

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Impacto de las Heladas en el Arbolado de *Pinus halepensis* Miller en la
Reforestación de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila

Por:

PAOLA AIDE CEPEDA CARMONA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Impacto de las Heladas en el Arbolado de *Pinus halepensis* Miller en la
Reforestación de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila

Por:

PAOLA AIDE CEPEDA CARMONA

TESIS

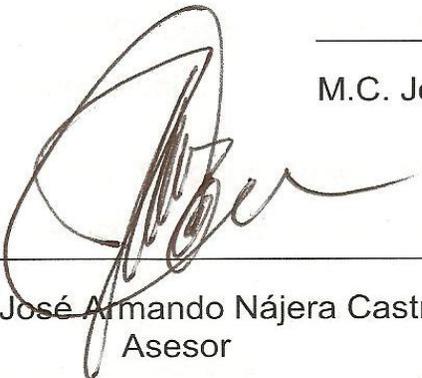
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

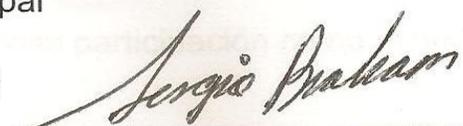
Aprobada:



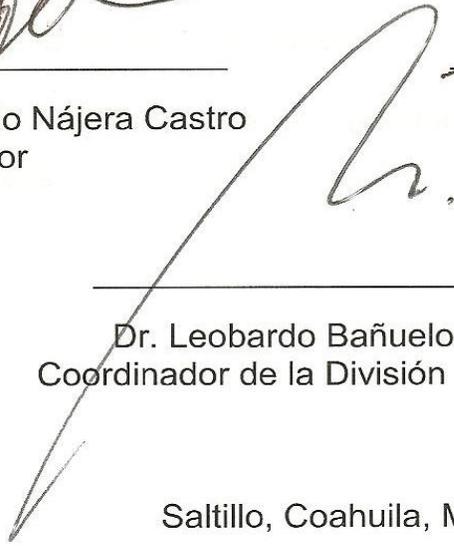
M.C. Jorge David Flores Flores
Asesor Principal



M.C. José Armando Nájera Castro
Asesor



Ing. Sergio Braham Sabag
Asesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2013

Dedicatoria

A mis Padres:

Que me acompañaron en esta aventura que significó la ingeniería, por el apoyo y confianza que depositaron en mí, por guiarme en el buen camino y estar junto a mí para poder finalizar esta etapa tan importante en mi vida.

A una gran persona que conocí en el transcurso de mi carrera Heriberto Cedillo, y que aún sigue apoyándome y alentándome incondicionalmente. Gracias por esos grandes momentos y sobre todo por tu paciencia y consejos cuando los necesite.

A mis grandes amigos que me apoyaron, me alentaron y estuvieron para mí cuando los necesite, con los cuales compartí 5 años de mi vida donde vivimos todo tipo de experiencia alegres, tristes y estresantes y además que los estimo y quiero mucho, Víctor Rivas, Esteban Torres, Valentín Zúñiga, Mirna Cruz, Carmen Zúñiga, jamás olvidare esos momentos de aventura. Les deseo un gran éxito, que se que lo tendrán.

Y a todas aquellas personas que siempre me dieron el ánimo y el apoyo para poder salir adelante.

Agradecimientos

En primera instancia le agradezco a Dios por su bendición y por darme las fuerzas para seguir adelante cuando estuve en los momentos más críticos de mi carrera y hacerme ver que siempre hay solución para los problemas y sobre todo por haberme permitido lograr un propósito más en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas de esta institución y haber logrado satisfactoriamente mis estudios y poder así desarrollarme profesionalmente.

El presente trabajo es un gran esfuerzo en el cual, participaron varias personas las cuales directa o indirectamente dieron su punto de vista.

Quisiera poner mi más sincero agradecimiento al M.C. Jorge David Flores Flores por haberme impulsado a la elaboración de esta tesis y sobre todo por haber confiado en mi persona, por la paciencia, dedicación y dirección de este trabajo.

Al M.C. José Armando Nájera Castro por su colaboración y apoyo para dirigir este trabajo.

Al Ing. Sergio Braham Sabag por su valiosa participación como miembro del jurado, así como en la revisión del trabajo.

A todos los maestros que me brindaron su apoyo y consejos para mi formación profesional.

RESUMEN

En Coahuila las plantaciones forestales inician desde 1960, siendo la más destacada la Sierra de Zapalinamé, establecida con el objetivo de recuperar la cubierta de masas boscosas; lamentablemente esta ha sufrido una serie de disturbios ecológicos que han afectado el desarrollo potencial de los arboles, principalmente de *Pinus halepensis* Miller. En febrero del 2011 en la región se presentaron condiciones climáticas extremas donde las temperaturas alcanzaron hasta -14°C afectando a una diversidad de especies arbóreas sin que se haya hecho un registro técnico del impacto de este fenómeno y de las consecuencias que se pudieran estar presentado a dos año del fenómeno ocurrido. Con la finalidad de evaluar el impacto de las heladas y la condición de salud en el arbolado de *Pinus halepensis* Miller, se realizó un muestreo en la Reforestación de Zapalinamé en un área de 260.2 ha. El estudio revela que de una muestra total de 266 individuos obtenidos de los sitios de muestreo, el 7.5% se encuentra muerto., el 33.8% y 30.8% se encuentran en las categorías de daño leve y moderado respectivamente, lo cual implica que son las categorías en donde se ubican la gran mayoría del arbolado afectado. El 14.7% tiene daños fuertes y se reporta que solo el 13.2% se encuentra sin daños o sano. Con el mapa de distribución espacial se logro establecer las áreas más afectadas dentro de la reforestación.

Es importante señalar que tanto el arbolado de las categorías de daños leve y moderado, deben ser sometidos a podas de saneamiento.

Palabras clave: Sierra Zapalinamé, *Pinus halepensis* Miller, heladas y condición de salud.

ABSTRACT

In Coahuila forest plantations started from 1960, being the most prominent Sierra de Zapalinamé, established with the aim of recovering woodlands cover, unfortunately this has suffered a series of ecological disturbances that have affected the development potential of trees, mainly *Pinus halepensis* Miller. In February 2011 in the region were presented extreme weather conditions where temperatures reached up to -14°C to affect tree species diversity without having made a technical record of the impact of this phenomenon and the consequences that may be presented to two years the phenomenon occurred. In order to assess the impact of frost and health condition in the trees of *Pinus halepensis* Miller, sampling was conducted in Zapalinamé Reforestation in an area of 260.2 ha. The study reveals that of a total sample of 266 individuals obtained from the sampling sites, 7.5% is found dead., 33.8%, and 30.8% are in the categories of mild and moderate damage respectively, which implies that they are the categories in which houses the vast majority of affected trees. The 14.7% have severe damage and reported that only 13.2% are without damage or healthy. With the spatial distribution map was achieved establish the most affected areas in reforestation.

It is important to note that both the trees of the categories mild and moderate damage, pruning should undergo sanitation.

Keywords: Sierra Zapalinamé, *Pinus halepensis* Miller, frost and health condition.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
1.1 Importancia del estudio	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades sobre las heladas	3
2.2 Heladas y granizadas en la Región Sur de Coahuila	5
2.3 Descripción general del <i>Pinus halepensis</i> Miller.....	7
2.3.1 Distribución geográfica.....	8
2.3.2 Características del lugar de procedencia de <i>Pinus halepensis</i> Miller.....	8
2.3.3 Distribución de plantaciones con <i>Pinus halepensis</i> Miller en México.....	10
2.3.4 Requerimientos ambientales de la especie	10
2.4 Factores que afectan la salud de <i>Pinus halepensis</i> Miller	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Descripción del área de estudio	16
Ubicación	16

Clima.....	16
Edafología	16
Vegetación Nativa	17
Vegetación utilizada en la reforestación.....	17
Hidrología.....	17
3.2 Procedimiento del estudio	17
Forma y tamaño de los sitios de muestreo.....	17
Intensidad de muestreo.....	18
Tamaño de la muestra	19
Distribución de la muestra.....	19
Levantamiento de datos	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
V. CONCLUSIONES.....	32
VI. RECOMENDACIONES	34
VII. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de heladas ocurridas en el estado de Coahuila en los últimos 26 años.....	6
Cuadro 2. Variación de las temperaturas extremas en los últimos 11 años. 7	
Cuadro 3. Registro de temperaturas del AMM.....	13
Cuadro 4. Escala Likert propuesta por Sampieri <i>et al.</i> , 1991, para evaluar el impacto de las heladas en el arbolado de la Reforestación de Zapalinamé.	21
Cuadro 5. Total de arboles afectados por las heladas del 2011 según la categoría de daño en 47 sitios muestreados de la Reforestación de Zapalinamé.....	23
Cuadro 6. Estimación del número de individuos dañados en toda la superficie (260.2 ha) del área del estudio.....	24
Cuadro 7. Número de Individuos afectados de acuerdo a la altura.	25
Cuadro 8. Número de individuos afectados de acuerdo al diámetro normal.....	27
Cuadro 9. Número de individuos afectados de acuerdo al diámetro de copa del arbolado.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los sitios de muestreo.	18
Figura 2. Representación grafica para valorar el daño ocasionado por las heladas en <i>P. halepensis</i> de la reforestación de Zapalinamé, según el sistema de clasificación de cuatro categorías (Hawksworth, 1956), citado por Carrillo et al. 1980, modificado para este estudio	22
Figura 3. Grado de daño del arbolado	22
Figura 4. Número de individuos dañados respecto a la altura.	26
Figura 5. Número de individuos dañados respecto al diámetro normal.	27
Figura 6. Número de individuos dañados respecto al diámetro de copa. ...	28
Figura 7. Demostración grafica de la función de la barrera para desviar el viento y disminuir la velocidad del impacto hacia el arbolado.....	29
Figura 8. Mapa de distribución espacial del arbolado de <i>Pinus halepensis</i> Miller afectado por las heladas dentro del área de estudio.....	30

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

Las reforestaciones forestales son el medio por el cual se regeneran los bosques y son la alternativa técnica más importante para la restauración de suelos y el futuro del abastecimiento forestal en México. Con ello se pretende incorporar tierras a la producción, proteger la biodiversidad y regenerar la estética del paisaje (Gutiérrez, 1989).

En Coahuila las plantaciones forestales inician desde 1960 siendo la más destacada la Sierra de Zapalinamé, la cual representa para la sociedad Saltilense, una importante fuente de recreación y ecoturismo pero por otra parte genera el abrigo de la flora y fauna existente en esa región y al mismo tiempo impulsa la retención del suelo y la captura de carbono (Flores, 2001).

La Reforestación de Zapalinamé fue establecida con el objetivo de recuperar la cubierta de masas boscosas de esta área la cual predominaba con la especie de *Pinus cembroides*, ya que estas fueron desapareciendo con el tiempo debido principalmente a la sobreutilización del recurso y a un pastoreo excesivo, ocasionando altos grados de erosión en el área (Oviedo, 1980).

Cuando ésta se establece se llevó a cabo en ocho etapas diferentes abarcando un periodo desde los años de 1960 hasta 1977, obteniendo así 927 ha cubiertas con las siguientes especies: *Pinus halepensis*, *Pinus cembroides*, *Pinus ayacahuite*, *Cupressus sempervirens*, *Cupressus arizonica*, *Ligustrum japonicum*, *Melia azederach*, *Fraxinus sp*, *Agave sp*, siendo en su mayoría individuos de *Pinus halepensis* (Oviedo, 1980).

Lamentablemente esta reforestación ha sufrido una serie de disturbios ecológicos que han afectado el desarrollo potencial de los arboles ahí presentes,

principalmente los de *Pinus halepensis* Miller, que aunado a que se trata de una especie exótica esto agrava posiblemente su condición de salud. Por ejemplo se tiene registrado que entre los años 1999 y 2000 hubo un problema de sequía y ataque de patógenos que mato cerca de 20,000 árboles de *Pinus halepensis* Miller en esta plantación y áreas aledañas (Flores, 2001).

En febrero del 2011, en esta región se presentaron condiciones climáticas extremas donde las temperaturas alcanzaron cifras de hasta -17°C (CONAGUA, 2013), afectando a una gran diversidad de especies arbóreas sin que se haya hecho un registro técnico del impacto de este fenómeno y de las consecuencias que se pudieran estar presentado a dos año del fenómeno ocurrido. Ante tal situación se plantea el presente trabajo con los objetivos siguientes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Contribuir a la conservación y buen funcionamiento ecofisiológico de la Reforestación de Zapalinamé.

1.2.2 Objetivos Específicos

1.- Evaluar el impacto fisiológico de las heladas en el arbolado de *Pinus halepensis* Miller en la reforestación de Zapalinamé.

2.- Evaluar la condición de salud en que se encuentra el arbolado de *Pinus halepensis* Miller en dicha reforestación.

1.3 Hipótesis

Ho: A la fecha no se presentan árboles afectados por las heladas del 2011.

Ha: Si existen árboles afectados por las heladas del 2011.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades sobre las heladas

Una “helada” es la ocurrencia de una temperatura del aire de 0 °C o inferior, medida a una altura de entre 1.25 y 2.0 m por encima del nivel del suelo, dentro de una garita meteorológica adecuada. El agua dentro de las plantas puede que se congele o no durante un evento de helada, dependiendo de varios factores que estas puedan evitar. Una “congelación” ocurre cuando el agua extracelular dentro de la planta se congela (cambia de líquido a hielo). Esto puede o no dañar el tejido de la planta, según los factores de tolerancia (como el contenido de solutos en las células) (FAO, 2010).

Existen diferentes tipos de heladas que de acuerdo a su origen se clasifican en la siguiente forma:

Heladas de advección: es referido al transporte horizontal en superficie de propiedades como temperatura, presión y humedad. Se presentan en una región cuando ésta es "invadida" por una masa de aire frío cuya temperatura es inferior a 0°C. Este tipo de heladas se caracteriza por la presencia de vientos con velocidades iguales o superiores a los 15 km/h y el gradiente de temperatura (variación de la temperatura con la altura) es negativo, sin inversión térmica. Las áreas afectadas son extensas y la nubosidad no influye sobre la temperatura, que experimenta variaciones con el paso de las horas.

Heladas de radiación: Se producen por el enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera y de los cuerpos que en ellas se encuentran debido a la pérdida de calor terrestre por irradiación durante la noche. Se produce una estratificación del aire en donde las capas más bajas son más frías y las capas más altas son más cálidas (inversión térmica). Este tipo de heladas se produce en condiciones de viento calmo o escaso, ya que la ausencia de viento impide mezclar estas

capas, y además, con cielo despejado que permite una mayor pérdida de calor desde la superficie terrestre. La pérdida de calor es mayor cuando las noches comienzan a ser más largas y el contenido de humedad del aire es menor. En los suelos cubiertos de vegetación y en el fondo de los valles es más probable que se den este tipo de heladas. En el caso de la cubierta vegetal, esta actúa como aislante entre el suelo y la atmósfera, evitando que el calor del suelo se transmita con rapidez al aire. Además disminuye la acumulación de calor en el suelo al impedir el ingreso de la radiación solar. El relieve del suelo, por sus diversos accidentes, determina la dirección e intensidad del flujo de aire frío nocturno. Si el suelo tiene pendiente, el aire frío (más denso) buscará niveles más bajos, donde se estacionará y continuará enfriándose. Es por ello que el fondo de los valles es un lugar propicio para la formación de heladas.

Heladas de evaporación: Estas se deben a la evaporación de agua líquida desde la superficie vegetal. Suele ocurrir cuando, debido a la disminución de la humedad relativa atmosférica, el rocío formado sobre las plantas se evapora. El paso de agua líquida a su estado gaseoso requiere calor. Ese calor lo aporta la planta con su consiguiente enfriamiento. (Olcina, 1994)

Heladas mixtas: Se denominan de este modo a aquellas heladas que se producen simultáneamente por el vuelco de aire frío y la pérdida de calor del suelo por irradiación.

De acuerdo a los efectos visuales que este fenómeno causa:

Heladas blancas: se produce cuando la temperatura desciende por debajo de 0°C y se forma hielo sobre la superficie de las plantas. Este tipo de heladas se produce con masas de aire húmedo. Además el viento calmo y los cielos despejados favorecen su formación.

Heladas negras: En la helada negra el descenso por debajo de 0°C no va acompañado de formación de hielo. Su designación responde a la visualización de la coloración negra que adquieren algunos órganos vegetales debido a la destrucción causada por el frío. Este tipo de heladas se produce cuando la masa de aire es seca. El cielo cubierto o semicubierto o la turbulencia en capas bajas de la atmósfera favorecen la formación de este tipo de heladas (Matías *et al.* 2001).

2.2 Heladas y granizadas en la Región Sur de Coahuila

En Coahuila prevalecen los climas secos y extremos, lo que hace que la incidencia de heladas y granizadas sea moderada o a veces alta., incluso en un mismo día que durante la mañana sea muy fresca después del medio día se torna extremadamente caluroso y viceversa las mañanas muy cálidas, por la tarde se torna frías.

La frecuencia con que ocurren las heladas en invierno y primavera está en relación con el tipo de clima. En los terrenos que presentan climas del grupo de los secos (semisecos, secos y muy secos), y todos semicálidos, hiela un promedio de 20 días al año; y en los lugares que presentan climas secos templados, las heladas se manifiestan entre 20 a 40 días al año.

En las zonas más altas de las sierras se observan climas templados subhúmedos; la frecuencia de heladas anualmente es de 60 y en las cumbres semifrías las rebasa.

Las granizadas, en cambio, muestran una frecuencia muy baja en la totalidad del estado, ya que anualmente no rebasan el promedio de dos por año, pero en la parte montañosa del sur de Coahuila el promedio es de cuatro. (INEGI, 1982).

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua se han registrado datos de heladas históricas promedio donde se puede observar el comportamiento de este factor, como se muestra en la Cuadro. 1 y 2, las cuales fueron obtenidas en el observatorio que se encuentra situado dentro de las instalaciones de la UAAAN. Y como se puede observar a partir del 2002 se incrementa notoriamente el número de heladas, destacando evidentemente la ocurrida en febrero de 2011, la que llegó hasta -17° C bajo cero en algunos lugares de la sierra de Zapalinamé (CONAGUA, 2013).

Cuadro 1. Número de heladas ocurridas en el estado de Coahuila en los últimos 26 años.

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	9	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3
1988	7	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2
1989	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	11
1990	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
1991	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	5	4
1992	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1
1993	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	2
1994	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1995	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	5
1996	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	5
1997	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
1998	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1999	11	5	2	1	0	0	0	0	0	3	9	17
2000	4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	9	4	1	1	0	0	0	0	0	0	3	13
2003	13	8	8	0	0	0	0	0	0	0	2	14
2004	14	13	5	0	0	0	0	0	0	0	6	10
2005	11	4	3	1	0	0	0	0	0	2	3	13
2006	13	14	0	1	0	0	0	0	0	0	4	12
2007	7	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	7
2008	12	6	3	0	0	0	0	0	0	0	6	15
2009	16	6	2	0	0	0	0	0	0	4	4	3
2010	12	3	5	0	0	0	0	0	0	0	2	7
2011	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	6	7
2012	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4

Cuadro 2. Variación de las temperaturas extremas en los últimos 11 años.

Temperaturas		
Años	Mínimas	Máximas
2000	-3.3	35.2
2001	-5.4	35
2002	-5.5	37.1
2003	-4	38
2004	-6.6	36.5
2005	-1.8	36
2006	-5.8	34.5
2007	-5.5	36
2008	-7	35
2009	-4	35
2010	-8.5	35.5
2011	-14.4	41.5

Fuente. Departamento de hidrología y climatología de la UAAAN.

2.3 Descripción general del *Pinus halepensis* Miller

Este pino es conocido como pino alepo o carrasco el cual es un árbol perennifolio de la familia de las pináceas que puede llegar a los 20 m de altura o bien poder rebasarlos.

Cuenta con una copa clara y de poco follaje, con un tronco recto, cuando este es joven es liso pero cuando es viejo es retorcido e inclinado con una corteza de color gris plateado. Sus acículas fasciculadas en grupos de dos, finas de menos de 1 mm de grosor, de 6-10 cm de longitud de color verde claro. Conos cónicos, pedunculados, de 6-12 cm de longitud, con escamas aplastadas y umbo poco saliente; son de color marrón brillante y persisten varios años sobre el árbol. (Villareal *et al*, 2009).

2.3.1 Distribución geográfica

Ocupa grandes extensiones al oeste del Mediterráneo (España, Francia, Italia, Croacia, Abania, Grecia, Marruecos, Argelia, Túnez, Libia y Malta). Se le puede encontrar formando pequeñas poblaciones, tanto naturales como artificiales, al este del Mediterráneo. La superficie total ocupada se estima en 3.5 millones de ha (Fady, B. *et al.*, 2008).

2.3.2 Características del lugar de procedencia de *Pinus halepensis* Miller

El clima se caracteriza por veranos secos y cálidos e inviernos húmedos y frescos, pero es sabido también que tiene un carácter caprichoso, con repentinos aguaceros torrenciales o episodios de vientos fuertes (por ejemplo, el siroco, el mistral) en distintos momentos del año. Estas condiciones climáticas ejercen un efecto profundo en la vegetación y la vida silvestre de la región.

Otro rasgo distintivo de la región es su asociación desde hace mucho tiempo con el hombre, quien ha dejado su huella en gran parte del paisaje. El omnipresente matorral mediterráneo, por ejemplo, con su profusión de flores y plantas aromáticas, es el resultado directo de siglos de actividades inducidas por los seres humanos, como los incendios forestales, los desbroces, el pastoreo y el cultivo.

Debido a que la intervención humana tiende a ser muy localizada, el matorral mediterráneo se ha convertido en un mosaico dinámico de hábitats, complejo e intricado, que experimenta un ciclo regular de degradación y regeneración. La complejidad de su estructura vegetal también explica por que estas áreas son tan excepcionalmente ricas en especies silvestres, sobre todo de plantas e insectos.

Aunque el matorral mediterráneo sea representativo de la región, no es de ningún modo el único hábitat rico en especies. Muchas zonas todavía están ocupadas por grandes extensiones de bosques naturales, prácticamente vírgenes, que se mantienen relativamente al margen de la influencia humana (Benitez *et al*, 2012).

La mayor parte de la región de tipo mediterráneo está marcada por sistemas orogénicos relativamente jóvenes con montañas altas, agudas, plegadas y quebradas, y elevaciones que se alzan cerca de la costa. Estas son muy fragmentadas, complejas y parcialmente inestables, con muchos taludes escarpados y suelos rocosos poco profundos. En consecuencia, son muy vulnerables a la erosión en placas y hondonadas si su protección natural de vegetación es desnudada y el manto de su suelo poco profundo es expuesto a la desecación en el verano seco y a las lluvias torrenciales en invierno.

Los suelos en las regiones mediterráneas tienen algunos rasgos comunes: los suelos de las tierras altas son poco profundos en general y presentan una fuerte relación con las rocas madres de las que derivaron. En los valles la gran profundidad de los depósitos aluvionales se ha acumulado en las bajas elevaciones.

Aunque el suelo es en general poco profundo, hay suelos de profundidad media, dependiendo de las localidades. Por otro lado, la fertilidad del suelo no es atribuible a los 20-30 cm de profundidad de los suelos superficiales en tierras kársticas (calcáreas). Lo que es más importante, muchas fisuras entre los bloques de piedra caliza contienen suelo fino, lo que da lugar a un suelo fisiológicamente profundo. Por otra parte, algunas de las tierras agrícolas excedentes abandonadas en la cuenca del Mediterráneo también incluyen suelos profundos.

Resulta evidente la mínima evolución de los paisajes de suelos mediterráneos, donde abundan los suelos desarrollados (Leptosoles y Regosoles) o de escaso desarrollo (Cambisoles, Calcisoles) y los afloramientos rocosos desprovistos de este recurso. A causa de la naturaleza de los materiales parentales, resulta lógica la gran abundancia de los suelos carbonatados. Muchos suelos, a consecuencia de la naturaleza del clima, son de color rojizo, dando lugar al mito de “los suelos rojos mediterráneos”. Cabe resaltar la relativa abundancia de los Luvisoles crómicos (Natura, 2000).

2.3.3 Distribución de plantaciones con *Pinus halepensis* Miller en México

Las plantaciones con *Pinus halepensis* Miller inicio con una distribución muy restringida al norte de México (Chihuahua y Coahuila) en la década de los 60's, pero actualmente se encuentra en diferentes estados de la República principalmente en las áreas de zonas semiáridas y de precipitación moderada (Aguilera, 2001).

2.3.4 Requerimientos ambientales de la especie

Entre otras cualidades que presenta esta especie es que tiene una gran capacidad de adaptación a diversos climas y suelos, se adapta a zonas secas (aun en sitios que solamente tienen 250mm de precipitación anual), donde hay hasta ocho meses de sequía. Esta especie tiene la capacidad de soportar altas temperaturas y a la vez ser resistente a bajas. (Aguilera, 2001).

El alepo se puede desarrollar exitosamente en altitudes que van desde el nivel del mar hasta 2200 msnm, en suelos de textura arenoso franco arenoso, poco profundo y con buen drenaje, las características físicas deben ser terrenos secos, en campos de sierra, y rocosos.

Los requerimientos químicos que esta especie requiere son pocas ya que son escasamente fértiles con subsuelo calcáreo, y la temperatura media anual donde se desarrolla es de 15° a 20°C, con mínimas de 2° a 14°C y máximas de 24° a 34°C.

2.4 Factores que afectan la salud de *Pinus halepensis* Miller

El pino alepo al igual que cualquier otro recurso forestal su salud se ve amenazada por factores bióticos y abióticos e incluso por el mal manejo silvícola, por lo que a continuación se analizan las principales causas que se reportan que afectan a esta especie.

Nickle *et al.* (2008), reportan en España la enfermedad del Nematodo de los Pinos (*Bursaphelenchus xylophilus*), afecta principalmente a coníferas, los ataques más graves se producen en unas pocas especies del género *Pinus* como *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus pinaster* siendo menos susceptibles *Pinus halepensis* y *Pinus radiata*.

El nematodo de los pinos se trata de una enfermedad que puede alcanzar proporciones epidémicas. La transmisión no pasa directamente de árbol a árbol sino que necesita ser transmitida por insectos vectores y coleópteros.

Agregan los mismos autores que los primeros síntomas no son apreciables a simple vista y consisten en la reducción e interrupción del desarrollo de la emisión de resina y de la transpiración. Posteriormente y debido a la interrupción de esta transpiración se produce el marchitamiento y amarillamiento de las hojas por ramillos a los 30 días de la infestación. Aparecen como fogonazos fundamentalmente en el tercio superior de la copa para finalmente secarse la copa entera lo que conlleva la muerte del árbol.

Por su parte Monreal y Serrano (2000), mencionan que ciertas poblaciones de *Pinus halepensis* Miller han sufrido ataques de importancia en los últimos años por parte de escolitidos, los cuales son coleópteros polífagos que atacan principalmente a los árboles que se encuentran debilitados.

De igual forma Cháves (2002), revela la existencia de patógenos que están ocasionando la muerte del *Pinus halepensis* Miller en la zona de la reforestación de Zapalinamé, los cuales afectan principalmente las raíces (*Dematophora sp*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Verticillium sp*, *Monilia sp* y *Agrobacterium tumefaciens*), agujas y ramas (*Pestalotia sp*, *Aposphaeria sp*, *Alternaria sp* y *Fusarium subglutinans*) de los árboles.

Por otra parte se señala que el incremento de eventos climáticos extremos provocados por el cambio climático ponen en peligro los bancos de semillas de los bosques mediterráneos, lo que implica una pérdida de fertilidad importante en los árboles y otros efectos colaterales, como las dificultades de los bosques para recuperarse después de los incendios, o la falta de una fuente de alimento clave para otras especies.

Un ejemplo de cómo afecta la sequía extrema en la pérdida de fertilidad de los bosques mediterráneos es el pino carrasco (*Pinus halepensis*). Los resultados de CLIMACORN publicados en la revista científica "Oikos", evidencian una relación directa entre la sequía extrema y la pérdida de fertilidad de los pinos. "Los períodos de sequía extrema provocan a corto y medio plazo una pérdida de producción de piñas, el aborto de piñas inmaduras, la pérdida de calidad de las semillas y la apertura de las piñas antes de tiempo." Así, todos estos factores hicieron que la sequía del año 2005 disminuyera en más de un 50% el número de piñones almacenados en los pinos. Si un año después se hubiera producido un incendio, la regeneración natural habría sido muy difícil. (http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2011/12/07/205524.ph).

En este mismo sentido Rosales *et al.* (2007), realizaron un estudio de los agentes asociados a la declinación y muerte de encinos, el cual tuvo como objetivo identificar y determinar el papel de los factores bióticos y abióticos que influyen en esto.

El estudio se llevó a cabo en cinco estados de la República Mexicana: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco y Nayarit. Para tal fin se establecieron dos sitios de muestreo permanentes de 0.1 ha dentro de cada área representativa en cada Estado considerando las siguientes observaciones: sitios con alta mortalidad, sitios con muerte regresiva y sitios con árboles que tienen presencia de canchales y exudado en el tronco.

Entre los abióticos se destacaron los daños ocasionados por las bajas temperaturas, falta de agua y fuego y se observó que a consecuencia de esto considerando las bajas temperaturas se presentaron canchales (rajaduras) en cuatro sitios. La afectación en Aguascalientes fue del 52% y en Guanajuato del 24%.

En el área metropolitana de Monterrey, N.L (AMM), Alanís (2011) observó el efecto de las heladas en el arbolado urbano registrado en Febrero de 2011 con duración de 3 días (2-4), donde se registraron las siguientes temperaturas:

Cuadro 3. Registro de temperaturas del AMM.

2011	Febrero	Miércoles 2	Jueves 3	Viernes 4
Máxima		3°C	0°C	11°C
Mínima		-2°C	-4°C	-5°C

En dicho estudio se registraron temperaturas bajo cero (heladas y congelación), los tejidos de las plantas se congelaron, afectando desmedidamente la biomasa arbórea de las especies ornamentales del AMM, siendo así una

pérdida de alrededor de 50,000 individuos (árboles) en base a este fenómeno meteorológico que se presentó, se observó el gran desastre ambiental, un paisaje muy deteriorado, carente de biomasa aérea que perjudica los servicios ambientales y trae como consecuencia una problemática ambiental en el AMM.

Por otra parte Ramírez *et al.* (2010) realizaron un estudio con el fin de mejorar la resistencia a bajas temperaturas., se realizó un estudio donde se aplicaron diferentes concentraciones de Nitrato de Potasio en plantas de vivero de 13 meses de edad de *Pinus hartwegii* Lindl. Para este estudio se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron cinco aplicaciones complementarias de 180, 150 y 114 ppm K. y se colocaron 16 brinzales en una cámara de ambiente controlado donde se simuló una helada de -5°C por 2hrs.

En este estudio se encontró que el testigo con menos potasio que en la parte de tallo y raíz- follaje el daño por el frío osciló entre el 50% y 73%. Y los menos afectados resultaron ser a las que se les aplicó más potasio con 19% y 27% de daño. Con esto se concluye que la fertilización con potasio, confiere más resistencia ante bajas temperaturas a los brinzales de *Pinus hartwegii*.

Flores *et al.* (2012), realizaron un estudio en el arbolado de la zona urbana y conurbada de Saltillo, Coahuila para evaluar la afectación de las heladas del invierno del 2011 y los resultados revelan que de una muestra total de 7,008 individuos tomados al azar, se obtuvieron los siguientes resultados sobre los efectos de las heladas de acuerdo a la categoría de daño.

Agregan los autores que el 17.6% estaban muertos; 33.2% presentaron daños fuertes con presencia de ramas muertas; un 17.9% del arbolado presentaban daños moderados que ya están recuperados y el 31.3% de los árboles no tuvieron ningún daño presente.

En este estudio se concluye que las especies más afectadas fueron el pino alepo (*Pinus halepensis*), el pirúl (*Schinus molle*), el fresno (*Fraxinus* sp), y el ciprés (*Cupressus sempervirens*). Estas especies presentaron el mayor número de árboles muertos y con categorías de daños fuertes y moderados.

Por su parte Aguilón *et al.* (2012), realizaron otro estudio en la ciudad de Saltillo para observar el efecto de la onda gélida en el arbolado de la ciudad; se realizaron recorridos en diferentes sitios de la ciudad, donde se registraron los daños en el follaje y en la corteza de los individuos. Destacando que las especies introducidas de *Eucalyptus* sp y *Schinus* sp fueron las más severamente afectadas del grupo de latifoliadas, mientras que en el grupo de coníferas ninguna especie fue dañada, y finalmente en las palmas solo los pocos individuos de *Roystonea regia* “palma real” y *Syagrusromanzoffia* “palma cocos plumosa” fueron dañados en su totalidad.

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una superficie de 260.2 ha que se encuentra situada dentro del área de la Reforestación Zapalinamé, perteneciente al municipio de Saltillo, Coahuila.

Ubicación

La Reforestación se ubica en las coordenadas geográficas 25° 20.1' 05'' latitud norte y 101° 01.7' 32'' longitud oeste.

Clima

El clima de esta región corresponde al clima tipo BS_{ohw} , caracterizado principalmente por ser árido-semicalido con temperaturas entre 18°C y 22°C, la temperatura del mes más frío es menor a 18°C y la temperatura del mes más caliente rebasa los 22°C. Con lluvias en verano y un porcentaje de lluvias invernales del 5% al 10.2% del total anual; la precipitación media anual esta en un rango de 125-400mm.

El rango de las heladas para esta área o región del estado se encuentra entre los 20 a 40 días en promedio por año (INEGI, 2001).

Edafología

La unidad de suelo a la que pertenece es Calcisol (Ci), este tipo de suelos se distinguen por presentar una capa de "caliche" a menos de un metro de profundidad, una gran cantidad de calcio y, a menudo, una capa ócrica, característica que los convierte en suelos secos e infértiles (SEMARNAT, 2002).

Vegetación Nativa

De acuerdo a INEGI (2001), Predomina la vegetación de bosque de pino y la de matorral rosetófilo.

Vegetación utilizada en la reforestación

El *Pinus halepensis* Miller, seguido de el *P. cembroides*, y además algunos ejemplares de *Cupressus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. pinceana* y *Juniperus flávida*. Existen también varias especies de matorral y pastizales (Oviedo, 1980).

Hidrología

El área de estudio se localiza en la región hidrológica denominada Río Salado (RH37) con un porcentaje del 3.15% de la superficie del estado (INEGI, 1982).

3.2 Procedimiento del estudio

Forma y tamaño de los sitios de muestreo

Se utilizó el método de muestreo aleatorio-sistemático, donde la muestra o punto inicial es aleatorio y las demás muestras se escogieron de acuerdo con un patrón pre especificado. Se procedió a evaluar la población del presente estudio, es decir se evaluó una fracción de la población de la Reforestación para obtener información de campo que permitiera expresar la condición del arbolado.

Para el presente trabajo se utilizaron sitios de muestreo de dimensiones fijas de forma circular, con un tamaño de 1000m^2 ($r=17.84$ m).

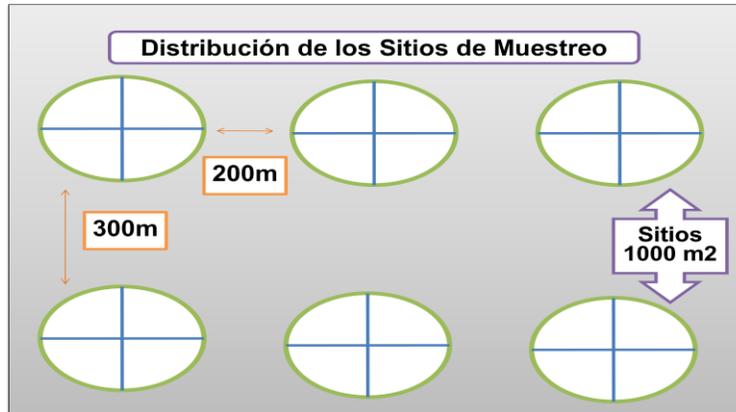


Figura 1. Distribución de los sitios de muestreo.

Los sitios de muestreo se distribuyeron de manera sistemática en la población de *Pinus halepensis* Miller, a una distancia de 200 m entre sitio de muestreo y 300 m entre hilera de sitios.

Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo suele llamarse también proporción de muestreo, se expresa en porcentaje y se calcula a partir de la fracción de muestreo como se muestra a continuación (Marina, 1999):

$$f = \frac{n}{N} \times 100$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población

Sustituyendo

$$f = \frac{47}{2602} \times 100 = 1.8\%$$

Con esta intensidad de muestreo se esta dentro de los márgenes recomendados (CONAFOR, 2010).

Tamaño de la muestra

Para la determinación del tamaño de muestra se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{(IM)(A)}{Ts}$$

Donde:

IM: intensidad de muestreo

A: superficie del rodal

Ts: tamaño del sitio del muestreo

Sustituyendo:

$$n = \frac{(0.018)(260.2)}{0.1} = 46.83 \simeq 47$$

Distribución de la muestra

Tomando como base la imagen de Google Earth y utilizando una malla de puntos en el programa Oxi Explorer, se ubicaron los puntos de muestreo bajo la siguiente formula:

$$DL = \frac{Ts}{(Ds)(IM)}$$

Sustituyendo:

$$DL = \frac{1000}{(200)(0.018)} = 277.77 \simeq 300m$$

Es importante aclarar que no se muestreó la parte cubierta con *Pinus cembroides* ni las partes desprovistas de vegetación, ni aquellas partes altas por la inaccesibilidad de los sitios, motivo por el cual no suma la superficie total reportada por Oviedo (1988).

Levantamiento de datos

Se utilizó una brigada la cual estuvo compuesta por tres personas para realizar los muestreos de campo, la cual iba equipada con un mapa de los sitios de muestreo, un GPS que incluía los sitios de muestreo, cuerda (17.84m), cinta métrica y diamétrica, pistola Haga y hojas de registro.

En cada sitio muestreado se evaluaron las siguientes variables de todo el arbolado existente:

1.- Medidas dasométricas (Altura, diámetro normal, diámetro de copa y la edad fenológica).

2.- Estimación del grado de daño

Para las medidas dasométricas la altura fue obtenida con la utilización de la pistola Haga, el diámetro normal se midió con la cinta diamétrica, la edad fenológica se designó como: Joven, adulto y sobremaduro; finalmente el diámetro de copa se midió con el auxilio de una cinta métrica.

Para estimar grado de daño por heladas se midió de acuerdo a la escala de Likert propuesta por Sampieri *et al.* (1991) y modificada para este estudio, la cual estima en forma cualitativa y cuantitativa el impacto de daño.

Cuadro 4. Escala Likert propuesta por Sampieri *et al.*, 1991, para evaluar el impacto de las heladas en el arbolado de la Reforestación de Zapalinamé.

Grado de Daño	Nivel de Condición	% de Follaje Afectado
0	Sin daño	0%
1	Daño poco visible	25%
2	Daño visible	50%
3	Daño muy visible	75%
4	Muerto	100%

En el Cuadro 4, se muestra la escala Likert propuesta por Sampieri *et al.* (1991) de cuatro categorías de daños utilizadas para el presente estudio, donde el grado cero implica que el árbol no sufrió ningún daño por las heladas; el grado uno se le califica como daño poco visible otorgándosele hasta un 25% de la copa dañada; el grado dos correspondió a una categoría de daño visible dándosele un valor de hasta 50% de copa afectada; el grado tres representa un árbol con daños muy visibles hasta con el 75% de la copa dañada y finalmente el grado cuatro representó a un árbol completamente muerto.

Por otra parte, en la Figura 2, se muestra la división del árbol en cuatro categorías para clasificar el grado de daño causado por las heladas, de tal forma que si el árbol no mostraba en el cuadrante ningún daño el valor asignado era cero y con algún daño correspondía a uno, de tal forma que al sumar los valores de los cuadrantes pudieran ir de cero hasta cuatro.

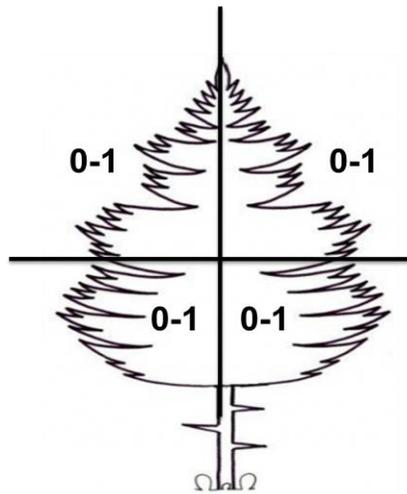


Figura 2. Representación grafica para valorar el daño ocasionado por las heladas en *P. halepensis* de la reforestación de Zapalinamé, según el sistema de clasificación de cuatro categorías (Hawksworth, 1956), citado por Carrillo et al. 1980, modificado para este estudio

Finalmente se muestra la Figura 3, la cual nos indica la condición de salud del arbolado de acuerdo a sus diferentes categorías de daño.

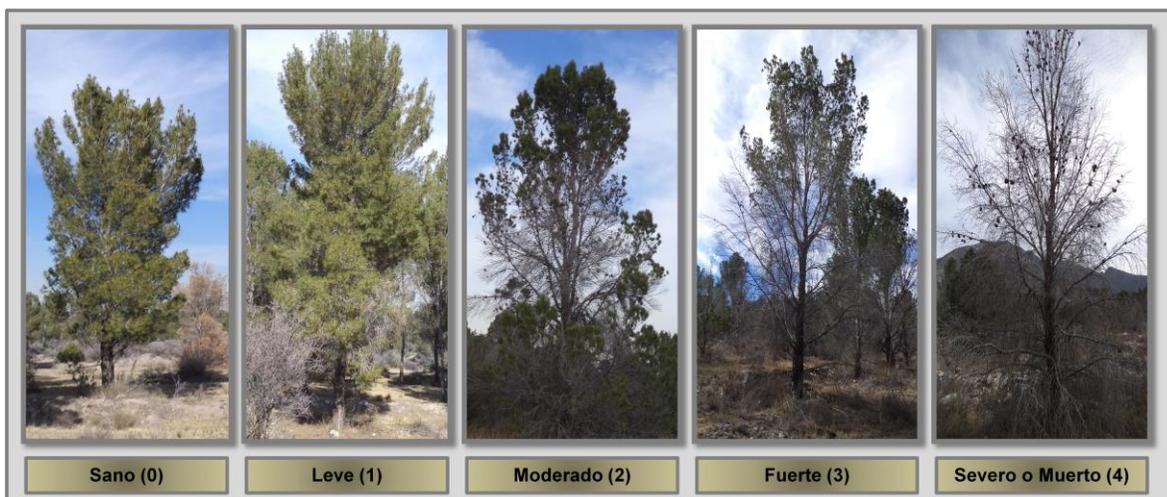


Figura 3. Grado de daño del arbolado

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del Cuadro 5, se deriva que del total de individuos muestreados (266 árboles), el 13.2% no mostró daño alguno por las heladas. Estos árboles que por alguna razón fisiológica o ecológica lograron resistir el embate de las heladas deberán servir para un plan de mejora para lo cual sus semillas deberán ser colectadas para la obtención de plantas que sean utilizadas en futuras plantaciones. Las categorías leve y moderado registraron el 33.8% y 30.8% respectivamente de arboles dañados, lo cual implica que son las categorías en donde se ubican la gran mayoría del arbolado afectado por este fenómeno. En la categoría fuerte se revelo que existen hasta un 14.7% de arboles dañados y el 7.5% de arboles muertos que corresponden a la categoría cuatro.

Cuadro 5. Total de arboles afectados por las heladas del 2011 según la categoría de daño en 47 sitios muestreados de la Reforestación de Zapalinamé.

Grado de Daño					Total Individuos
Sin Daño (0)	Leve (1)	Moderado (2)	Fuerte (3)	Severo (4)	
35	90	82	39	20	266
13.2%	33.8%	30.8%	14.7%	7.5%	100%

En resumen en el Cuadro 5 se revela que el 86.8% del arbolado sufrió algún grado de daño, que a dos años de haberse presentado el fenómeno de las heladas históricas el arbolado sigue mostrando el impacto fisiológico que aunado al fenómeno de la sequia no se han podido recuperar y por lo que están seriamente debilitados lo que pudiera ocasionar en un futuro inmediato la presencia de plagas y enfermedades como ya ha ocurrido en años anteriores.

Al comparar estos resultados con los encontrados en la literatura, Alanís (2011) observó que para la ciudad de Monterrey en solo tres días que se registraron temperaturas bajo cero (heladas y congelación), los tejidos de las plantas se congelaron, afectando desmedidamente la biomasa arbórea de las especies ornamentales del AMM, en base a este fenómeno meteorológico que se presentó, se observó el gran desastre ambiental, un paisaje muy deteriorado, carente de biomasa aérea que perjudica los servicios ambientales y trae como consecuencia una problemática ambiental en el AMM.

De igual forma Rosales *et al.* (2007), encontraron que los daños ocasionados por las bajas temperaturas, la afectación en Aguascalientes fue del 52% y en Guanajuato del 24%. Agregan los autores que a consecuencia de estos daños el arbolado después de las heladas mostró canchales resinosos en todos los sitios muestreados.

Como se puede observar, en muchas partes de la República Mexicana las heladas del 2011 dañaron fuertemente al arbolado, tanto rural como urbano, todo ello sin considerar el severo daño que ocasionó a la agricultura y a la infraestructura urbana, como rompimiento de medidores de agua, tuberías e instalaciones eléctricas.

Cuadro 6. Estimación del número de individuos dañados en toda la superficie (260.2 ha) del área del estudio.

Grado de Daño					Total Individuos
Sin Daño (0)	Leve (1)	Moderado (2)	Fuerte (3)	Severo (4)	
1,937.65	4,982.55	4,539.65	2,159.10	1,107.23	14,726.18
13.15	33.83	30.82	14.66	7.51	100%

En el Cuadro 6, se observa los resultados obtenidos de una estimación de cuantos árboles pudiesen estar dañados en las 260.2 ha del polígono de estudio, el cual nos muestra que se encuentran un total de 14,726.18 individuos, de los cuales 12,788.53 presentan algún grado de daño, estos distribuidos en las diferentes categorías de daño que va desde la leve hasta un grado severo, sin embargo, las que tienen mayor número de individuos presentes son la categoría de grado de daño leve con 4,982.55 y la moderada con 4,539.65. En esta área 1,937.65 árboles están sanos.

En el Cuadro 7, se muestra el número de individuos afectados por las heladas de acuerdo a la altura del árbol, como se puede observar los árboles más dañados son los que tienen las alturas mayores de cuatro m y hasta seis m de altura donde se registraron 111 individuos afectados de los cuales 38 presentan grado de daño leve; 37 con grado de daño moderado, 17 presentaron daños fuertes y seis árboles muertos. En un segundo grupo de árboles menos afectados quedaron en las alturas de dos a cuatro m de altura registrándose un total de 105 individuos, de los cuales 34 presentan grado de daño leve, 26 con daño moderado, 16 con daño fuerte y 13 árboles muertos. Los árboles menos afectados fueron los que tuvieron alturas mayores a seis metros con un total de 50 individuos de los cuales 18 mostraron daños leves y otro tanto con daños moderados, siete mas mostraron daños fuertes y un solo árbol resulto muerto. Estos mismos resultados se muestran en la Figura 4.

Cuadro 7. Número de Individuos afectados de acuerdo a la altura.

Grado de Daño	Altura 2 a 4m	Altura > 4 a 6m	Altura > 6m
0	16	13	6
1	34	38	18
2	26	37	18
3	16	17	7
4	13	6	1
Total	105	111	50

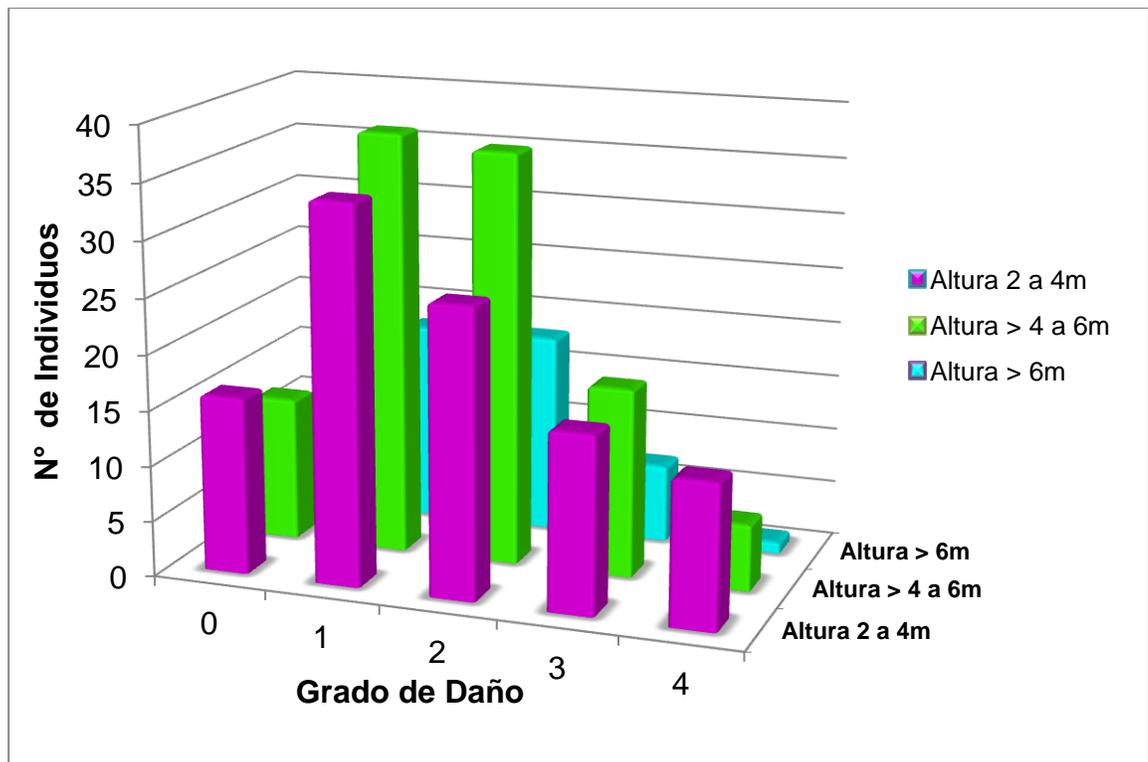


Figura 4. Número de individuos dañados respecto a la altura.

El Cuadro 8, nos indica el número de árboles afectados de acuerdo al diámetro normal, como se observa los individuos más afectados son aquellos que presentan un diámetro mayor a nueve cm hasta 15 cm, donde se registraron 102 árboles, seguido de estos se encuentran 89 árboles con diámetro mayores a 15 cm hasta 21 cm, los arboles mayores de 21 cm hasta 27 cm de diámetro, fueron registrados 49; se tiene que los arboles con diámetro de tres cm a nueve cm solo fueron 17, sin embargo para arboles con diámetro mayor a 27 cm se registran solo nueve. De acuerdo a estos resultados podemos observar que en todas las categorías de diámetro, se registra la mayoría de individuos dentro de los grados de daño 1 y 2, que corresponden a leve y moderado. Estos mismos resultados se muestran en la Figura 5.

Cuadro 8. Número de individuos afectados de acuerdo al diámetro normal.

Grado de Daño	DN 3 a 9cm	DN >9 a 15cm	DN >15 a 21cm	DN >21 a 27cm	DN >27cm
0	5	8	13	7	2
1	5	38	27	18	2
2	2	34	29	11	5
3	2	13	14	11	0
4	3	9	6	2	0
Total	17	102	89	49	9

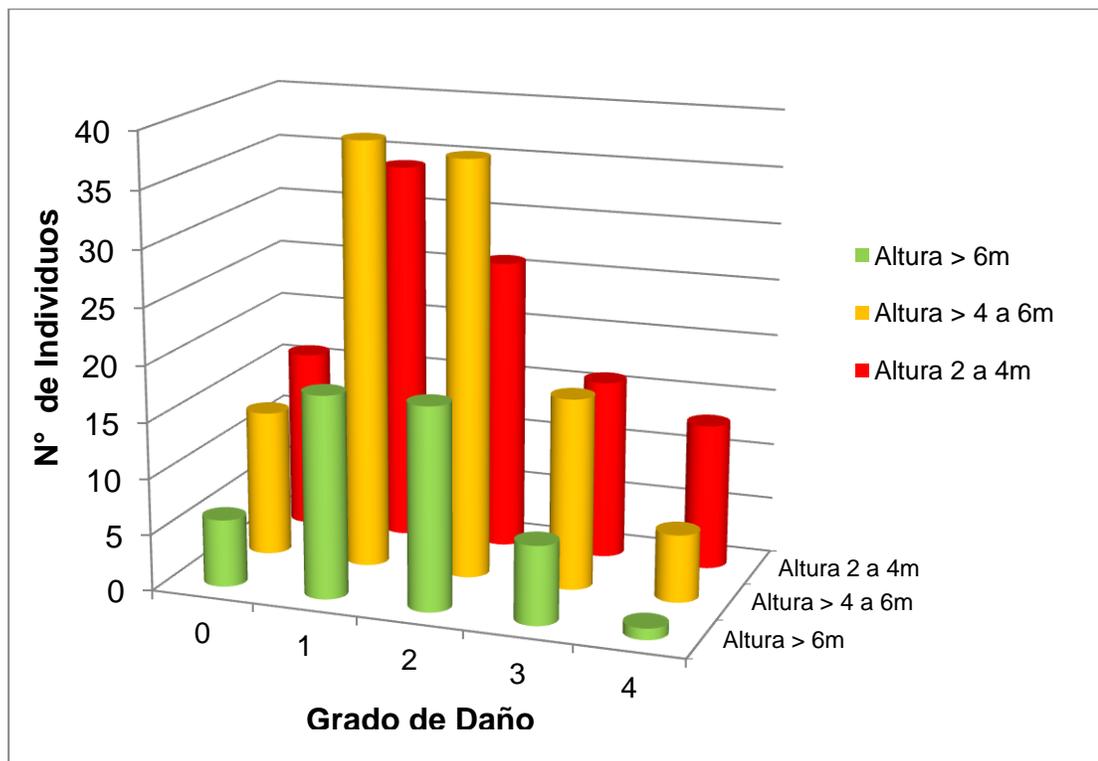


Figura 5. Número de individuos dañados respecto al diámetro normal.

En el Cuadro 9, se muestra el número de individuos afectados de acuerdo al diámetro de copa, de los cuales se registraron 101 arboles que tienen un diámetro de copa mayor a dos y hasta cuatro m, donde los más afectados se encuentran en las categorías de grado de daño leve y moderado con 40 y 31 individuos respectivamente; para los árboles que presentan un diámetro de copa

mayor de cuatro y hasta seis m se registraron 96; en cuanto a los árboles que tienen menor diámetro que son los menores de dos m, se obtuvieron 41, y para los de mayor diámetro de copa que corresponde a los mayores de seis m se registraron 28, en todos los casos se identifican los más dañados en las categorías de grado de daño leve y moderado. Estos mismos resultados se muestran en la Figura 6.

Cuadro 9. Número de individuos afectados de acuerdo al diámetro de copa del arbolado.

Grado de Daño	DC 0.5 a 2m	DC > 2 a 4m	DC > 4 a 6m	DC > 6 m
0	8	10	12	5
1	11	40	27	12
2	10	31	34	6
3	5	12	19	4
4	7	8	4	1
Total	41	101	96	28

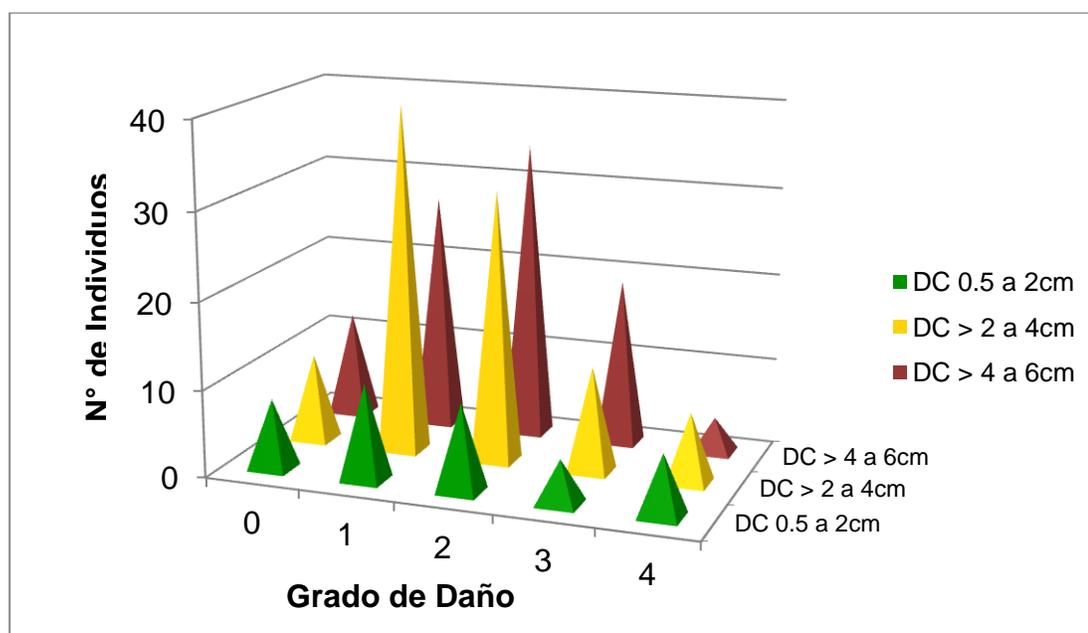


Figura 6. Número de individuos dañados respecto al diámetro de copa.

El hecho de que los árboles que presentan características tales como mayor altura, de mayor diámetro normal y mayor diámetro de copa hayan sido los menos afectados por las heladas puede explicarse desde un punto de vista fisiológico al considerar que son los arboles mas fuertes y resistentes; por otro lado se tiene que los árboles jóvenes resultaron con poco daño, esto se le puede atribuir a que son individuos que se encuentran en el menor estrato arbóreo por lo cual son protegidos por los arboles maduros y sobremaduros, ya que esta protección o cubrimiento de los individuos más grandes impide el paso de aire de masas frías, tal como lo describe Granados y Mendoza (1992), quienes afirman que las corrientes de viento al chocar contra una barrera de arboles rompevientos su velocidad se puede disminuir del 100% al 40% y lo mismo ocurre para las masas de aire frio que también son notoriamente reducidas por los arboles más altos y frondosos, protegiendo a los arboles de porte más bajo que se encuentren atrás de dichos arboles., como se muestra en la Figura 7.

Finalmente en cuanto al arbolado más dañado que fueron los individuos considerados en la categoría de arboles maduros, se le puede atribuir a que son menos resistentes, ya que al ser el estrato que sigue hacia bajo del arbolado sobre maduro por el cual pasa primero la masa de aire fría y al no tener efecto o impacto alguno a estos individuos, tiende a repercutir en los siguientes individuos los cuales reciben el impacto de las heladas.

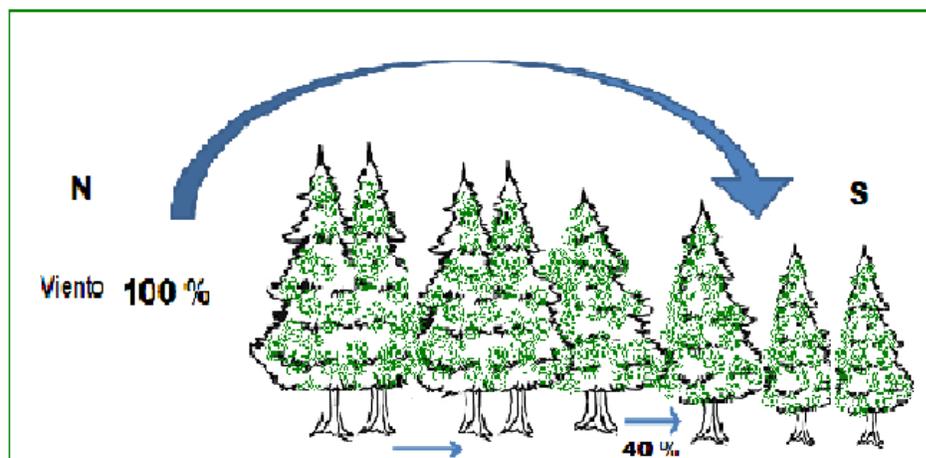


Figura 7. Demostración grafica de la función de la barrera para desviar el viento y disminuir la velocidad del impacto hacia el arbolado.

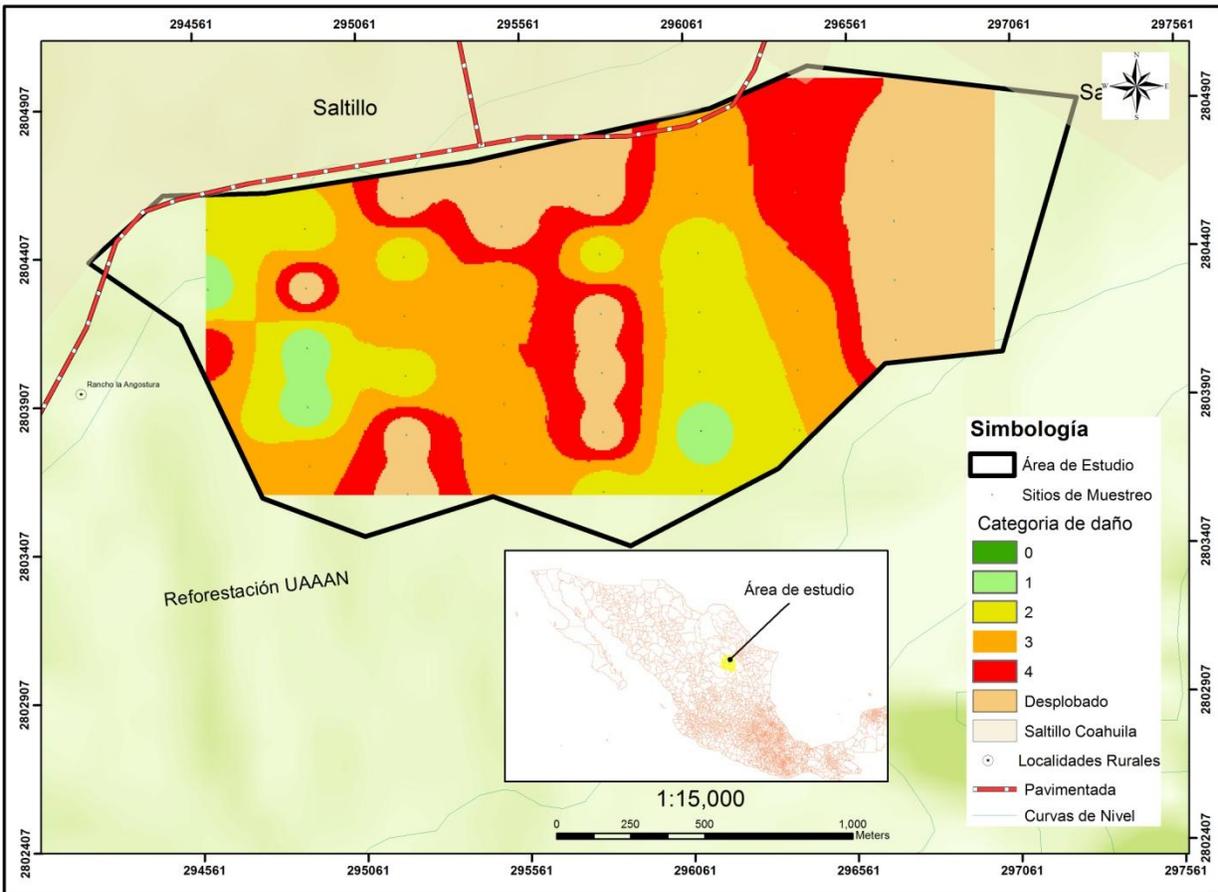


Figura 8. Mapa de distribución espacial del arbolado de *Pinus halepensis* Miller afectado por las heladas dentro del área de estudio.

Como se observa en el mapa anterior las franjas de coloración roja representan las áreas donde se observa la mayor cantidad de árboles severamente dañados y muertos, mostrando una tendencia muy clara del como se desplazo la masa gélida. Es importante señalar que en todas estas franjas rojas se observan áreas de coloración crema que pertenecen a áreas despobladas y tal vez por eso la masa fría fue más impactante.

Las áreas de color anaranjado y amarillo representan grado de daño fuerte y moderado siendo estas las condiciones más representativas del área estudiada. Se hace la aclaración que estos árboles no están muertos pero si tienen un alto porcentaje de ramas amarillentas y secas que requieren recibir algún tratamiento de saneamiento para mejorar su condición de salud.

Finalmente los colores verde pálido y verde fuerte muestran las áreas de arbolado sano, que no fue afectado por las heladas., y como podemos observar en este mapa los árboles sanos siempre se mostraron protegidos por la masa de arboles que estaban a su alrededor y sobre todo sin haber espacios despoblados, pero también son la categoría menos representativa que hay en la reforestación, al menos en esta área de estudio.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. La onda gélida del mes de febrero del 2011 que se presentó en Saltillo, Coahuila, tuvo un gran impacto nocivo en el arbolado de *Pinus halepensis* Miller de la Reforestación de Zapalinamé e incluso en áreas aledañas, ya que además de matar a un importante número de pinos alepos, a otra gran cantidad les ocasionó graves lesiones fisiológicas y morfológicas de las que no se han podido recuperar del todo y que a dos años de transcurrido el evento aún se siguen muriendo arboles o presentan condiciones de salud muy agravantes.

2. De los 266 árboles muestreados en los 47 sitios se obtuvo que el 13.2% no mostraron ningún daño; 33.8% resultó con daño leve; 30.8% mostró daños moderados; 14.7% resultó con daños fuertes y 7.5% se encontraron muertos o con daños severos. Esto implica que sumando las categorías de grado de daño de moderados, fuertes y severos existe un 53% de pinos alepos que están afectados en forma importante por la helada del 2011 hasta la fecha de este estudio.

3. Al estimar estos valores de daños a toda el área de estudio que fue de 260.2 ha se tiene que el número de árboles sin daño por la helada fue de 1,937.65; 4,982.55 árboles resultaron con daños leves; 4,539.65 mostraron daños moderados; 2,159.10 árboles resultaron con daños fuertes y 1,107.23 murieron por el impacto de la helada. Esto da un total de 14,726.18 árboles que se estima como existencia en esa área de estudio, de los cuales 7,803.98 presentan impactos negativos importantes por las heladas, los cuales deberían de estar sujetos a un plan de manejo de podas de saneamiento para mejorar su estética y condición de salud.

4. El estudio revela que los arboles con mayores alturas, diámetros de fuste y diámetros de copa fueron los menos afectados por la onda gélida.

5. Se logro plasmar en un mapa georeferenciado y utilizando el Arc Gis, la distribución espacial del arbolado afectado según las categorías utilizadas para este estudio y de esta forma hacer más fácil la detección de las áreas mayormente afectadas.

6. Debido a que más del 50% del arbolado de *Pinus halepensis* Miller de la reforestación muestran un follaje amarillento y ramas secas se recomienda que se establezca un plan de podas para mejorar la estética y condición de salud de este arbolado.

VI. RECOMENDACIONES

Es importante señalar que tanto el arbolado de las categorías de daños leve y moderado que muestran daños del 50% al 75% de ramas y follaje muerto, deben ser sometidos a podas de saneamiento ya que tanto su mala estética, como su condición de debilitamiento son un alto riesgo para la atracción de plagas. Por otra parte el arbolado muerto que aun esta de pie deberá ser derribado y extraído para también evitar otras consecuencias de afectación futura a esta reforestación.

VII. LITERATURA CITADA

Aguilera, R. M. 2001. Descripción del *Pinus halepensis* Miller. (SIRE, CONAFOR).

Aguillón, R., López, G.M., Cervantes, S.R. 2012. Comportamiento del arbolado urbano de Saltillo, Coahuila, México, a bajas temperaturas. III Congreso de Ciencia y Arte del Paisaje. "El hábitat restaurado". Guadalajara, Jalisco.

Alanís, G. 2011. Los fenómenos meteorológicos extremos. Efecto de las bajas temperaturas en la vegetación arbórea del área metropolitana de Monterrey. Ciencia UANL, Vol. XIV, Núm. 2. Monterrey, México.

Benítez, S. N., Campanario. R.S., Cuaresma, R.V., Digeuez, P.M., Morilla, M. A. 2012. Clima Mediterráneo. España.

Carrillo, J., Reyes, P., Von, H., Bravo, H. 1980. Memoria. Primer simposio nacional sobre parasitología forestal. Uruapan, Michoacán.

CONAGUA, 2013. Datos de números de heladas históricas mensuales del observatorio de saltillo. Saltillo, Coahuila.

Cruz, C. L. 2002. Patógenos involucrados en la muerte de pino (*Pinus halepensis* Mill.), en la zona de reforestación de Zapalinamé. Tesis Profesional de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Fady, B., Semerci, H., Vendramin, G. G. 2008. EUFORGEN, Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino halepensis (*Pinus halepensis*) y el pino brutia (*Pinus brutia*). España.

FAO, 2010. Protección contra las heladas: Fundamentos, práctica y economía. Vol. 1. Roma.

Flores, F., Nájera, J. A. 2012. Efecto de las heladas en el arbolado urbano de Saltillo, Coahuila, a dos años del fenómeno. III Congreso de Ciencia y Arte del Paisaje. "El hábitat restaurado". Guadalajara, Jalisco.

Granados, D., Mendoza, O.A. 1992. Los arboles y el ecosistema urbano. Chapingo, México.

Gutiérrez, P. A. 1989. Conservacionismo y desarrollo del recurso forestal: texto guía forestal. México.

http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2011/12/07/205524.php

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1983. Síntesis Geográfica de Coahuila, México.

Matías, R. L., Fuentes, M.O., García, J.F. 2001. Heladas. Serie Fascículos. 1ª. Edición. D.F. México.

Monreal, J. A., Serrano, C. 2000. Los Escolítidos (Coleoptera, Scolytidae) del pino Carrasco (*Pinus halepensis* Miller) en la Provincia de Albacete. Medios de Control. Albacete.

Nickle. 2008. La enfermedad del nematodo de los pinos (*Bursaphelenchus xylophilus*). España.

Oviedo, J. L. 1980. Inventario de las alternativas de transformación de especies forestales de la sierra de Zapalinamé. Tesis Profesional de Licenciatura. UAAAN. Coahuila, México.

Ramírez, C. Y., Rodríguez, T. D. A. 2010. Resistencia a bajas temperaturas en *Pinus hartwegii* sometido a diferentes tratamientos con potasio. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, Vol. 16, Núm. 1. Chapingo, México.

Sampieri, R., Fernández, C.C., Baptista, L.P. 2003. Metodología de la Investigación. Tercera Edición. México, D.F.

Sundseth, K. 2000. Natura 2000 en la región mediterránea. Comisión Europea. Dirección General del Medio Ambiente. Unión Europea.

Villareal, Q. J., Vázquez, R. M. 2009. Claves de gimnospermas. Coahuila, México.