del área, categoría (II) Moderado 244.61 ha (31.7%), categoría (III) Alto 180.21 ha (23.35%), categoría (IV) Muy Alto 128.47 ha (16.65%), mientras que la categoría (V) Extremo 129.13 ha (16.73%) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido La Trinidad.

Categoría	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
(I) BAJO $\leq 21 \text{ Mg ha}^{-1}$	89.22	11.57
(II) MODERADO 21 - 35 Mg $\text{ha}^{-1}$	244.61	31.7
(III) ALTO 35 – 49 Mg $\text{ha}^{-1}$	180.21	23.35
(IV) MUY ALTO 49 – 63 Mg $\text{ha}^{-1}$	128.47	16.65
(V) EXTREMO $> 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	129.13	16.73
TOTAL	771.64	100

### 5.5.3 Ejido Corona del Rosal.

De acuerdo al mapeo de la carga de combustible para el Ejido Corona del Rosal se interpoló un área de 435.29 hectáreas (Figura 21), donde la categoría (I) Bajo, ocupa una superficie de 131.69 hectáreas, lo cual representa el (30.25%) del área, categoría (II) Moderado 207.10 ha (47.58%), categoría (III) Alto 86.69 ha (19.92%), categoría (IV) Muy Alto 8.75 ha (2.01%), mientras que la categoría (V) Extremo 1.06 ha (0.24%) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Corona del Rosal.

Categoría	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
(I) BAJO $\leq 21 \text{ Mg ha}^{-1}$	131.69	30.25
(II) MODERADO $21 - 35 \text{ Mg ha}^{-1}$	207.10	47.58
(III) ALTO $35 - 49 \text{ Mg ha}^{-1}$	86.69	19.92
(IV) MUY ALTO $49 - 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	8.75	2.01
(V) EXTREMO $> 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	1.06	0.24
TOTAL	435.29	100

### 5.5.4 Ejido Santa Ana.

De acuerdo al mapeo de la carga de combustible para el Ejido Santa Ana se interpoló un área de 1400.81 hectáreas (Figura 22), donde la categoría (I) Bajo, ocupa una superficie de 17.35 hectáreas, lo cual representa el (1.24%) del área, categoría (II) Moderado 596.95 ha (42.61%), categoría (III) Alto 702.04 ha (50.12%), categoría (IV) Muy Alto 83.14 ha (5.94%), mientras que la categoría (V) Extremo 1.33 ha (0.09%) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Santa Ana.

Categoría	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
(I) BAJO $\leq 21 \text{ Mg ha}^{-1}$	17.35	1.24
(II) MODERADO $21 - 35 \text{ Mg ha}^{-1}$	596.95	42.61
(III) ALTO $35 - 49 \text{ Mg ha}^{-1}$	702.04	50.12
(IV) MUY ALTO $49 - 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	83.14	5.94
(V) EXTREMO $> 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	1.33	0.09
TOTAL	1400.81	100

### 5.5.5 Ejido La Lagunita.

De acuerdo al mapeo de la carga de combustible para el Ejido de Lagunita se interpoló un área de 108.28 hectáreas (Figura 23), donde la categoría (I) Bajo, ocupa una superficie de 108.28 hectáreas, lo cual representa el (100%) del área de estudio (Cuadro 12).

Cuadro 12. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido La Lagunita.

Categoría	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
(I) BAJO $\leq 21 \text{ Mg ha}^{-1}$	108.28	100
(II) MODERADO 21 - 35 Mg $\text{ha}^{-1}$	0	0
(III) ALTO 35 – 49 Mg $\text{ha}^{-1}$	0	0
(IV) MUY ALTO 49 – 63 Mg $\text{ha}^{-1}$	0	0
(V) EXTREMO $> 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	0	0
TOTAL	108.28	100

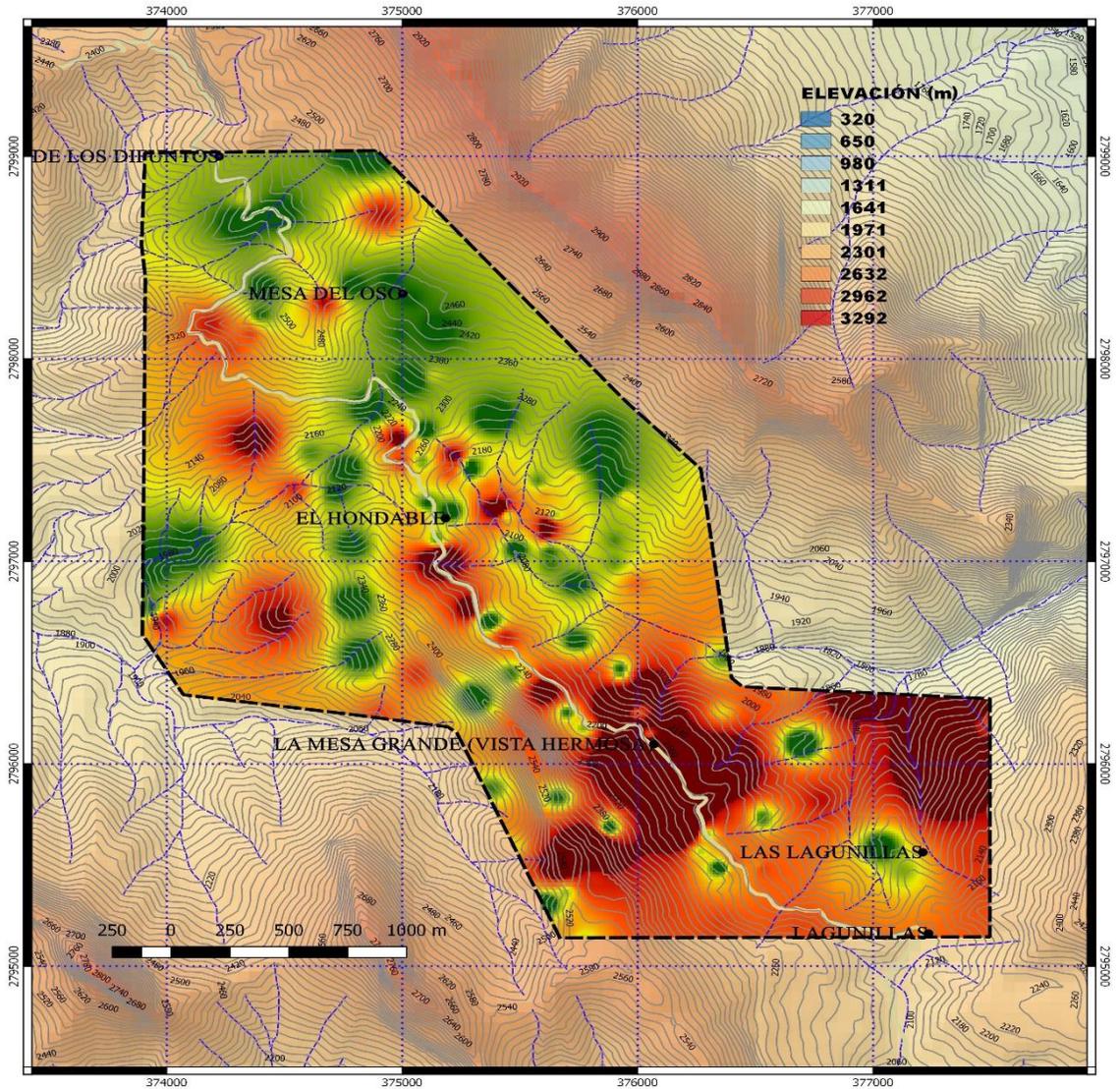
### 5.5.6 Ejido Dieciocho de Marzo.

De acuerdo al mapeo de la carga de combustible para el Ejido Dieciocho de Marzo se interpoló un área de 948 hectáreas (Figura 24), donde la categoría (I) Bajo, ocupa una superficie de 948 hectáreas, lo cual representa el (100 %) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Número de hectáreas y porcentaje de acumulación por tipo de categoría para Ejido Dieciocho de Marzo

Categoría	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
(I) BAJO $\leq 21 \text{ Mg ha}^{-1}$	948	100
(II) MODERADO 21 - 35 Mg $\text{ha}^{-1}$	0	0
(III) ALTO 35 – 49 Mg $\text{ha}^{-1}$	0	0
(IV) MUY ALTO 49 – 63 Mg $\text{ha}^{-1}$	0	0
(V) EXTREMO $> 63 \text{ Mg ha}^{-1}$	0	0
TOTAL	948	100

# Ejido Laguna de Sánchez, Santiago, Nuevo León



## CARGA DE COMBUSTIBLES FORESTALES

Escala: 1:18,000

Proyección.....UTM zone 14N  
Datum.....WGS84

## LEYENDA

Mg ha<sup>-1</sup>

- I BAJO <= 21.0
- II MODERADO 21.0 - 35.0
- III ALTO 35.0 - 49.0
- IV MUY ALTO 49.0 - 63.0
- V EXTREMO > 63.0

- POLIGONO GENERAL
- CAMINO DE TERRACERÍA
- CORRIENTE DE AGUA
- CURVA DE NIVEL
- LOCALIDAD

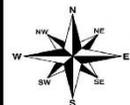
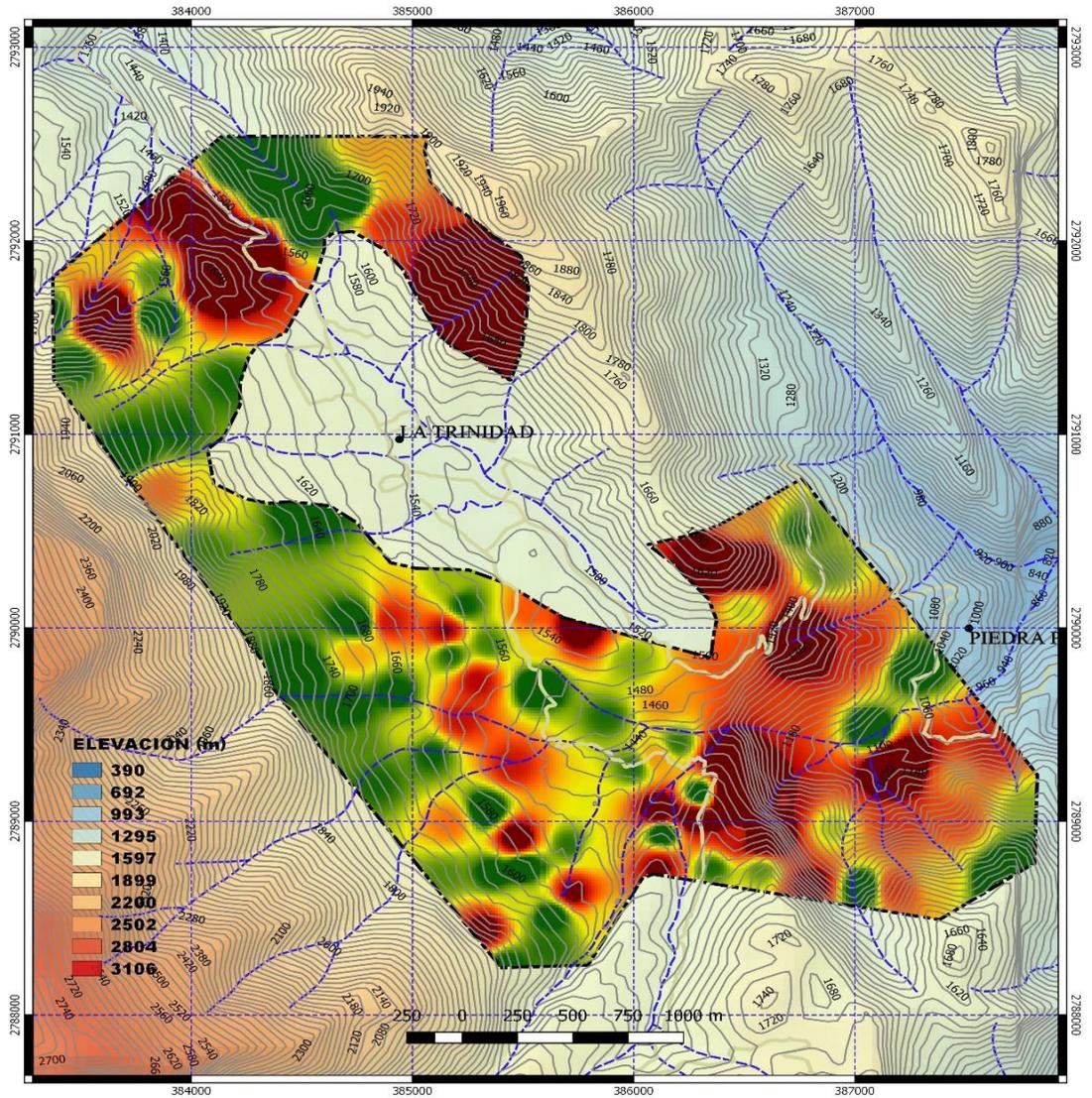


Figura 19. Mapa de interpolación de combustibles mediante el Índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido de Laguna de Sánchez.

## Ejido La Trinidad, Montemorelos, Nuevo León



### CARGA DE COMBUSTIBLES FORESTALES

ESCALA: 1:19,000

PROYECCIÓN.....UTM ZONE 14N

DATUM.....WGS84

### LEYENDA

Mg ha<sup>-1</sup>

- I BAJO ≤ 21.0
- II MODERADO 21.0 - 35.0
- III ALTO 35.0 - 49.0
- IV MUY ALTO 49.0 - 63.0
- V EXTREMO > 63.0

— CAMINO DE TERRACERÍA

— CORRIENTE DE AGUA

▭ POLIGONO GENERAL

— CURVA DE NIVEL

● LOCALIDAD



Figura 20. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido La Trinidad.

# Ejido Corona del Rosal, Galeana, Nuevo León.

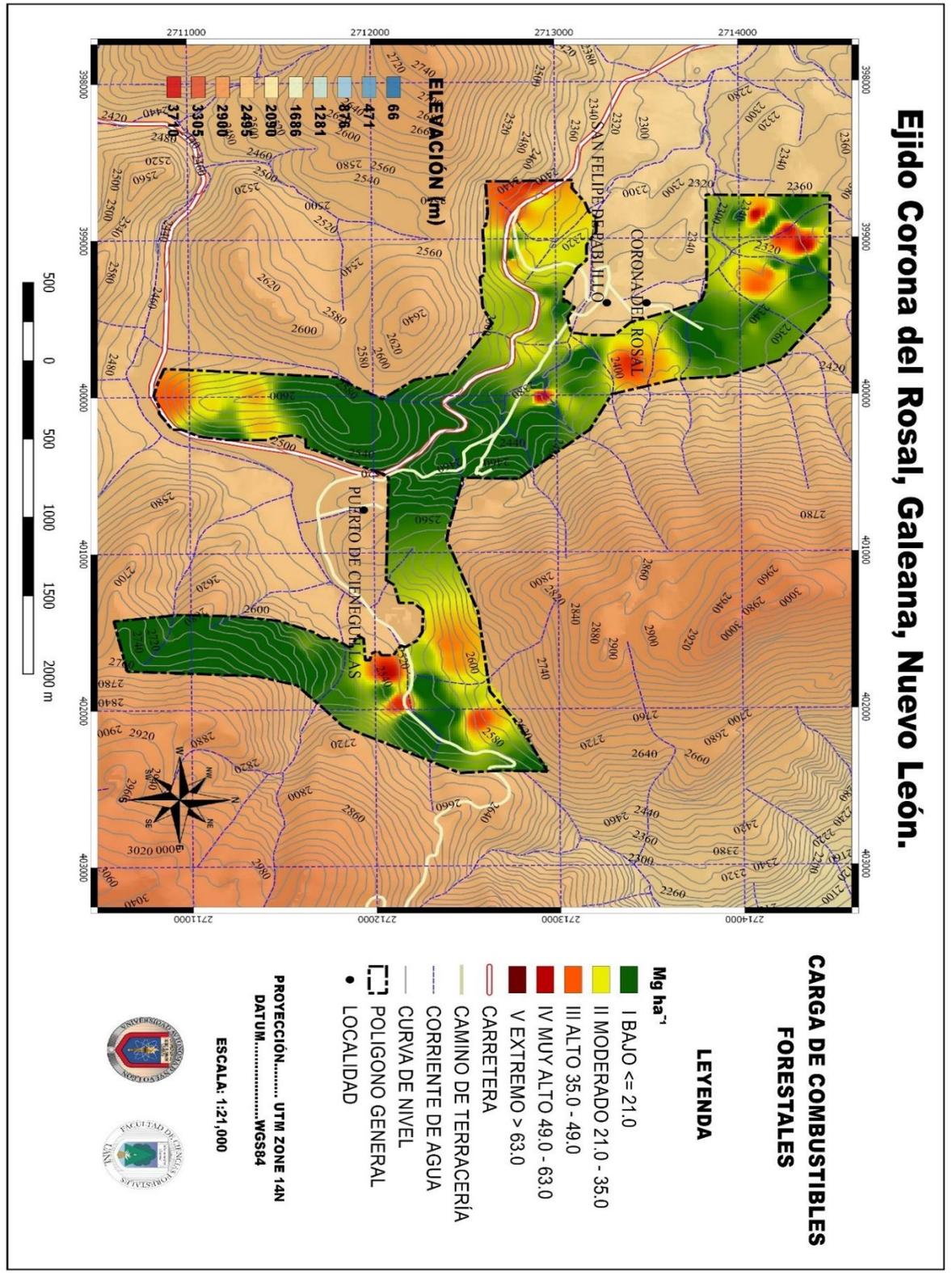
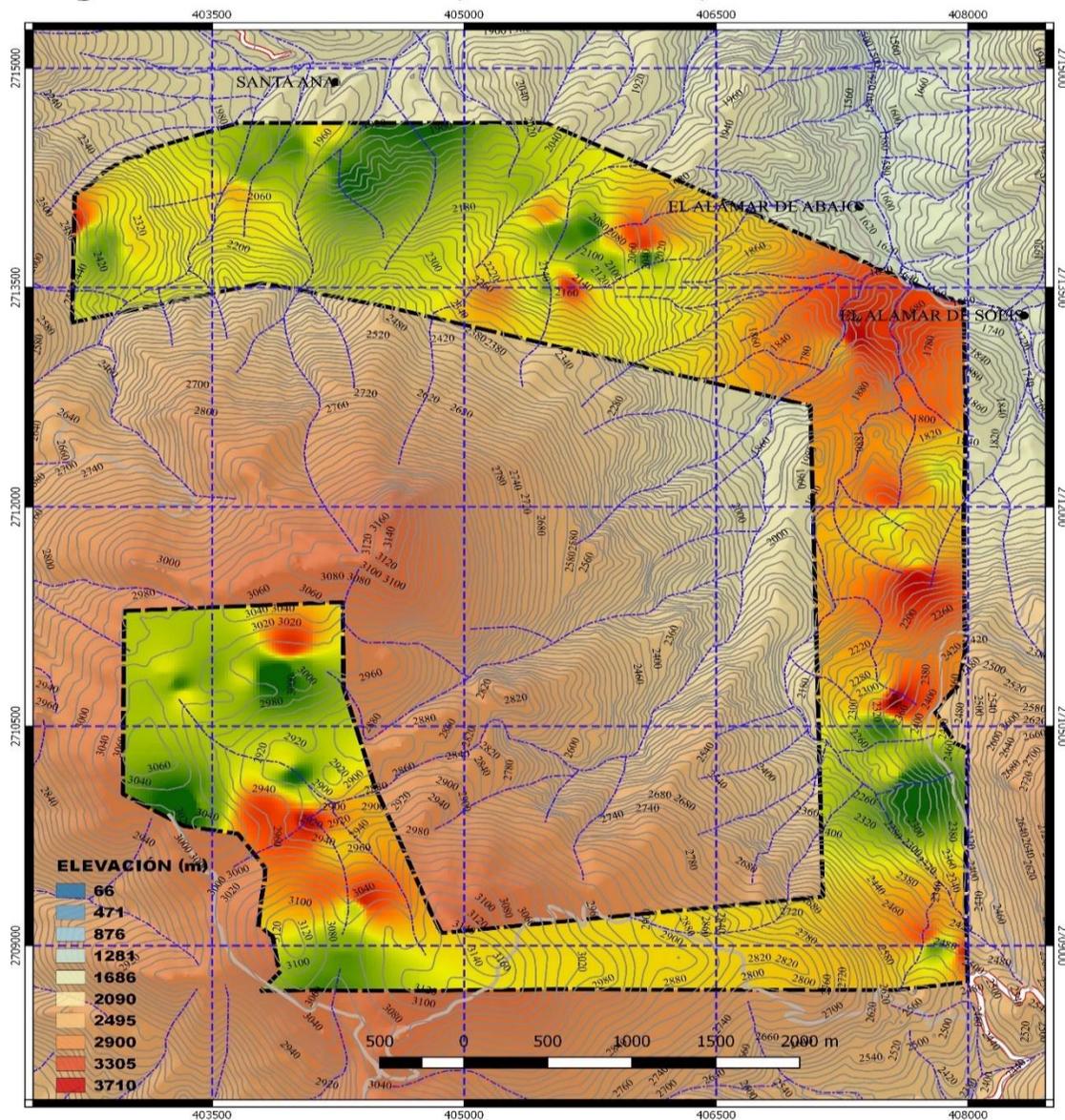


Figura 21. . Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido Corona del Rosal.

# Ejido Santa Ana, Galeana, Nuevo León



## CARGA DE COMBUSTIBLES FORESTALES

ESCALA: 1:25,000

Proyección.....UTM zone 14N

Datum..... WGS 84

## LEYENDA

Mg ha<sup>-1</sup>

- I BAJO <= 21.0
- II MODERADO 21.0 - 35.0
- III ALTO 35.0 - 49.0
- IV MUY ALTO 49.0 - 63.0
- V EXTREMO > 63.0

- CARRETERA
- CORRIENTE DE AGUA
- CURVA DE NIVEL
- LOCALIDAD
- POLIGONO GENERAL
- CAMINO DE TERRACERÍA



Figura 22. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido Santa Ana.

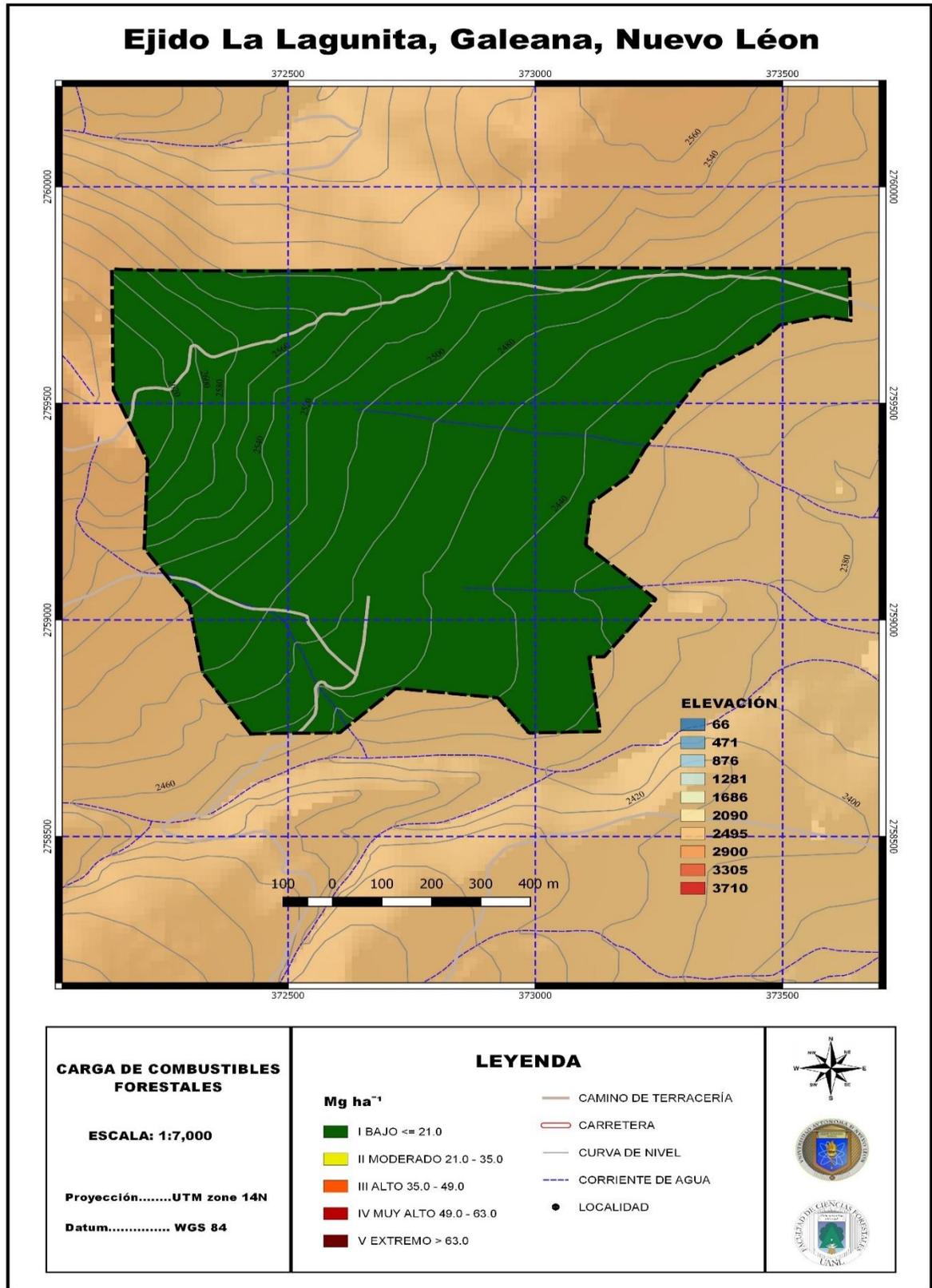
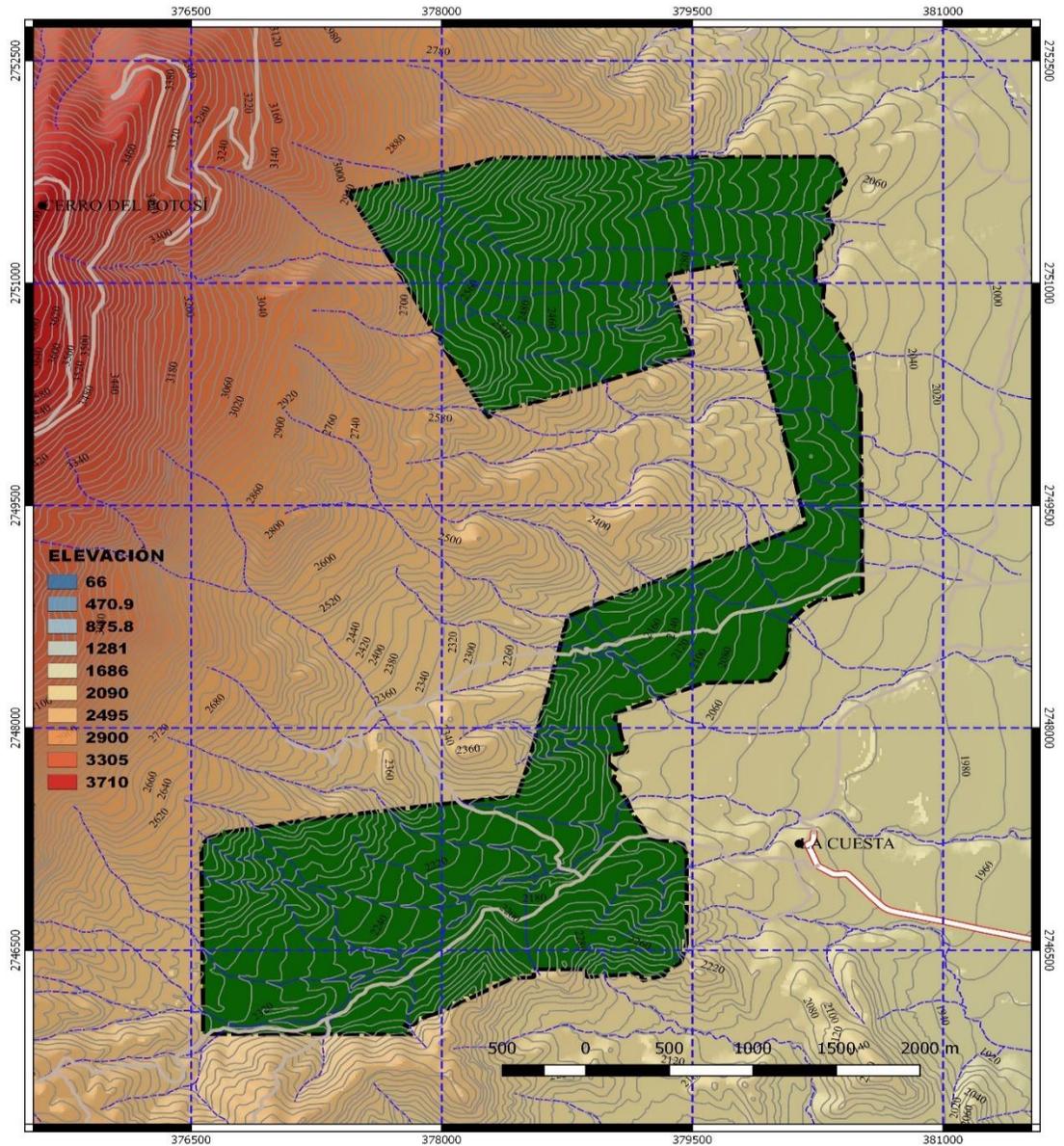


Figura 23. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido La Lagunita.

## Ejido Dieciocho de Marzo, Galeana, Nuevo León



### CARGA DE COMBUSTIBLES FORESTALES

ESCALA: 1:25,000

Proyección.....UTM zone 14N

Datum..... WGS 84

### LEYENDA

Mg ha<sup>-1</sup>

- I BAJO ≤ 21.0
- II MODERADO 21.0 - 35.0
- III ALTO 35.0 - 49.0
- IV MUY ALTO 49.0 - 63.0
- V EXTREMO > 63.0

- CAMINO DE TERRACERÍA
- CARRETERA
- CURVA DE NIVEL
- CORRIENTE DE AGUA
- POLIGONO GENERAL
- LOCALIDAD



Figura 24. Mapa de Interpolación de Combustibles mediante el índice Inverso a la Distancia (IDW) para el Ejido Dieciocho de Marzo.

## 6.0 DISCUSIÓN.

Bautista *et al* (2005), realizaron una caracterización de combustibles en áreas con aprovechamiento forestal, reportando cargas promedio de 21.84 hasta 36.59 Mg ha<sup>-1</sup> totales dependiendo del tratamiento silvícola. Dichos resultados son similares a los reportados en nuestro estudio para las áreas con Manejo (MI), con cargas promedio de 33.30 y 39.00 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Díaz García (2015), evaluó la carga de combustibles en un bosque de Pino-Encino sin manejo, reportando carga promedio de 37.57 Mg/ha. Dichos valores son similares a los reportados para nuestras áreas con manejo (MI).

Por su parte, Brondi *et al* (2016), evaluaron 22 conglomerados dentro del Área Natural protegida de Flora y Fauna de Maderas del Carmen Coahuila, reportando valores de 15.27, 29.36 y 91.89 Mg ha<sup>-1</sup> para combustibles ligeros, pesados y totales.

Para este estudio las Áreas sin Manejo (SM), se encuentran dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, y cuentan con cargas promedio de 43.29 y 42.42 Mg ha<sup>-1</sup>, dichos valores se encuentran en un rango intermedio, tomando en cuenta los resultados de Brondi *et al*.

## **7.0 CONCLUSIONES.**

De acuerdo al estudio realizado se puede observar que los sitios que se encuentran dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey con ausencia de algún tipo de manejo, presentan la mayor acumulación respecto a la carga de combustibles, esto debido a lo ya antes mencionado. Por lo anterior se acepta la hipótesis planteada de que las áreas con ausencia de manejo, presentan la mayor acumulación de cargas de combustibles.

Por otro lado, los sitios con algún tipo de manejo, presentaron cargas menores que los antes mencionados, ya que existe una gran remoción de los mismos mediante los aprovechamientos, sin embargo, las prácticas de manejo de los combustibles después de los aprovechamientos no se realizan como lo determina la legislación.

En los sitios que cuentan con alto impacto antropogénico, se vio disminuida en gran manera la carga de combustibles, esto debido a la extracción de combustibles pesados, ya que son utilizados como fuente de energía por las localidades cercanas al área de estudio, además de la remoción el material liviano por la presencia de ganado en la zona.

Se determina que la variabilidad de los combustibles se encuentra en función de la intensidad de manejo de cada uno de los sitios.

Es necesario establecer sitios de monitoreo permanente en las áreas con mayor acumulación de combustible, con el fin de seguir observando su dinámica y prevenir un incendio.

## 8.0 REFERENCIAS

Agee, J. K. (1993). Fire ecology of Pacific Northwest forests. Washington, D.C.: Island Press 493 p.

Bautista Rentería-Anima, J., Treviño-Garza, E. J., Nívar-Chaidez, J. D. J., Aguirre-Calderón, O. A., & Cantú-Silva, I. (2005). Caracterización de combustibles leñosos en el ejido Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11(1).

Cantú-Ayala, C., J. Marmolejo-Moncivais, F. González-Saldivar, J. Uvalle-Sauceda y D. González-Uribe. 2013. El Parque Nacional Cumbres de Monterrey en el Contexto de la Conservación, en: Cantú-Ayala et al. (eds.), Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México. UANL-CONANP. México. Pp. 15-26.

Castillo, M., P. Pedernera y E. Peña. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA XIX*: 44-55.

Chávez Durán, Á., Xelhuantzi Carmona, J., Rubio Camacho, E., Villanueva Díaz, J., & Flores Garnica, J. (2017). Actualización del sistema para el cálculo de combustibles forestales (SICCO v3.0). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8 (44), 155-175.

Chávez Durán, Álvaro Agustín, Xelhuantzi Carmona, Jaqueline, Rubio Camacho, Ernesto Alonso, Villanueva Díaz, José, Flores López, Hugo Ernesto, & Mora Orozco, Celia de la. (2016). Caracterización de cargas de combustibles forestales para el manejo de reservorios de carbono y la contribución al cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(spe13), 2589-2600.

Chojnacky, D.C., R.A. Mickler, L.S. Heath and C. W. Woodall. 2004. Estimates of down woody materials in Eastern US. Forests. Environmental Management, Vol. 3, Suplement 1. pp 44-55. combustibles forestales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(15), 41-54. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322013000100004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000100004).

Comisión Nacional Forestal. (2010). Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/249Reporte%20semanal%20de%20incendios%20forestales.pdf>.

DeBano, L. F., Neary, D. G., & Ffolliott, P. F. (1998). Fire's effects on ecosystems. New York: John Wiley and Sons, Inc. 333 p.

Díaz, G. E. R. E. (2015). Construcción de Mapas de Combustible Forestal para Detectar el Peligro de Incendio en un Bosque de Pino-Encino. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.

Flores, G. J. G. (1996). Aplicación de sensores remotos y sistemas de información geográfica para el mapeo de riesgo de incendios forestales. INIFAP, SAGAR. Campo Experimental Colomos. Folleto informativo Núm. 1. 16 p

García, E. CONABIO. "Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García)" Escala 1:1000,000. México, 1998

Garnica, J. G. F., Chávez, O. G. R., & Ortega, A. T. (2005). Evaluación del impacto del fuego en los combustibles forestales, en el Bosque La Primavera. I Foro de Investigación y Conservación del Bosque de la Primavera, Zapopan, Jalisco

González Tagle, M.A., L. Schwendenmann, J. Jiménez Pérez y W. Himmelsbach. 2007. Reconstrucción del historial de incendios y estructura forestal en bosques mixtos de pino-encino en la Sierra Madre Oriental. *Madera y Bosques* 13(2):51-63

Morfín Ríos, J.E.; Alvarado Celestino, E.; Jardel Peláez, E.J.; Vihnanek, R.E.; Wright, D.K.; Michel Fuentes, J.M.; Wright, C.S.; Ottmar, R.D.; Sandberg, D.V.; Nájera Díaz, A. 2007. Fotoseries para la Cuantificación de Combustibles Forestales de México: Bosques Montanos Subtropicales de la Sierra Madre del Sur y Bosques Templados y Matorral Submontano del Norte de la Sierra Madre Oriental. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-XXX. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. XX.

Morfín-Ríos, J.E., E.J. Jardel P., E. Alvarado C. y J.M. Michel-Fuentes. (2012). Caracterización y cuantificación de combustibles forestales. Comisión Nacional Forestal-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México

Nájera D., A. 2004. Manejo de Combustibles Forestales. Apuntes de la materia: Control y Uso del Fuego. Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.

Nájera D., A. 2015. Curso de Evaluación. Cuantificación y Manejo de Combustibles Forestales en Plantaciones Forestales. Manual del Participante. Ministerio de Ambiente, República de Panamá.

Ressl, R y Cruz, I. (2012). "Detección y monitoreo de incendios forestales mediante imágenes de satélite", *Biodiversitas*, 100: 12-13, CONABIO.

Rodríguez y Rodríguez, G. y J. Martínez-Pineda. 2013. Suelos, en: Cantú-Ayala et al. (eds.), Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México. UANL-CONANP. México. Pp. 79-87.

Rodríguez-Trejo, D. A., & Fule, P. Z. (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire*, 12(1), 23-37. <https://doi.org/10.1071/WF02040>

Rodríguez-Trejo, D.A (2002). Educación e Incendios Forestales. Editorial?

Rodríguez-Trejo, D.A. (2001). Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 7(2), 145-151. Obtenido de

<https://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchscfaVII357.pdf>

Rueda, N. F. B., Garzón, F. X. L., & Treviño, A. E. (2016). Mapeo del índice de peligro de incendio forestal en el bosque de coníferas del Área Natural Protegida de Flora y Fauna: Maderas del Carmen, Coahuila. *Industrial Data*, 19(1), 78-88.

Sánchez, C. J; y Zerecero, L.G. (1983). Método practico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca. Nota divulgativa No 9 PR – 03. CIFONOR – INIF, SFF.SARH. México.

Seriñá-Garza, F. 2013. La Sierra Madre Oriental y su Relación con Monterrey, en: Cantú-Ayala et al. (eds.), Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México. UANL-CONANP. México. Pp. 9-14.

Sugihara, N. G., van Wagtendonk, J. W., Shaffer, K. E., Fites-Kaufmann, J., & Thode, A. E. (Eds.). (2006). Fire in California ecosystems Berkeley, CA: University of California Press 596 pp.

Uvalle-Sauceda, J., C. Cantú-Ayala, F. González-Saldivar y J. Marmolejo-Moncivais. 2013. Climas, en: Cantú-Ayala et al. (eds.), Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México. UANL-CONANP. México. Pp. 41-51.

Velasco Herrera, José Armando, Flores Garnica, José Germán, Márquez-Azúa, Bertha, & López, Sergio. (2013). Áreas de respuesta homogénea para el muestreo de

Vélez M., R. 2000. La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencia. Primera Edición al español. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España. 1301p.

Vélez R. 2000. Los índices meteorológicos de peligro. En: Vélez R. (coord.) La Defensa contra Incendios Forestales: Fundamentos y experiencias. McGraw Hill, Madrid, España., pags. 8.10-8.28.

Viegas D.X., Bovio G., Ferreira A., Nosenzo A. y Sol B. 2000. Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. International Journal of Wildland Fire 9: 235-246.

Villers, R. M. L. (2006). Incendios Forestales. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F., Ciencias. 081:60-66 Obtenido de <http://www.revistaciencias.unam.mx/pt/54-revistas/revista-ciencias-81/350-incendios-forestales.html>

Zar. H. J. (1999). Biostatistical Analysis, Estados Unidos: Prentice Hall. 663p.