

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud  
Departamento de Producción Agrícola y Animal  
Licenciatura en Agronomía

## **Informe final de Servicio Social**


**“Combustibles forestales como índice de riesgo de incendio en Joyas del Gato,  
Dos Ocotes y la Rosa en Volcán Pelado”**

Prestadora de Servicio Social:

Jiménez Olivera Jacqueline

Matrícula 2152032947

Asesores:

  
Dr. Daniel Ruíz Juárez

No. Económico 29691

  
M. en C. Mónica Gutiérrez Rojas

Cédula Profesional: 12113168

**Lugar de Realización:** Laboratorio de preparaciones del Departamento de  
Producción Agrícola y Animal de UAM Xochimilco

**Fecha de Inicio y Terminación:** 20 de septiembre de 2019 al 20 de marzo de 2020

## **INDICE**

I. INTRODUCCIÓN .....	3
II. JUSTIFICACIÓN .....	3
III. OBJETIVOS .....	4
3.1 Objetivo general .....	4
3.2 Objetivos específicos.....	4
IV. MARCO TEORICO.....	4
4.1 Área forestal en San Miguel Topilejo, CDMX .....	4
4.2 Incendios forestales .....	4
4.3 Combustibles forestales.....	5
4.4 Estimación de combustibles .....	6
4.5 Índice de riesgo de incendio.....	6
V. MATERIAL Y MÉTODOS .....	7
5.1 Área de trabajo .....	7
5.2 Diseño experimental.....	7
5.3 Muestreo.....	8
5.3.1 Muestreo por intersecciones planares.....	8
5.3.2 Muestreo de combustibles superficiales.....	9
5.3.3 Muestreo de combustibles del suelo.....	10
5.4 Evaluación.....	10
5.5 Análisis de resultados.....	11
VI. ACTIVIDADES REALIZADAS .....	12
VII. OBJETIVOS ALCANZADOS .....	12
VIII. METAS ALCANZADAS .....	12
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
X. CONCLUSIÓN .....	15
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	15

## RESUMEN

Los combustibles forestales son toda materia vegetal presente en un ecosistema que posee la capacidad de encenderse al ser expuesto a una fuente de calor, los cuales son resultado de un proceso natural de caída de hojas, acículas, ramas y humus o por actividades del hombre como los aprovechamientos forestales. Caracterizar los combustibles forestales es de gran importancia para el manejo integral del fuego buscando acciones preventivas, sistemas de alerta temprana, evaluación de incendios y quemas prescritas, en el periodo del año 2001 al 2017, en México se perdieron 3.2 millones de hectáreas de bosque. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar y caracterizar los combustibles forestales e índice de riesgo por incendio en los parajes Joyas del Gato, Dos Ocotes y la Rosa ubicados en el Volcán Pelado. Se recolectaron muestras de diferentes combustibles que se encontraron en los sitios de estudio, basándose a la metodología de intersecciones planares descrita por Brown *et al.* (1982), estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Preparaciones del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Las muestras obtenidas se sometieron a un secado a no más de 80°C hasta tener un peso constante, los datos recabados se colocaron en una base de datos de Excel para realizar los cálculos con los que se determinaron las cargas de combustibles maderables y combustibles superficiales. Las herbáceas, pastos, hojarasca y la capa de fermentación fueron los combustibles con mayor carga-en t/ha, en caso de un incendio estos favorecerían su dispersión Se requiere mejor planteamiento del método para determinar las zonas exactas que se encuentran en riesgo, considerando la toma de más muestras y tomando en cuenta datos topográficos para conocer el comportamiento del fuego en un incendio.

## I. INTRODUCCIÓN

México cuenta con 138 millones de hectáreas (ha) aproximadamente de área forestal, los árboles son de gran importancia ya que favorecen la humedad regulando la temperatura y combaten el cambio climático al capturar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así mismo dan estructura al suelo y evitan que se deteriore mediante sus hojas, ramas y raíces (SEMARNAT, 2018).

A pesar de la riqueza forestal con la que cuenta México y la importancia de estos sistemas naturales, el país ocupa uno de los primeros lugares en deforestación en el mundo (Torres, 2004), donde los incendios constituyen una de las causas de este hecho siendo las actividades humanas (97%) el principal origen de estos incendios forestales (Torres, 2004). En el periodo del año 2001 al 2017, en México se perdieron 3.2 millones de ha de bosque, es decir 6% del territorio forestal, lo que puede traer como consecuencia daño atmosférico, por la disminución de absorción de CO<sub>2</sub>, y la desaparición de fauna endémica (FORBES, 2019). De acuerdo con la CONAFOR (2019), en la Ciudad de México del 1 de enero al 3 de octubre de 2019 se reportaron 535 incendios forestales teniendo un total de 3,243 ha afectadas por estos siniestros.

Caracterizar los combustibles forestales es de gran importancia para el manejo integral del fuego buscando acciones preventivas, sistemas de alerta temprana, evaluación de incendios y quemas prescritas, las cuales están relacionadas con la calidad del aire, la dinámica del carbono, capturas y emisiones de gases de efecto invernadero (Castañeda, 2015).

Con el presente trabajo se propuso evaluar y caracterizar los combustibles forestales e índice de riesgo por incendio en los parajes Joyas del Gato, Dos ocotes y la Rosa en el Volcán Pelado, CDMX, con el cual se buscó estimar las zonas de mayor riesgo determinando la cantidad de carga de combustibles forestales para así proponer medidas de prevención y disminuir la deforestación en la zona por incendio forestal.

## II. JUSTIFICACIÓN

Los bosques afectados por incendios forestales constantes provocan pérdidas de valor ecológico y económico, el primero está relacionado con el hábitat de flora y fauna, así como la afectación en la cubierta vegetal alterando ciclos hidrológicos y características edáficas relacionados a la erosión. En cuanto al valor económico hay pérdidas de productos secundarios forestales como las especies de aprovechamiento farmacéutico, al igual que hay alteraciones climáticas locales (Velasco y Flores, 2011). Debido a esto fue importante determinar los índices de riesgo en las áreas forestales para que de esta manera se puedan proponer medidas de prevención y evitar estos siniestros.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar y caracterizar los combustibles forestales e índice de riesgo por incendio en los parajes Joyas del Gato, Dos Ocotes y la Rosa ubicados en el Volcán Pelado, CDMX.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la carga de combustible por tiempo de retardo y profundidad de hojarasca, capa de fermentación y musgo.
- Caracterizar combustibles vivos y muertos dentro del área de estudio.
- Identificar las áreas con mayor probabilidad de incendio dentro del paraje.

### **IV. MARCO TEORICO**

#### **4.1 Área forestal en San Miguel Topilejo, CDMX**

San Miguel Topilejo se encuentra en la alcaldía Tlalpan, forma parte del Corredor Biológico Chichinautzin, que cuenta con gran diversidad de hábitats y especies por sus favorecidas condiciones geográficas y climáticas, fue decretado Área de Protección de Flora y Fauna en el año 1988 (SEMARNAT, 2016). Dentro de la flora que podemos encontrar en esta zona son el pirul, encino, variedades de pino, ocote, jacalote, oyamel, aile, zacate grueso, zacatón de cola de ratón, zacayumaque, zacate blanco, pasto de escoba y pasto amarillo, en matorrales hay jarilla verde, limoncillo, zarzal escoba o perilla, hediondilla y mejorana; en la zona montañosa hay bosques de coníferas y especies de cedros, encontrando en zonas más altas variedades de helechos y musgos (INAFED, s.a.). San Miguel Topilejo abarca 6000.29 ha de área natural protegida, en la que se encuentra fauna silvestre endémica como gallina del monte, gato montés, cacomixtle, víbora de cascabel, camaleón común, venado, conejo, conejo castellano, falso escorpión, lagartija, zorra gris y los pájaros gorrión zacatonero, azulejo garganta azul, zorzal, primavera, pico gordo, junco ojilumbre mexicano y cara mexicana (CONAFOR, 2016).

Debido a la riqueza ecológica con la que cuenta la zona de San Miguel Topilejo es importante proteger y conservar esta área natural, así mismo, de acuerdo con la superficie forestal que existe en esta zona se debe considerar la relevancia que tienen los bosques, ya que estos ayudan a regular el clima y amortiguar el impacto de fenómenos naturales, de igual manera aportan servicios ambientales como el mantenimiento de fuentes de agua, la diversidad biológica, regulación de clima y captura de carbono, como fuente de recursos alimentarios, maderables, combustibles y medicinales, además de ser sitios turísticos de recreación escénica y actividades socioculturales (PROFEPA, 2020).

#### **4.2 Incendios forestales**

Uno de los fenómenos que provocan cambios en los bosques son los incendios forestales, estos se pueden dar de manera natural abriendo claros, cambiando la composición del suelo, liberando nutrientes y fomentando la germinación de semillas, sin embargo, debido a la intervención humana, este fenómeno natural se ha modificado provocando incendios en zonas donde no se habían

presentado (SEMARNAT, s.a.). En gran parte de México, los incendios inician de enero a junio, el cual es el periodo final de las estaciones más secas (finales de invierno, principios de primavera) (Pérez, 2019). Los incendios ocurren principalmente por las quemadas no controladas por actividades agropecuarias, fogatas no controladas, colillas de cigarrillos e incendios intencionales (SEMARNAT, s.a.). El fuego provocado consume los combustibles forestales -los cuales se describen más adelante-, debemos tomar en cuenta que para que se produzca un incendio forestal se requiere de combustible, calor y oxígeno, lo que se conoce como “triángulo del fuego” (Pérez, 2019).

Uno de los principales efectos de un incendio forestal en el ecosistema es la pérdida de biomasa vegetal en pie y los renuevos, siendo las especies arbóreas más dañadas afectando su regeneración natural y dejándolas vulnerables a plagas y enfermedades, también la fauna es afectada por la pérdida y modificación de su hábitat, hay escasez de alimento y la muerte de individuos (SEMARNAT, s.a.).

De acuerdo a la SEDEMA (2019), el Volcán Pelado se encuentra dentro de las áreas con prioridad alta para la atención de Incendios Forestales de la Ciudad de México, siendo parte de la zona de Topilejo, el cual es un sitio donde existen actividades como áreas grandes de quemadas, ocoteo, pastoreo, presencia de excretas de animales y saneamiento forestal (presencia de muérdago que debilita a los árboles aumentando su mortalidad después de un incendio), aunado a que la topografía es irregular impidiendo un acceso rápido a los brigadistas combatientes de incendios, lo que ha contribuido a la frecuencia de daño teniendo superficies de hasta 100 ha con afectación de incendio, esto de acuerdo con estudios realizados por Gaytán (2016) de 2005 al 2015.

### **4.3 Combustibles forestales**

Los combustibles forestales son toda materia vegetal presente en un ecosistema que posee la capacidad de encenderse al ser expuesto a una fuente de calor, los cuales son resultado de un proceso natural de caída de hojas, acículas, ramas y humus o por actividades del hombre como los aprovechamientos forestales (Díaz *et al.*, 2013). De acuerdo con Morfin *et al.* (2012) los combustibles se pueden dividir en tres capas:

- Combustibles del suelo, es la materia orgánica en descomposición y humus por encima del suelo mineral y debajo del mantillo.
- Combustibles superficiales, son la hojarasca fresca y fragmentada, el material leñoso caído que forman el mantillo sobre el suelo y la vegetación viva o muerta de los estratos herbáceo y arbustivo.
- Combustibles del dosel, formado por los troncos y las copas de los árboles, incluyendo a los árboles muertos en pie.

Así mismo, los combustibles se pueden clasificar en vivos o muertos, los primeros incluyen hierbas, arbustos y árboles o plantas que se encuentran bajo el dosel y los combustibles muertos están representados por los troncos, las ramas y las hojas que se encuentran sobre el suelo, estos últimos son factores de ignición de combustibles vivos (hierbas y arbustos) que sirven como escaleras en el paso del fuego, ya que van del suelo a las copas de los árboles propagando incendios de grandes dimensiones (Chávez *et al.* 2016).

Otra forma de clasificación de los combustibles es de acuerdo con el tiempo de retardo (Cuadro 1), es decir, el tiempo que tarda en ganar o perder dos terceras partes de la diferencia entre su contenido de humedad inicial y su contenido de humedad de equilibrio con respecto al ambiente, entre más grande sea el combustible el proceso será más lento y tendrá mayor tiempo de retardo; el diámetro establecerá el tiempo de retardo de un combustible (Díaz *et al.*, 2013).

**CUADRO 1.** Clasificación de combustibles maderables

<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Tiempo de retardo (h)</b>
0 – 0.5	1
0.6 – 2.5	10
2.6 – 7.5	100
> 7.6	1000

#### **4.4 Estimación de combustibles**

Para estimar la carga de combustible forestales en un área específica es necesario determinar la carga de combustible, en combustibles vivos se estima biomasa relacionando peso y dimensiones del material, mientras que para combustibles muertos se utilizan la técnica de intersecciones planares (Rentería, 2004).

La técnica de intersecciones planares consiste en contar las intersecciones del material leñoso en planos de muestreo vertical, en esta técnica se debe considerar lo siguiente: 1) Se mide material leñoso muerto (ramillas, tallos, ramas o tocones) en la superficie del suelo y que se han separado de la fuente original de crecimiento; 2) Se consideran las ramas o ramillas que estén dentro o sobre la capa de hojarasca; 3) Si el plano de muestreo intercepta la parte final de una troza, se toma en cuenta si el plano de muestreo cruza el eje central de la misma; 4) No se mide si el eje central del material coincide exactamente con la línea de muestreo; 5) Si el plano de muestreo intercepta más de una vez una pieza curvada, se mide cada intersección (Díaz *et al.*, 2013).

#### **4.5 Índice de riesgo de incendio**

El fuego se origina teniendo calor, oxígeno y combustible, los bosques son vulnerables a que suceda un incendio debido a la acumulación de combustible que hay en estos lugares. Un incendio forestal se da generalmente cuando hay una larga temporada de sequía, ya que hay más acumulación de biomasa seca en la superficie formando condiciones adecuadas de que exista una continuidad para su expansión, debido a esto estimar la probabilidad de riesgo por incendio forestal se considera de gran importancia, ya que permite evaluar el grado de peligro (Brondi *et al.*, 2016).

El peligro de incendio forestal puede definirse por la composición de factores como los combustibles, las especies vegetales y la topografía, así como humedad relativa, velocidad y dirección del viento y precipitación (Rentería, 2004). El combustible es el principal factor que determina el inicio del incendio, la dificultad para su control y comportamiento (Rentería, 2004). Conociendo estos factores se pueden realizar predicciones y, de este modo conocer el indicador de peligrosidad de que ocurra un incendio forestal en cierta zona, para este propósito se utilizan herramientas como los cuadros o mapas de frecuencia de incendios, con los cuales se busca estar

preparados para el combate de incendios y reducir los daños por el fuego e incluso, de ser posible, prevenir estos siniestros (Renteria, 2004). Aunado a esto se han realizado varios estudios en los que se toman en cuenta variables como la pendiente, profundidad de la capa de combustibles, número de meses de sequía, duración de incendio, superficie afectada, uso de suelo, cobertura y tipo de vegetación, esto para determinar la carga de combustible, estableciendo grados de peligro que se definen por las toneladas por hectárea que hay de combustible (Renteria, 2004).

## V. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1 Área de trabajo

El área de estudio se ubicó en el Volcán Cerro Pelado (Figura 1), el cual se encuentra en Topilejo, Tlalpan a  $19^{\circ}09'$  Norte y  $99^{\circ}12'$  Oeste a una altitud de 3620 msnm, en esta zona hay dos tipos de climas: el semifrío subhúmedo y el templado subhúmedo, las lluvias se presentan de mayo a octubre, con precipitación de más de 1100 mm y las heladas son de noviembre a febrero; el tipo de suelo que predomina es de tipo litosol y la vegetación dominante son bosque de oyamel, bosques de pino, bosque de encino, bosque mixto, matorral inerme, pastizal y vegetación secundaria (CONAFOR, 2015).

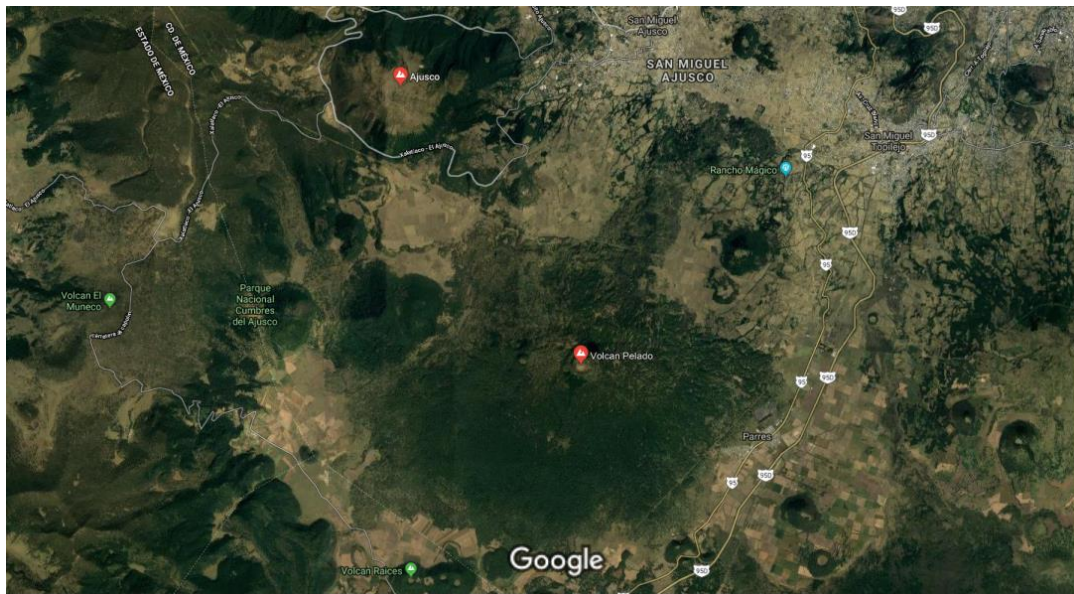


Figura 1. Volcán Cerro Pelado, CDMX (Fuente: Google Maps, 2019)

### 5.2 Diseño experimental

El área de estudio se dividió en parajes (Figura 2), para el presente proyecto solo se consideraron Joyas del Gato, Dos Ocotes y la Rosa, con 27 sitios de muestreo cada paraje, teniendo un total de 81 sitios. Para llegar al sitio de muestreo se utilizó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) marca Garmin®, procurando llegar en una orientación que no sea el Norte, debido a que los datos y muestras se tomaron en esa dirección. Todos los datos recolectados se anotaron en una hoja de registro, que contenían los siguientes datos: número de sitio, coordenadas, paraje, ejido, alcaldía, fecha, brigada.





**Figura 2.** Área de estudio, Volcán Cerro Pelado, división por parajes y sitios marcados

## **5.3 Muestreo**

### **5.3.1 Muestreo por intersecciones planares**

En cada sitio se realizó un muestreo de intersecciones planares, el estudio se basó en la metodología descrita por Brown *et al.* (1982), en la que se tomó una cuerda de 12 m de largo dividida en secciones, las cuales se marcaron haciendo un nudo, la primera sección se consideró del inicio de la cuerda a los primeros 2 m, se marcó la segunda sección a los siguientes 2 m y la tercera sección se tomó de este último a los 8 m restantes.

En el sitio de muestreo, la cuerda se colocó en dirección al Norte se colocó lo más recta posible y evitando pisar la línea donde estaba la cuerda. En la primera sección de la cuerda se contabilizaron los combustibles maderables de 1 h, 10 h, 100 h y 1000 h de retardo; en la segunda sección se contabilizaron los combustibles de 100 h y 1000 h de retardo; en la tercera sección solo se contabilizaron los combustibles de 1000 h. Para determinar el tiempo de retardo de cada combustible maderable se utilizó un calibrador marca Trupper<sup>®</sup>, donde se encontraban marcadas las medidas para establecer el rango (Figura 3). Los combustibles de gran magnitud se cortaron a una longitud considerable para ser transportados, de modo que se tomó la parte que cruzó por la cuerda, para posteriormente ser evaluados.



**Figura 3.** Medición de combustibles maderables con calibrador.

### 5.3.2 Muestreo de combustibles superficiales

Para determinar la carga de combustible superficiales, es decir, herbáceas, pastos, arbustos y renuevos, se tomó como medida 1 m<sup>2</sup>, donde se utilizó un cuadro de 1 m x 1 m a base de tubos de PVC (Figura 4), este cuadro se colocó del lado derecho y al inicio de la cuerda que se colocó en el muestreo de intersecciones planares, en dirección al Norte.



**Figura 4.** Cuadro de 1m<sup>2</sup> para la toma de muestras de combustibles superficiales.

Dentro de ese metro cuadrado, se consideró la cobertura (%) que ocupó cada combustible en esa área, se midió marcando cuatro cuadrantes dentro del mismo metro cuadrado, en el que cada cuadrante tenía un valor del 25%, de este modo se fue sumando la cantidad de combustible para determinar el total de cobertura de cada combustible. Así mismo, se tomaron las alturas de al menos cuatro unidades de cada combustible y, en el caso de los arbustos, se tomaron los diámetros mayores y menores con ayuda de un flexómetro marca Pretul®. Todos los combustibles superficiales encontrados dentro de este cuadro se tomaron y colocaron en bolsas de papel previamente etiquetadas, mismas que se separaron por tipo de combustible.

### 5.3.3 Muestreo de combustibles del suelo

Para los combustibles del suelo, se tomaron en cuenta la hojarasca, capa de fermentación y musgo, tomando como medida  $30\text{ cm}^2$  utilizando un cuadro de  $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ , el cual se colocó en sur del cuadrante, lado izquierdo del cuadro de  $1\text{ m}^2$  (Figura 5).



**Figura 5.** Cuadro de  $30\text{ cm}^2$  para el muestreo de combustibles del suelo.



**Figura 6.** Delimitación de la capa de fermentación para su muestreo.

En este cuadro se consideró la cobertura (%) que ocupó cada combustible en el área determinada, del mismo modo se calculó la cobertura de combustibles superficiales descrita anteriormente. También se midió la profundidad de cada combustible con ayuda de un vernier marca Trupper®, para el musgo y la capa de fermentación, no se consideraron datos menores a 1, se colocaron de la siguiente manera  $>1$ . De igual forma se tomaron todos los combustibles del suelo encontrados en bolsas separadas, tomándolos en el siguiente orden: musgo, hojarasca y capa de fermentación, para esta última, si la capa era muy gruesa se delimitó el área de  $30\text{ cm}^2$  (Figura 6) con ayuda de una espátula y se levantó procurando no retirar suelo mineral.

### 5.4 Evaluación

Para obtener la carga de tonelada por hectárea de cada combustible, las muestras recolectadas se sometieron a secado, colocándolas en estufa de secado marca Riossa® a no más de  $80\text{ }^\circ\text{C}$ , por muestra se tomó el peso inicial, hasta que el peso fue constante. Para los combustibles maderables, se marcaron tres puntos (Figura 7) en los que se midieron sus diámetros con ayuda de un vernier marca Trupper® y la longitud se midió con un flexómetro marca Pretul®.



**Figura 7.** Marcado y pesado de combustible maderable.

## 5.5 Análisis de resultados

Para estimar las cargas de los combustibles forestales obtenidos se utilizaron las siguientes fórmulas, basándose en el trabajo de Morfín *et al.* (2012).

*Combustibles maderables con tiempo de retardo de 1 h a 100 h.*

$$C = (k * DB * DCP * f * c) / NL$$

Donde:  $C$ = carga (t/ha),  $k=1.234$ =factor que considera la gravedad específica,  $DB$ = densidad básica ( $\text{kg}/\text{m}^3$  o  $\text{g}/\text{dm}^3$ ),  $DCP$ = diámetro cuadrático promedio,  $f$ =frecuencia de las intersecciones,  $c$ =factor de corrección por pendiente,  $N$ = número de líneas usadas,  $L$ = longitud de las líneas (m).

*Combustibles maderables con tiempo de retardo de 1000 h.*

$$C = \frac{(k)(DB)(\sum DC(c))}{N(L)}$$

Donde:  $C$ = Carga de combustibles (t/ha),  $k=1.234$ ,  $DB$ = densidad básica ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $DC$ = diámetro cuadrático ( $\text{cm}^2$ ),  $c$ = factor de corrección por pendiente,  $N$ = número de líneas,  $L$ = longitud de la línea de muestreo (m).

*Combustibles superficiales*

Los datos obtenidos se vaciaron en una hoja de Excel, considerando las variables de altura promedio de combustible por sitio (m), cobertura ( $\text{m}^2$ ), volumen por sitio ( $\text{m}^3$ ) (altura por cobertura), promedio del volumen ( $\text{m}^3$ ), promedio del peso seco por combustible (kg). Obtenidas estas variables se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(\text{Volumen popr sitio } (\text{m}^3))(\text{Promedio del peso de las muestras } (\text{kg}))}{\text{Promedio del volumen de las muestras } (\text{m}^3)}$$

Posterior a esto se obtuvo la carga fina en t/ha considerado el número de sitios ( $N$ ), carga por sitio y sumatoria del volumen por altura y cobertura. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = \frac{[(10,000)(Carga\ de\ todos\ los\ sitios\ de\ muestreo)]/N}{1,000}$$

Por último, para obtener la carga final, se realizó la conversión de metro cuadrado a hectárea, haciendo una multiplicación por 10000; y para la conversión de kilogramos a toneladas, se hizo una división entre 1000. Esto se aplicó a los combustibles superficiales y del suelo.

## **VI. ACTIVIDADES REALIZADAS**

Durante el Servicio Social se realizaron las siguientes actividades:

1. Búsqueda de información referente a los combustibles forestales.
2. Muestreo de combustibles maderables y superficiales en los sitios de estudio.
3. Caracterización y secado de los combustibles muestreados.
4. Procesamiento e interpretación de los datos obtenidos.

## **VII. OBJETIVOS ALCANZADOS**

Al término del Servicio social se logró:

1. Se determinaron las cargas para cada tipo de combustible forestal: maderable, superficial y del suelo.
2. La caracterización de las muestras tomadas de los combustibles vivos y muertos.

## **VIII. METAS ALCANZADAS**

1. Se tomaron muestras en 78 sitios distintos.
2. Se caracterizaron y evaluaron 479 muestras de combustibles maderables, 72 muestras de combustibles del suelo y 65 muestras de combustibles superficiales.

## IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados a continuación (Cuadro 2 y 3) representan el total de los sitios y número de cada paraje como se esperaba.

Para la carga de combustibles maderables (Cuadro 2), el clasificado de 100 h de tiempo de retardo (TR) fue el que obtuvo mayor carga con 3.10 t/ha, seguido de este se encuentran los de 10 h de TR y los de 1000 h de TR firmes, con 2.28 y 1.69 t/ha respectivamente.

**CUADRO 2.** Carga de combustibles maderables por h (t/ha)

1 h	10h	100h	1000 h	
			Podridos	Firmes
0.94	2.28	3.18	1.69	0.02

En el caso de los combustibles superficiales y del suelo (Cuadro 3), el que obtuvo mayor carga fueron las herbáceas con 11.38 t/ha, posteriormente se encuentran los pastos con carga de 5.58 t/ha, por el contrario, a partir del renuevo, no se obtuvo una carga significativa debido a que, de los sitios muestreados, solo se encontró un individuo. De la clasificación de estos combustibles, la hojarasca fue la que obtuvo mayor carga obteniendo 6.99 t/ha, seguido de la capa de fermentación con 5.42 t/ha.

Las herbáceas, los pastos, la hojarasca y la capa de fermentación fueron los combustibles con mayores cargas en t/ha, a estos también se les conoce como combustibles rápidos, que son aquellos que tienen más facilidad de arder y son afectados por los incendios superficiales y subterráneos, es decir que en caso de que este tipo de incendios ocurra la presencia de estos combustibles favorecen la propagación; la cantidad y posición van a determinar la inflamabilidad y facilidad con que se inicia y dispersa el fuego (Villers, 2006).

**CUADRO 3.** Carga de combustibles superficiales y del suelo por h (t/ha)

Arbustos	Pastos	Herbáceas	Renuevo
4.13	5.58	11.38	0.00
Hojarasca	Capa de fermentación	Musgo	
6.99	5.42	0.08	

De los combustibles muertos, la hojarasca tuvo mayor volumen y mayor densidad, mientras que la capa de fermentación tuvo mayor peso seco y mayor profundidad (Cuadro 4). Estos dos combustibles forman parte de los revivamientos, estos son incendios de requema que se dan debido al calor latente durante el limpiamiento (esto es parte del procedimiento de un incendio y se realiza una vez controlado), cuando hay cargas pesadas de hojarasca y capa de fermentación el fuego debajo de la superficie se mantiene ardiendo, este posteriormente puede salir a la superficie y estallar en llamas (Pereira *et al.*, 2013); es decir se da lugar a un incendio subterráneo el cual se caracteriza por no producir llamas y emitir poco humo (CONAFOR,2010).

En cuanto a los combustibles vivos, las herbáceas tuvieron mayor peso seco y densidad, los pastos tuvieron mayor volumen y altura (Cuadro 4). Cuando el contenido de humedad de un combustible baja puede arder, es decir esta disponible para su combustión, los combustibles vivos su contenido de humedad puede ser de 50% a 300%, en tanto si el contenido de humedad es alto no se produce una combustión (humedad de extinción). El hecho de que exista mucha o poca vegetación en una zona influye en que, si los combustibles son continuos horizontalmente, el fuego se propaga mayormente que cuando hay espacios sin vegetación (Villers, 2006), de acuerdo los resultados obtenidos en los sitios muestreados los combustibles vivos tienen un mayor volumen promedio que los combustibles muertos por lo que podría haber fácil propagación en caso de incendio.

**CUADRO 4.** Caracterización de combustibles muertos y vivos

	<b>Combustible</b>	<b>Volumen promedio (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco promedio (kg)</b>	<b>Densidad (kg/ m<sup>3</sup>)</b>	<b>Profundidad/Altura promedio (m)</b>
<b>Combustibles Muertos</b>	Hojarasca	0.0017	0.370	219.54	0.0319
	Capa de fermentación	0.0060	0.488	81.56	0.067
<b>Combustibles Vivos</b>	Musgo	0.0009	0.007	8.59	0.01
	Herbáceas	0.0534	1.20	22.47	0.164
	Pastos	0.282	0.559	1.98	0.453
	Arbustos	0.1437	0.372	2.588	0.436

De acuerdo con los resultados obtenidos por Caballero *et al.* (2018), donde realizaron dos condiciones de baja y alta densidad, se obtuvieron resultados similares para las cargas de combustibles maderables de 1 h y 10 h en alta densidad, teniendo 0.95 y 3.73 t/ha respectivamente. Se tuvo mayor carga de hojarasca y combustibles vivos, mientras que Caballero *et al.* (2018) obtuvieron 4.7 t/ha de carga de hojarasca en alta densidad, y para pastos, arbustos y herbáceas fueron de 1.05, 1.29 y 0.09 t/ha respectivamente, también en la zona de alta densidad.

Por otro lado, no se logró identificar las áreas con mayor riesgo de incendio, debido a que se requieren datos complementarios, para determinar las zonas exactas que se encuentran en riesgo de incendio por el origen de los combustibles. Además, de la caracterización de combustibles y el tiempo se necesita recopilar datos de topografía, estos incluyen la variación de la inclinación de laderas, la orientación y elevación, conocer estos datos influyen en el contenido de humedad en los combustibles, la radiación solar que reciben, el enfriamiento que puede haber en las noches y la velocidad del viento, todo esto para determinar el comportamiento del fuego, si la propagación será rápida o lenta y en qué dirección puede dirigirse (Villers, 2006).

El sitio de estudio se encuentra al sur del país, de acuerdo con la CONAFOR (2010) la temporada en la que puede haber mayor incidencia de incendio forestal es en el periodo de enero a junio, esto lo respalda el Sistema Meteorológico Nacional (SMN) (s.a.), además, datos registrados en la zona de estudio, del año 1967 a 2017 las temperaturas máximas promedio que se tienen son del periodo mencionado y van de 21.5 a 25.5 °C, en esos años también se registraron temperaturas mayores a 30 °C. Con base en lo anterior se requiere tener mayor atención en los meses de enero a junio y planificar medidas preventivas culturales, implementar capacitación a la comunidad involucrada donde se dé a conocer el valor de los recursos forestales y cómo atenderlos correctamente, colocar letreros informativos o de advertencia alrededor y dentro del área forestal indicando que no se debe fumar, no se debe arrojar basura ni material inflamable u objetos encendidos, no se debe quemar basura en terrenos o patios aledaños, si está permitido hacer una fogata indicar que se debe limpiar el terreno tres metros alrededor de la misma y asegurarse de que al final la fogata está completamente apagada (CENAPRED, s.a.). Otra medida, es la prevención física donde incluyen la eliminación de combustibles acumulados en el suelo, delimitar las zonas de riesgo con brechas cortafuego, asegurarse de que las piletas se mantengan llenas de agua y listas para emergencias, y realizar quemas controladas, estas deben ser temprano, cuando el viento es de baja velocidad, con mayor humedad ambiental y colocando guardarrayas de 2 m de ancho alrededor del terreno donde se realizará la quema (CENAPRED, s.a.).

## **X. CONCLUSIÓN**

Las herbáceas, los pastos, la hojarasca y la capa de fermentación fueron los combustibles con mayores cargas en t/ha, tienen más facilidad de arder y son afectados por los incendios superficiales y subterráneos, en caso de que este tipo de incendios ocurra la presencia de estos combustibles favorecerán su propagación en los parajes Joyas del Gato, Dos Ocotes y la Rosa ubicados en el Volcán Pelado, CDMX.

## **XI. BIBLIOGRAFÍA**

- Brondi, N., Lasso, F. y Espinosa, A. (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. Vol. 19. 78 p. [En línea] [Consultado el 3 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81650062010.pdf>
- Brown, J., Oberheu, R. & Johnston, C. (1982) Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior West. USDA, Forest Service General Technical Report INT 129. 48 p.



- Caballero, P., Santiago, W., Martínez, D., Cruz, O., Pérez, E., y Aguirre, O. (2018) Combustibles forestales y susceptibilidad a incendios de un bosque templado en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Foresta Veracruzana*. Vol. 20. 14-16 p. [En línea] [Consultado el 27 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/497/49757295003/49757295003.pdf>
- CENAPRED (s.a.) Incendios Forestales. [En línea] [Consultado el 31 de agosto de 2020] Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/115.pdf>
- Chávez, A., Xelhuantzi, J., Rubio, E., Villanueva, J., Flores, H. y Mora, C. (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*. Núm. 13. 2591-2592 p. [En línea] [Consultado el 29 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263144472012.pdf>
- CONAFOR (2010) Incendios Forestales: Guía práctica para comunicadores. (3ra. ed.) Comisión Nacional Forestal: Zapopan, Jalisco. 7,9 p. [En línea] [Consultado el 31 de agosto de 2020] Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>
- CONAFOR (2015) Estudio Regional Forestal. UMAFOR 0902. 1, 2, 45 p.[En línea] [Consultado el 29 de septiembre de 2019] Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/856ERF\\_UMAFOR0902.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/856ERF_UMAFOR0902.pdf)
- CONAFOR (2019) Reporte semanal de incendios forestales: Del 01 de enero al 03 de octubre de 2019. [En línea] [Consultado el 5 de octubre de 2019] Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/498597/Reporte\\_del\\_01\\_de\\_enero\\_al\\_03\\_de\\_octubre\\_de\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/498597/Reporte_del_01_de_enero_al_03_de_octubre_de_2019.pdf)
- CONAFRO (2016) San Miguel Topilejo, CDMX, hogar de la vida silvestre. [En línea] [Consultado el 27 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://www.gob.mx/conafor/articulos/san-miguel-topilejo-cdmx-hogar-de-la-vida-silvestre?idiom=es>
- Díaz, E., González, M., Jiménez, J., Treviño, E. y Ávila, D. (2013) Caracterización de combustibles forestales mediante un muestreo directo en plantaciones forestales. USDA, Informe Técnico General PSW-GTR- 245. 427-429 p. [En línea] [Consultado el 29 de septiembre de 2019] Disponible en: [https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw\\_gtr245/es/psw\\_gtr245\\_es.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_es.pdf)
- FORBES (2019) México y el preocupante retroceso del bosque. [En línea] [Consultado el 5 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/mexico-y-el-preocupante-retroceso-del-bosque/>
- Gaytán, S. (2016) Evaluación de la pérdida de vegetación debido a incendios forestales en el suelo de conservación del D.F. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 32, 60, 64 p.[En línea] [Consultado el 18

- de octubre del 2021] Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2016/marzo/0741728/0741728.pdf>
- INAFED (s.a) Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: Tlalpan. [En línea] [Consultado el 27 de septiembre del 2021] Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09012a.html>
  - Morfin, J., Jardel, E., Alvarado, E., y Fuentes, M. (2012). Caracterización y cuantificación de combustibles forestales. Comisión Nacional Forestal-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 13,21 p. [En línea] [Consultado el 29 de septiembre de 2019] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/260591485\\_Caracterizacion\\_y\\_cuantificacion\\_de\\_combustibles\\_forestales](https://www.researchgate.net/publication/260591485_Caracterizacion_y_cuantificacion_de_combustibles_forestales)
  - Pereira, A., Calro, J. y Oliveira, T. (2013) Análisis de la Simulación de un Sistema de Extinción de Incendios Forestales. USDA, Informe Técnico General PSW-GTR- 245. 42, 43 p. [En línea] [Consultado el 29 de septiembre de 2019] Disponible en: [https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw\\_gtr245/es/psw\\_gtr245\\_es.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_es.pdf)
  - Pérez, I. (2019) Ciencia UNAM: Los incendios forestales que afectan a México. [En línea] [Consultado el 18 de octubre del 2021] Disponible en: <http://ciencia.unam.mx/leer/935/los-incendios-forestales-que-afectan-a-mexico>
  - PROFEPA (2020) Importancia de los ecosistemas forestales; especies de los bosques y selvas. [En línea] [Consultado el 29 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://www.gob.mx/profepa/es/articulos/importancia-de-los-ecosistemas-forestales-especies-de-los-bosques-y-selvas?idiom=es>
  - Renteria, J. (2004) Desarrollo de modelos para el control de combustibles en el manejo de ecosistemas forestales en Durango, México. Tesis de Doctorado en Ciencias con Especialidad en manejo de Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 125 p.
  - SEDEMA (2019) Protocolo para la atención de incendios forestales en el suelo de conservación de la Ciudad de México. (1ª. ed.) Secretaría de Medio Ambiente: Ciudad de México, México. 22 p. [En línea] [Consultado el 18 de octubre del 2021] Disponible en: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/protocolo-de-incendios-forestales-1.pdf>
  - SEMARNAT (2016) Corredor Biológico Chichinautzin. [En línea] [Consultado el 27 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/corredor-biologico-chichinautzin>
  - SEMARNAT (2018) Funciones e importancia de los bosques [En línea] [Consultado el 27 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/funciones-e-importancia-de-los-bosques?state=published>
  - SEMARNAT (s.a.) Ecosistemas Terrestres. [En línea] [Consultado el 29 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap2.html>

- SMN (s.a.) Normales climatológicas por estado: Desviación alta al pedregal, Tlalpan. [En línea] [Consultado el 31 de agosto de 2020] Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=df>
- Torres, J. (2004) Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. SEMARNAT y FAO: Roma, Italia. xi, xii p. [En línea] [Consultado el 5 de octubre de 2019] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/308141519\\_Rojo\\_Juan\\_Manuel\\_Torres\\_Estudio\\_de\\_tendencias\\_y\\_perspectivas\\_del\\_sector\\_forestal\\_en\\_America\\_Latina\\_al\\_ano\\_2020\\_informe\\_nacional\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/308141519_Rojo_Juan_Manuel_Torres_Estudio_de_tendencias_y_perspectivas_del_sector_forestal_en_America_Latina_al_ano_2020_informe_nacional_Mexico)
- Velasco, J. y Flores, J. (2011) Estimación de cargas de combustibles forestales, mediante árboles de regresión y el inverso de la distancia al cuadrado (IDW). LACANDONIA. Vol. 5. 161 p. [En línea] [Consultado el 29 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://cuid.unicach.mx/revistas/index.php/lacandonia/article/download/259/239/+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx>
- Villers, M. (2006) Incendios Forestales. CIENCIAS. Núm. 081. 62-65 p. [En línea] [Consultado el 31 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/644/64408110.pdf>