

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Efectos de Fertilización Química sobre la Incidencia del Pájaro Succionador de
Savia y Crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham.

Por:

JOSÉ PAULO MORENO ROMERO

TESIS

Presentando como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Efectos de Fertilización Química sobre la Incidencia del Pájaro Succionador de
Savia y Crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham.

Por:

JOSÉ PAULO MORENO ROMERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada:



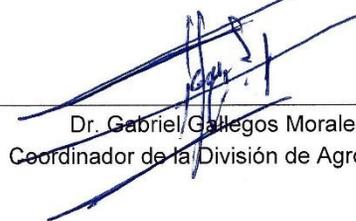
Ing. Sergio Braham Sabag
Asesor principal



Dr. Miguel Ángel López López
Coasesor



MC. Jorge David Flores Flores
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2019

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater, por acogerme en su seno y formar un profesionista en favor de la silvicultura mexicana.

A la Comisión Nacional Forestal, por abrirme las puertas y así poder iniciar mi vida profesional.

Al Dr. Miguel Ángel López López, porque a pesar de haberle fallado en distintas ocasiones nunca me negó la oportunidad de desarrollar el presente trabajo, por sus consejos, paciencia y enseñanzas. Con admiración y respeto.

Al M.C. Jorge David Flores Flores, por las aportaciones en el presente estudio.

Ing. Sergio Braham Sabag, por transmitir sus conocimientos en las distintas materias impartidas en el departamento forestal, así como su colaboración en el presente estudio.

Ing. Cesar Gatica Salazar, por su amistad incondicional.

Ing. Juan Acosta Montoya, por las enseñanzas que me brindó.

A mis amigos: Ángel, Alberto, Rigoberto, Pedro, Zenón, Amador, Flor, Alfonso, por brindarme su amistad en las buenas y las malas, con afecto.

A mi generación **CIV** por los grandes momentos de alegría y tristeza, que de una u otra forma se quedan grabados en mi corazón y aunque las distancias nos separen sé que algún día nos volveremos a ver.

Al equipo de Football Americano, por la disciplina que me infundo gracias a esto he logrado cumplir mis metas propuestas.

DEDICATORIAS

A Dios

Por iluminarme en el camino que he recorrido en estos años, brindarme la mano y permitirme tener esta gran familia.

A mis padres

Luis Ramón y Ana Laura, por su esfuerzo para sacarme adelante, su amor incondicional, consejos y cuidados que me permitieron desarrollarme en un ambiente de amor y tranquilidad. No hay palabras que describan el amor y afecto que siento por ustedes.

A mi hermano

Luis Ramón, por los momentos que hemos vivido juntos, por el papel que desempeñaste como hermano mayor, cuidaste de mí, me brindaste tu cariño y comprensión. Doy gracias a dios por permitirme tenerte como hermano.

A mi esposa

Vera Lucia, por el amor absoluto que me has brindado y enfrentar juntos los obstáculos que se han presentado. Por eso y más te amo.

A mi hijo Paulo Tristan

Por ser la luz que ilumina mi camino, cada palabra tuya es una razón para vivir.

A mi hija Evolet Aranza

Por brindarme cada mañana esa sonrisa que me trasmite paz, armonía y amor, sin duda mi mayor tesoro.

CONTENIDO

RESUMEN	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. HIPÓTESIS.....	2
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1 EFECTOS DE LOS FERTILIZANTES SOBRE EL ATAQUE DE LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LOS BOSQUES	3
4.2 <i>PINUS PATULA</i>	6
4.3 <i>SPHYRAPICUS VARIUS</i> (SUCCIONADOR DE SAVIA)	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
5.1.1 Fisiografía.....	13
5.1.2 Hidrología.....	14
5.1.3 Geología y Edafología	14
5.1.4 Clima.....	15
5.1.5 Vegetación.....	15
5.1.5.1 Bosque natural productivo de coníferas	15
5.1.5.2 Bosque natural productivo de Pino – Encino	16
5.1.5.3 Bosque mesófilo de montaña.....	16
5.1.6 Fauna	17
5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	18
5.3 VARIABLES EVALUADAS	20
5.3.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	20
5.3.2 Incremento de diámetro a la altura del pecho (IDAP)	21
5.3.3 Incremento de biomasa de fuste	21
5.3.4 Grado de ataque de la plaga.....	21
5.3.5 Número de perforaciones 1.30m - 2.30m.....	22
5.4 ANÁLISIS DE DATOS.....	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
6.1 INCREMENTO DE DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (IDAP)	23
6.2 INCREMENTO DE BIOMASA DE FUSTE (IBF)	25
6.3 GRADO DE ATAQUE DE LA PLAGA (GA).....	27
6.4 NÚMERO DE PERFORACIONES POR METRO CUADRADO DE CORTEZA (NPMCC):	29
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
8. LITERATURA CITADA	33

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. ESPECIES DE FAUNA DENTRO LA NOM-059-SEMARNAT-2010 EN LA UMAFOR 3013 (GARCÍA ET AL., 2009).....	18
CUADRO 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN EN EL ÁREA EXPERIMENTAL.	19
CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE INCREMENTO DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO.	23
CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY ($\alpha=0.05$) PARA LA VARIABLE INCREMENTO DE DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (IDAP):	24
CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE INCREMENTO EN BIOMASA DE FUSTE (IBF):	25
CUADRO 6. PRUEBA DE TUKEY ($\alpha=0.05$) PARA LA VARIABLE INCREMENTO DE BIOMASA DE FUSTE (IBF): ...	26
CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE GRADO DE ATAQUE (GA):.....	27
CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE PERFORACIONES POR METRO CUADRO DE CORTEZA (NPMCC):	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE HTTP://WWW.NATURESERVE.ORG/	11
FIGURA 1: MIGRACIÓN DE <i>SPHYRAPICUS VARIUS</i> EN MÉXICO.	11

RESUMEN

En una plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham, de 15 años de edad, ubicada en el Ejido Palo Bendito, Municipio de Huayacocotla, Veracruz, se estableció un experimento de fertilización, con los siguientes objetivos: 1) determinar el efecto de tres nutrimentos sobre el ataque del pájaro succionador de savia (*Sphyrapycus varius*), 2) determinar el efecto de los nutrimentos sobre el crecimiento de los árboles y 3) definir los nutrimentos que ayudan al control del succionador de savia. El diseño experimental fue completamente al azar en el que se establecieron cuatro tratamientos: TO (testigo sin fertilización), T1 (N, 333.59 g de urea/árbol), T2 (P, 109.35 g de superfosfato triple de calcio/árbol) y T3 (K, 188.67 g de sulfato de potasio/árbol). Cada tratamiento se replicó 10 veces y la unidad experimental fue un árbol de aproximadamente de 17 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). Las variables evaluadas fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP), incremento de diámetro a la altura del pecho (IDAP), incremento de biomasa de fuste (IBF), grado de ataque de la plaga y número de perforaciones en la sección del fuste entre 1.30 m y 2.30 m. La fertilización no afectó de manera significativa el grado de ataque de *Sphyrapycus varius*, sin embargo existe una relación importante entre el grado de ataque y los nutrimentos aplicados, siendo el nitrógeno y fósforo los nutrimentos que disminuyeron considerablemente el grado de ataque. Para la variable DAP existen diferencias significativas entre el TO y T2, ya que el tratamiento con fósforo fue superior en un 23.3 por ciento respecto al testigo. El mayor IBF se logró con el tratamiento con nitrógeno (27.4 %), seguido del tratamiento con fósforo (25.9 %) y potasio (18.7%) superiores respecto al testigo. Se concluye que el nitrógeno y fósforo son los nutrimentos deficientes en la plantación. La aplicación de los nutrimentos deficientes contribuyó también a reducir el ataque de *Sphyrapycus varius* en *Pinus patula* Schl. et Cham.

Palabras claves: manejo nutrimental, *Sphyrapycus varius*, nitrógeno, fósforo, potasio.

1. INTRODUCCIÓN

La productividad o calidad de un sitio se puede modificar mediante tratamientos de fertilización, la cual, además, puede aumentar o disminuir la incidencia de ataques por plagas o enfermedades. Los tratamientos de fertilización cambian el porcentaje de azúcares, la concentración osmótica, la composición de aminoácidos, la lignificación y otros fenómenos internos de la planta, que pueden resultar favorables o desfavorables para los diferentes tipos de insectos (Weetman y Hill, 1973).

El pájaro succionador de savia (Sapsucker, *Sphyrapicus varius*) es un ave migratoria de la familia del Pájaro carpintero; único en su especie, conocido por realizar numerosos agujeros en la corteza de los árboles para obtener savia (azúcar) base principal de su alimentación. (Ostry y Nicholls, 1978; Bolles, 1892).

En la región de Huayacocotla, los diversos esfuerzos de investigación y administración hacen de esta área un "laboratorio natural" de repercusión sobre la calidad y diversidad del entorno natural de la Huasteca, del Estado de Veracruz. (Mallén, 1999). Así mismo las plantaciones comerciales de *Pinus patula* en esta región son de vital importancia económica, social y cultural, debido al rápido crecimiento de la especie en mención, así como las características fisiográficas que han permitido que esta especie tenga un auge en la industria forestal.

En el año 2008, surgió un interés por determinar efectos de tratamientos de fertilización química en una plantación de *Pinus patula* en el Ejido Palo Bendito, Huayacocotla, Ver. Sin embargo, al realizar las evaluaciones del experimento, se observó daños por pájaro succionador de savia (*Sphyrapicus varius*), aparentemente relacionados con los tratamientos de fertilización aplicados. Si bien las perforaciones de esta ave raramente matan a los árboles, los fustes llegan a sufrir deformaciones importantes en detrimento de la calidad de la madera.

Con estos antecedentes, se plantearon una serie de objetivos para conocer si existe relación entre el control del ataque de *Sphyrpicus varius* y la fertilización realizada, así como el crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham.

2. OBJETIVOS

- a) Determinar el efecto de la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el ataque de pájaros succionadores de savia a árboles de *Pinus patula*.
- b) Determinar el efecto de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento de los árboles.
- c) Definir los nutrimentos que ayudan, en su caso, al control del succionador de savia y al crecimiento de los árboles.

3. HIPÓTESIS

La aplicación de nutrimentos deficientes incrementa el crecimiento de los árboles y disminuye la incidencia de *Sphyrpicus varius*.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Efectos de los fertilizantes sobre el ataque de las plagas y enfermedades en los bosques

La productividad o calidad de un sitio de una cierta área está en función de diversos factores biológicos (que incluyen la especie, el genotipo, la densidad y las enfermedades) y factores físicos (que incluyen las características físicas y químicas del suelo y la topografía del terreno). La forma más común de elevar la productividad es la fertilización con la que se aumenta el contenido de nutrientes de un sitio al incorporarse fuentes rápidamente disponibles (Theodore *et al.*, 1982). La fertilización se usa para generar un equilibrio nutrimental de acuerdo a las necesidades nutricionales de la planta (Alcántar y Trejo, 2007). Las plantas que reciben una nutrición mineral balanceada son más tolerantes a las enfermedades, es decir, tienen mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y de limitar las ya existentes, que cuando uno o más nutrimentos son abastecidos en cantidades excesivas o deficientes (Huber, 1989, citado por Velasco, 1999).

La influencia de los tratamientos de fertilización sobre las poblaciones de insectos es muy compleja, puesto que tales tratamientos pueden aumentar o disminuir la cantidad de alimento y de espacio disponible para el crecimiento de la población (Weetman y Hill, 1973).

Los tratamientos de fertilización cambian el porcentaje de azúcares, la concentración osmótica, la composición de aminoácidos, la lignificación y otros fenómenos internos de la planta que pueden ser favorables o desfavorables para los diferentes tipos de insectos. Se eleva la tasa de crecimiento, aumenta la biomasa y ocurren ciertos cambios en el crecimiento de sotobosque, las tasas de maduración y el microclima interno del bosque, los que afectan a los distintos insectos de modo diferente. Las poblaciones de insectos responden a esos cambios mediante modificaciones de conducta, preferencias alimenticias, rangos de tolerancia,

natalidad, mortalidad, longevidad, tasa de crecimiento y tamaño en el estado adulto (Singh, 1970; Weetman y Hill, 1973 citado por Theodore *et al.*, 1982).

Los efectos de la fertilización sobre las enfermedades en los bosques son también muy variables. En los casos en los que la fertilización corrige las deficiencias, generalmente se reducen las enfermedades; pero se ha encontrado que los fertilizantes a base de N o N. P. K elevan la susceptibilidad de los árboles ante el ataque de varios hongos, dentro de los cuales puede incluirse *Cronartium fusiforme*, ciertas especies de *Fusarium* y *Verticillium* y varias royas de hongos que atacan a los álamos. Los incrementos de las enfermedades de las plántulas son particularmente comunes después de la fertilización; por otro lado, los fertilizantes a base de nitrógeno reducen, por lo general el ataque de *Lophodermium pinastri* (despellejamiento de las acículas), *Ceratocystis ulmi* (enfermedad del olmo danés) y *C. fagarearum* (marchitez del encino) (Weetman y Hill, 1973).

López y Estañol (2007) evaluaron la deficiencia de hierro en un huerto semillero de *Pinus leiophylla* localizado en Montecillo, Texcoco, Estado de México, en el que se presentó un deterioro de la condición fitosanitaria (clorosis, defoliación y presencia de *Dendroctonus sp*). Realizaron un diagnóstico nutrimental para detectar el factor limitativo en esta población, encontrando que el nutrimento limitativo del crecimiento fue el Fe. Posteriormente procedieron a corregir la deficiencia, mediante fertilización foliar (sagaquel- Fe, 8% quelato de hierro, 400 ml del producto / 100 L de agua, 300 L de solución ha⁻¹, aplicación bimestral). La aplicación de fertilizante a base de Fe corrigió adecuadamente la clorosis de los árboles, además de lograr la recuperación del estado sanitario del huerto (se eliminó la presencia del *Dendroctonus sp*).

En otro estudio Pérez *et al.*, (2013) determinaron en un bosque natural de *Pinus hartwegii* del Cerro del Tlálloc, Texcoco, Estado de México; que existe una relación entre una serie de factores y el ataque de *D. adjunctus*. Para esto, los investigadores distribuyeron 40 sitios de muestro en toda el área de estudio, evaluando las siguientes variables: altitud, temperatura ambiental, humedad relativa, exposición y pendiente del terreno; fertilidad del suelo, humedad y pedregosidad interna del suelo; profundidad del horizonte A, cantidad de pinos infestados por *D. adjunctus*,

número de grumos por sitio, número de pinos muertos incluyendo tocones y diámetro a la altura de pecho de todos los árboles del sitio. Los autores concluyeron que los factores que más influyen en la incidencia de la plaga son: exposición del terreno, capacidad de intercambio catiónico (CIC), área basal por hectárea, pendiente del terreno, pedregosidad interna en el suelo y concentración de N, P y K en el suelo. De acuerdo con los resultados, los nutrimentos que aumentaron el número de pinos infestados incluyendo pinos muertos y tocones fueron el nitrógeno y potasio, es decir, que al aumentar la concentración de estos elementos en el suelo, incrementó el número de pinos infestados. Por otra parte el fósforo tuvo un efecto benéfico, pues al aumentar las concentraciones del fósforo en el suelo disminuyó el número de pinos infestados.

En una plantación de *Cedrela odorata* ubicada en Papantla, Veracruz, México, Calixto *et al.*, (2015) evaluaron el crecimiento e incidencia de *Hypsipyla grandella* en respuesta al manejo nutrimental, estableciendo dos experimentos; el primero consistió en la aplicación de N, P, K en forma individual o combinada a los árboles, y en el segundo se aplicó tabletas que contenían fertilizantes de liberación lenta e imidacloprid (insecticida). En ambos experimentos se evaluó el incremento en diámetro y altura, variables fisiológicas y variables relacionadas con la incidencia de la plaga. De acuerdo con los resultados, en el primer experimento el K y la interacción del P*K mostraron efectos significativos en el incremento de diámetro. Así mismo la aplicación de K muestra efectos significativos sobre la concentración del nutrimento en el follaje. Aunque en el experimento número dos los análisis de covarianza demuestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de crecimiento se identifica un comportamiento consistente en los incrementos de diámetro y altura en relación a los tratamientos. De acuerdo con la prueba Kruskal Wallis la aplicación del nitrógeno mostró efectos significativos sobre el número total de brotes y se observó una disminución de la incidencia del barrenador con la aplicación de potasio, sin embargo este efecto no fue significativo.

Pérez (2015) reporta que de acuerdo con experimentos en los que se aplicó fósforo tanto a árboles individuales como a parcelas de *Pinus hartwegii*, se registró

disminuciones en la incidencia de *Dendroctonus adjunctus*. Esto resultó ser consistente con lo encontrado por Pérez *et al.*, en 2013.

En términos generales, la literatura anteriormente citada muestra que la corrección de desórdenes nutrimentales en los bosques redundo en incrementos de la productividad, además de reducir la incidencia de plagas.

4.2 *Pinus patula*

Generalidades:

Pinus patula Schl. et Cham, conocido como pino patula, pino chino, ocote, pino llorón, pino triste, pino colorado, pino xalocote, pino macho, ocote liso, ocote colorado en los Estados de México, Veracruz, e Hidalgo (CONAFOR, 2011); y patula pine, spreading-leaved pine o Mexican weeping pine en inglés. Es uno de los cuatro pinos de conos cerrados nativo de América Central (Gillespie, 1992).

Taxonomía y descripción:

Pertenece al género *Pinus*, sección *Pinus*, subsección *Oocarpae*; "Hojas verticalmente caídas, 3-5 por fascículo, de 15 a 30 cm de largo. Conos sésiles, a menudo casi insertos en la rama, de 7- 9 cm de largo, oblicuos, reflejados puntiagudos, de color amarillo ocre o rojizos, lustrosos (Zavala, 1990).

Las acículas se presentan en grupos de 3, a veces 4 y rara vez 5 fascículos; delgadas, de 15 a 25 cm de longitud, colgantes o algo extendidas, de color verde brillante, con los bordes finamente serrados; estomas presentes en las caras dorsales ventral de las hojas; 1 a 4 canales resiníferos, comúnmente 3, por lo general medios, ocasionalmente 1 o 2 internos. La pared exterior del endodermo delgada a ligeramente gruesa, 2 haces fibrovasculares contiguos pero distantes, vaina del fascículo clara, de color café grisáceo, de 10 a 15 mm de longitud y persistentes.

Los conillos son laterales, algo atenuados en ambas extremidades, con las escamas extendidas provistas de una punta fina caediza. Cono largamente cónico, de 7 a 9 cm, a veces hasta 12 cm, duros, sésiles reflejados, algo encorvados, oblicuos puntiagudos; por lo general agrupados, en conjuntos de 3 a 6 (Eguiluz, 1978). Frecuentemente se ven en el tronco y en las ramas gruesas suelen ser solitarios, quedando embutidos en la corteza. Su color es amarillento ocre con tinte rojizo, lustrosos. Son tenazmente persistentes (no se separan de la ramilla, aunque esté muerta y se desprenda del árbol) y se abren parcialmente en diferentes épocas. Las escamas son duras, casi uniformes, con el ápice redondeado; limbo deprimido con una punta oscura, muy pequeña y extendida. Miden unos 30 mm de largo de 12 a 14 mm de ancho (Yacelga, 2011).

Las semillas son de color café oscuro, muy pequeñas, de 5 mm de longitud, con un ala de color café claro de 17 mm de longitud, ligeramente engrosadas en la base donde se incrusta a la semilla. Con 4 a 5 cotiledones, comúnmente 5; 115,000 semillas por kg (Perry, 1991).

El sistema radicular de *Pinus patula*, consta de una raíz central, que penetra verticalmente el suelo y un grupo de raíces secundarias, cuyo punto de origen está en el cuello de la raíz principal, de un grosor casi similar al eje central (Vela, 1976). La madera es suave, débil, de color claro, ligeramente amarillo, con vetas moreno pálidas. Es fácil para trabajar y poco resinosa. Se emplea para la fabricación de cajas (Martínez, 1992).

Distribución natural:

Se distribuye naturalmente sobre las formaciones montañosas de la Sierra Madre oriental en la exposición noreste principalmente (Montiel y Zamudio, 2007), Eje Neovolcánico y Sierra Madre de Oaxaca. Se localiza en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Oaxaca, Querétaro, Distrito Federal, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y Veracruz; en estos tres últimos estados se encuentran las poblaciones más grandes con mejores desarrollos. Se encuentra entre las coordenadas que van de los 18° a

23° latitud N y 97° a 99° longitud W, con una altitud que va de los 1500 a 3100 msnm. (CONAFOR, 2011).

Clima:

Pinus patula no soporta largos periodos de temperaturas tan bajas como -10 °C, pero ocasionalmente las resiste y aún más bajas. Es moderadamente tolerante a la sequía, en este ámbito es superior que *Pinus taeda*. Se desarrolla en rangos de lluvias que va desde los 750 a 2000 mm anuales, y ocurre principalmente en verano, no obstante, en el estado de Veracruz en la Sierra Madre Oriental su hábitat es lluvioso todo el año (CONABIO, 2015).

La temperatura anual promedio varía entre los 10 y 20° C, con temperaturas máximas de 40 ° C y mínima de -14° C en los meses más fríos (CONAFOR, 2011).

Características del área de distribución:

Crece en masas puras de manera natural y se desarrolla asociado con otras especies como *Pinus greggii*, *Pinus maximinoi*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus teocote* y *Pinus leiophylla* (Perry, 1991). De igual manera se encuentra asociado con *Pinus ayacahuite* y *Abies religiosa* (Vela, 1980). El intervalo altitudinal donde se encuentra *Pinus patula* está entre los 1500 a 3100 msnm y se desarrolla mejor en sitios con buen drenaje (Perry, 1991).

Los suelos de los bosques naturales en donde se desarrolla la especie son profundos a moderadamente profundos, cafés en capas superficiales tendiendo a amarillo y rojo hacia los horizontes profundos. La textura es franco migajosa dentro del horizonte A y arcillosa en las partes más profundas. Presentan escaso contenido de rocas y gravas. Estos suelos son generalmente ácidos con mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno que el resto de los suelos de coníferas estudiadas en México (Vela, 1980).

La intensidad de luz corresponde a una iluminación diaria de 10.9 a 13.3 horas recibiendo entre 610 a 934 cal/cm²/día, con los valores más bajos en el mes de diciembre y más alto en junio. Debido a que *Pinus patula* crece en zonas de niebla

con frecuencia sólo recibe 1/3 de la luz emitida por el sol, lo cual contribuye al incremento en altura de la especie (Vela, 1980).

Pinus patula en el mundo:

De los pinos nativos de México y el Caribe, *Pinus patula* es el que más se ha utilizado en elevadas altitudes en países tropicales y subtropicales. Su éxito ha sido tal que en Sudáfrica y Nueva Zelanda, las plantaciones de pinos exóticos como *Pinus patula* están ganando terreno a los bosques naturales, suprimiendo especies nativas de gran valor botánico (Zobel *et al.*, 1987; citado por Sáenz, 1991).

Pinus patula fue introducido por primera vez en Nueva Zelanda en 1877 sin registro de procedencia. Posteriormente la especie se ha llevado a otros lugares como Sudáfrica (1907), Australia (1915), Rodesia (1920), Malawi (1923), Kenia y Tanzania (1926), India (1930), Angola (1942), Suazilandia (1947) y Brasil (1957), entre otros (Wormald, 1975).

La introducción de la especie en África ha resultado en la adaptación de la misma a un área geográfica más amplia. Actualmente crece desde el ecuador hasta 31° latitud sur en África y hasta 42° latitud sur en Nueva Zelanda. Se ha introducido también en países como Madagascar, Sudáfrica, India, Kenia, Nueva Guinea, etc. (Wormald, 1975).

4.3 *Sphyrapicus varius* (Succionador de savia)

El succionador de savia (*Sphyrapicus varius*), es un ave migratoria cuya distribución es América del Norte y Mesoamérica. Es común ver esta ave invernar al sur de Estados Unidos, Centroamérica y las Antillas (Planet of birds, 2011).

Es un ave pequeña de 20 a 23 cm, perteneciente a la familia *Picidae* de la que proviene el pájaro carpintero (Hildahl y Hiratsuka, 1991). Esta especie cuenta con una media luna negra en el pecho, el vientre es de color amarillo pálido, con rayas

blancas en las alas y una coronilla color rojo carmesí. El macho tiene la barbilla y garganta roja que lo distingue de la hembra cuya barbilla y garganta es de color blanca (Ostry y Nicholls, 1978).

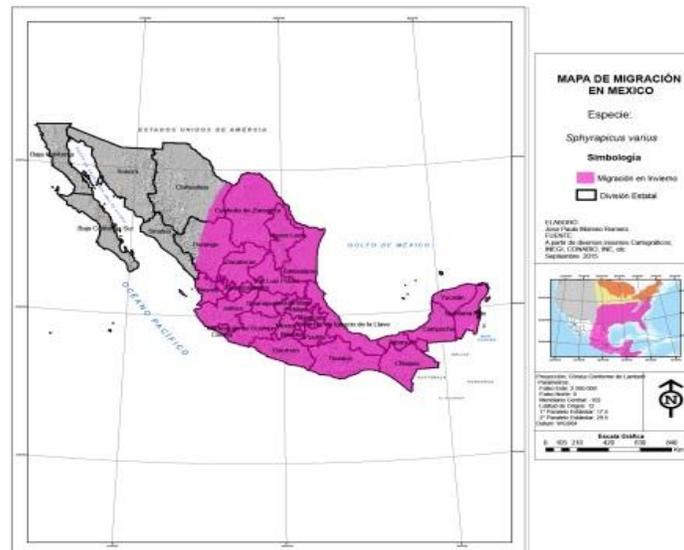
Los pájaros carpinteros juveniles mantienen un plumaje color marrón hasta finales del invierno cuando empiezan a definir su sexo, pero al igual que los adultos mantienen el color blanco sobre las bandas de sus alas (Planet of birds, 2011). El pájaro carpintero (succionador de savia) anida muy por encima de la tierra en el duramen de árboles muertos o parcialmente muertos, situados a poca distancia de su sitio de alimentación. Ponen de 3 a 7 huevos por nido; cada pareja establece su territorio sobre el cual ningún pájaro de la misma especie puede establecerse en la misma área y si el área es productiva esta misma pareja puede regresar por varios años. Alrededor de 50 por ciento de la dieta de esta especie está compuesto por la savia y la albura y el otro 50 por ciento se compone de bayas, frutos silvestres e insectos que son atraídos por la savia que exuda de los agujeros perforados en los árboles (Hildahl y Hiratsuka, 1991).

La alimentación del succionador de savia es el rasgo más distintivo de su ecología. La savia directa o indirecta contribuye de manera significativa a su dieta. La mayor parte de su tiempo se dedica a la creación, mantenimiento, inspección y vigilancia de los pozos de savia. Esta misma representa alrededor del 20 por ciento de la dieta total de esta especie, aunque en ciertos momentos puede ser de 100 por ciento de su alimentación. La savia se consume por el contenido de azúcar que varía de acuerdo a las especies de los árboles, así como la temporada. Se consume más cuando su contenido en azúcar es alto y cuando las necesidades energéticas de las aves lo requieran por ejemplo en la época de muda (Planet of birds, 2011).

Los pájaros carpinteros adultos causan daño por picotear filas horizontales (agujeros ovalados) a través de la corteza y albura; utilizan su lengua para succionar la savia proveniente de lesiones de los árboles. Cuando una hilera se seca otra fila se perfora sucesivamente. Las filas de orificios pueden extenderse a ciertas distancias del tronco. Las lesiones son más frecuentemente hechas en primavera y verano cuando es más alta la presión de savia. Los daños varían

considerablemente, dependiendo de la persistencia del ataque, los árboles ligeramente atacados por lo general se recuperan completamente. Por otro lado, las ramas ceñidas con varias filas de agujeros se dañan a menudo de forma permanente; los árboles más pequeños y las copas de los árboles adultos pueden morir por un severo ataque sucesivo de varios años. Los insectos nocivos y enfermedades pueden entrar por las lesiones causadas en el árbol, lo que resulta un daño secundario. Estos ataques son visibles en la madera muchos años después del ataque. (Hildahl y Hiratsuka, 1991).

La migración del *Sphyrapicus varius* hacia el sur comienza en septiembre. Las hembras salen primero y los machos adultos después. Ocurre durante la noche y regularmente en bandadas. Los machos se distribuyen en EU (Kansas y al sur de Long Island), mientras que las hembras viajan al occidente de las indias, México y América Central. La migración en el norte es prácticamente de los machos y las hembras viajan al sur (Planet of birds, 2011).



Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.natureserve.org/>

Figura 1: Migración de *Sphyrapicus varius* en México.

En un estudio realizado por Jasón (2002) al sur de los Montes Apalaches, el hábitat del succionador de savia (*Sphyrapicus varius*) es el de altitud media en los bosques del norte de madera dura que presentan aberturas en el dosel del bosque. Estas

aberturas son el resultado de la tala, purgas y fuego, lo cual provoca que estos árboles mueran; años atrás murieron muchas castañas. Los árboles dominantes en los bosques de madera dura del norte son abedul amarillo, arce de alsam, haya americana, abeto (*Tsuga canadensis*) y pino blanco (*Pinus strobus*). También se puede encontrar el álamo de bálsamo (*Populus balsamífera*), serbal (*Sorbus americana*), y roble (*Quercus rubra*) (Kricher y Morrison, 1998, citado por Jasón, 2002).

Al sur las subespecies de *Sphyrapicus varius* (succionador de savia) mantienen territorios por encima de 1,066.8 msnm y por debajo de los 1,524.0 msnm.

Esta elevación es crítica para la presencia de la especie en los bosques de madera dura al norte de esta latitud (Jasón, 2002).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en una plantación *Pinus patula* de 15 años de edad, ubicada en el Ejido Palo Bendito, Municipio de Huayacocotla, Veracruz, al noreste del estado. Regionalmente, la zona recibe el nombre de “Sierra de Huayacocotla” e integra con otros municipios la porción denominada Huasteca Veracruzana (Monroy, 1997). Se ubica dentro de las coordenadas geográficas 20° 27” de latitud norte y entre los 98° 29” de longitud Oeste (Figura 2).

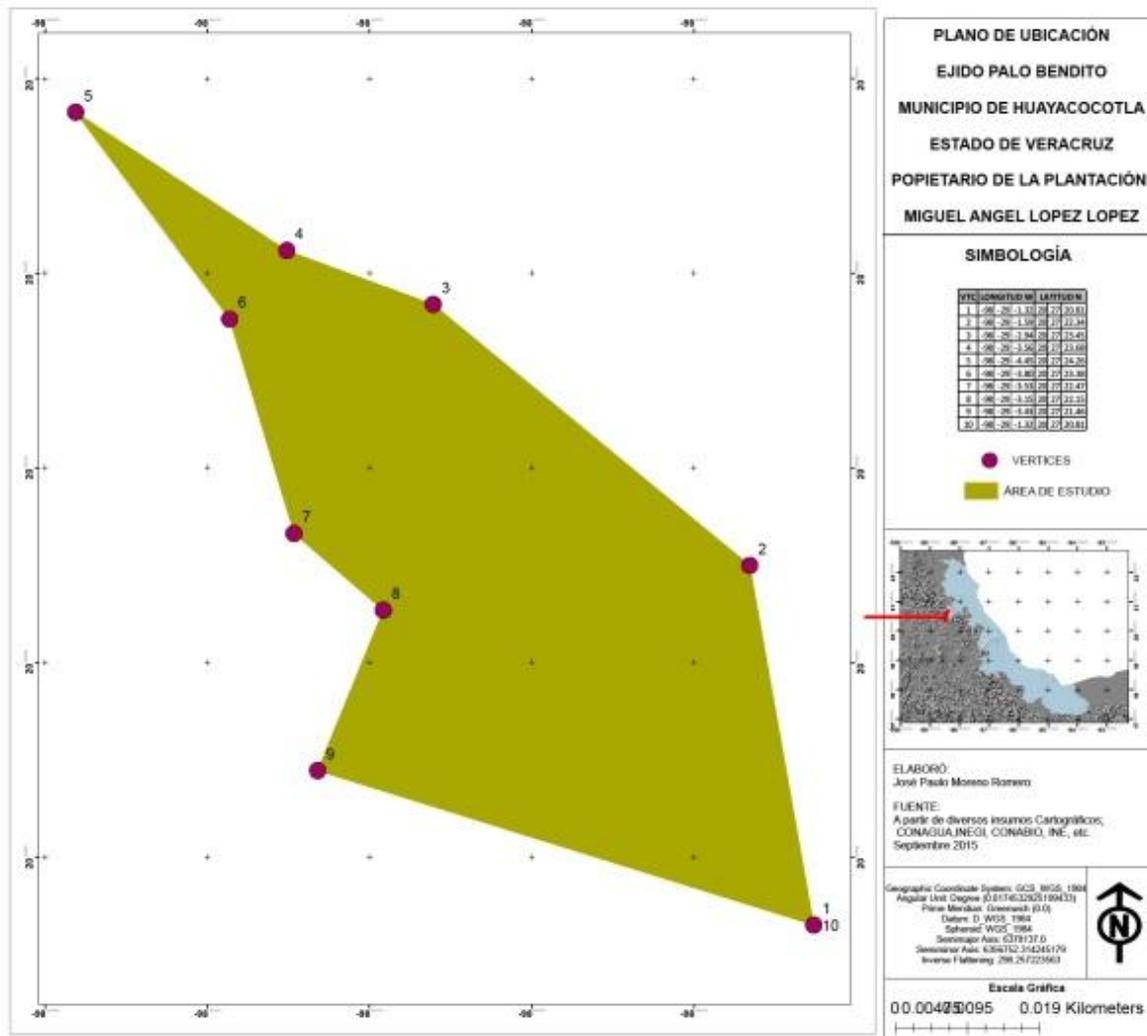


Figura 2: Localización geográfica y poligonal del área de estudio (Moreno, 2015).

5.1.1 Fisiografía

El Municipio de Huayacocotla se localiza en la provincia de la Sierra Madre Oriental (89 %) y Eje Neovolcanico (11%), subprovincia (Carso Huasteco) (89 %), llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo (11%) (INEGI, 2009). La región presenta un relieve irregular típico de las zonas montañosas, formando cañadas de profundidad variable, en las que se forman pequeños valles rodeados por laderas con inclinaciones entre 5 y hasta más del 50 por ciento. Al norte se localizan los cerros

Tlacotepetl y Corcovado con 2,250 y 2,270 msnm, al sur se localiza la parte más alta representada por el cerro Verde con una altitud de 2750 msnm (Monroy, 1997).

5.1.2 Hidrología

Huayacocotla se ubica entre la región hidrológica 26 (D) Pánuco (53 %) y 27 (D) Tuxpan – Nautla (47%), en las cuencas del Río Moctezuma y Tuxpan (García *et al.*, 2009). Las principales corrientes son: **perennes** (De Arroyo Coronas, Malpaso, Mezquite, Prieto, Salto de Viñazco, Tepeyica, Toluca y Viñazco); **intermitentes** (Agua Caliente, Agua Linda, El Lindero, El Jute, El Salvador, Jayalin, Seco, Tecojoyes y Tlaxco) (INEGI, 2009).

5.1.3 Geología y Edafología

La región de Huayacocotla tiene sus orígenes en el periodo Neógeno, Triásico, Jurásico y Cretácico (INEGI, 2009). Los componentes geológicos provienen de rocas calizas de tipo sedimentario y metamórfico, rica en fósiles y en acumulación de arcillas, que se forman a través de la intemperización de fondos marinos. (Monroy, 1997). De acuerdo con FAO-UNESCO (1970), modificada por DDGGTNAL, en esta área se presenta la unidad de suelo Feozem háplico (Hh + Rc + J/2) en asociación con las unidades Regosol calcárico y Litosol de clasificación textural franco o arcilloso. Tienen un drenaje superficial rápido y lento en el interior, el primero por las altas cantidades de humus y el segundo por la textura arcillosa predominante (Domínguez *et al.*, 1997).

5.1.4 Clima

El clima de la región es de tipo C(w2)(w)b(i´)g templado subhúmedo, con lluvias en verano y nieblas frecuentes, con una temperatura media anual del mes más frío (enero) entre 3 y 8°C. El mes más caliente (mayo) presenta una temperatura mayor a 16.5°C, presentándose heladas en invierno. La precipitación media anual varía de 633.9 a 1385.1 mm, distribuida en los meses de junio a octubre, registrándose dos máximos pluviométricos uno en junio y el otro en septiembre. Los meses más secos se presentan de febrero a mayo. La ausencia de humedad es compensada por nieblas frecuentes, registrándose de 37 a 239 días con niebla durante el año (Romo, 1991). Los vientos dominantes provienen del Golfo de México (Programa de Desarrollo Urbano, 2005).

La estación número 30359 (Palo Bendito), indica una temperatura media anual de 15°C entre los años 1982 a 1994, con una temperatura promedio en el mes más frío de 10.7° C y una de 17.9° C para el mes más caliente; con una temperatura máxima promedio de 22.4° C y una mínima promedio de 9.5°C. Además, presenta una precipitación media anual de 1813 mm, repartida mayormente en los meses de junio y octubre (García *et al.*, 2009).

5.1.5 Vegetación

Los tipos de vegetación presentes en el área de estudio son:

5.1.5.1 Bosque natural productivo de coníferas

Incluye el tipo de vegetación constituido por masas de *Pinus patula* Schl et Cham, *Pinus teocote* Schl et Cham. Y *Pinus rudis* Lind, principalmente. Se localizan en algunos predios particulares, cercanos al poblado de Huayacocotla, a una altitud

que varía entre 2,200 y 2,600 msnm (Monroy, 1997; Programa de Desarrollo Urbano, 2005).

5.1.5.2 Bosque natural productivo de Pino – Encino

Se localiza en predios particulares y en los Ejidos Palo Bendito, Tejocotes, Carbonero, La Selva, Canalejas, Donangu, Potrero de Monroy, Tlachichilquillo, Los Cubes, Corral Viejo y Tenantitlán, a una altitud aproximada entre los 1,800 y 2,800 msnm, principalmente en suelos amarillentos con textura franca y arenosa de profundidad variable con presencia de afloramientos rocosos (caolín) en algunas áreas. Las principales especies son: *Pinus patula* Schl et Cham, *Pinus teocote* Schl et Cham, *Pinus rudis* Lind, *Pinus pseudostrobus* Lindl, *Pinus montezumae* Lamb, *Pinus ayacahuite* Erhn, *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham, *Cupressus* sp, etc. (Monroy, 1997).

5.1.5.3 Bosque mesófilo de montaña

Se localiza al norte y sur de Huayacocotla, preferentemente en las laderas de las montañas y barrancas en donde las condiciones de humedad son favorables (Programa de Desarrollo Urbano, 2005). Se restringe a cañadas protegidas del viento y de la fuerte insolación, a menudo descende hasta las orillas de los arroyos. Los climas dominantes en donde se desarrolla este tipo de vegetación van del templado húmedo hasta el semicálido, con frecuentes neblinas que impiden la insolación directa, además de una alta humedad relativa que reduce al mínimo las pérdidas de agua en las plantas. Este tipo de bosque crece sobre sustratos rocosos de tipo sedimentario (calizas) y suelos poco desarrollados, pero con un buen contenido de materia orgánica. Las especies más importantes pertenecen a los géneros: *Liquidámbar*, *Carpinus*, *Engelhardia*, *Quercus*, *Clethera*, *Podocarpus*,

Magnolia, *Oreopanax*, *Juglans*, *Persea*, *Ostria*, *Chaetoptelea* y *Pteridofitas* (helechos) (García *et al.*, 2009).

5.1.6 Fauna

Los estudios sobre fauna de la región son escasos, al igual que del resto del estado de Veracruz, de tal forma que las especies enlistadas se tomaron de lo reportado en el Estudio Regional realizado por García *et al.*, 2009.

Las especies reportadas son:

- **Reptiles:** Ajolote (*Rhyacosiredon leorae*), Cascabel (*Crotalus atrox* y *Crotalus durissus*), Coralillo (*Micrurus affinis affinis*), Culebra (*Rhadinaea laureata*), Escorpión (*Barisia imbricata*), Iguana (*Ctenosaura pectinata*), Lagartija (*Sceloporus grammicus*), Mahuaquite (*Porthidium humifer*), Mazacuete (*Boa constrictor*), Ranas (*Hyla echinata*, *Hyla* sp. y *Triprion* sp.) y Salamandra (*Chiropterotriton chiropterus*).
- **Mamíferos:** Ardilla (*Sciurus aureogaster* y *Sciurus deppei*), Armadillo (*Dasybus novemcinctus*), Comadreja (*Mustela frenata*), Conejo (*Sylvilagus cunicularius*), Conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*), Coyote (*Canis latrans*), Hurón (*Spermophilus mexicanus*), Jabalí (*Pecari tajacu*), Mapache (*Procyon lotor*), Tejón (*Nasua narica*), Temazate (*Mazama americana*), Tlacuache (*Didelphis marsupialis*), Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), Zorra (*Urocyon cinereoargenteus*) y Zorrillo (*Conepatus semistriatus conepatl*, *Mephitis macroura* y *Spilogale augustritrons*).
- **Aves:** Carpintero (*Dryocopus lineatus* y *Melanerpes aurifrons*), Codorniz pinta (*Cyrtonyx montezumae*), Garza (*Larus* sp.), Garza garrapatera (*Chachalaca vetula*), Gavilán (*Accipiter striatus* y *Parabuteo unicinctus*), Gorrión (*Carpodacus mexicanus*), Halcón de cola roja (*buteo jamaicensis*), Loro cariamarillo (*Amazonia autumnalis*), Pájaro carpintero (*Sphyrapicus thyroideus* y *Sphyrapicus varius*), Paloma (*Zenaidura asiatica*, *Zenaidura macroura*, *Columba flavirostris*, *Leptotila verreauxi*, *Oropelia montana*), Papán (*Cyanicorax morio*), Primavera (*Turdus migratorius*), Querreque o carpintero (*Melanerpes formicivorus*), Querreque o carpintero (*Melanerpes formicivorus*), Salteador (*Troglodytes brunneicollis*), Zopilote (*Coragyps atratus* y *Cathartes burrovianus*).

Cuadro 1. Especies de Fauna dentro la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la UMAFOR 3013 (García et al., 2009).

Genero	Especie	Nombre común	Status
Picoides	<i>Stricklandi</i>	carpintero volcánico, carpintero de Strickland	Amenazada
Sorex	<i>saussurei</i> <i>veraecrucis</i>	musaraña de Saussure	Protección especial
Sciurus	<i>Oculatus</i>	ardilla de peter	Protección especial
Leopardus	<i>Pardalis</i>	Ocelote	Peligro de extinción
Herpailurus	<i>yagouaroundi</i>	Jaguarundi	Amenazada
Thamnophis	<i>Scalaris</i>	culebra listonada de montaña cola larga	Amenazada
Pituophis	<i>Deppei</i>	Cincuate	Amenazada
Phrynosom a	<i>Orbicolare</i>	lagartija cornuda de montaña	Amenazada
Sceloporus	<i>grammicus</i>	lagartija escamosa de mezquite	Protección especial
Salvadora	<i>Bairdi</i>	culebra parchada de Baird	Protección especial
Coluber	<i>constrictor</i>	culebra corredora constrictor	Amenazada
Crotalus	<i>Durissus</i>	víbora de cascabel	Protección especial

5.2 Diseño experimental

Debido a que la plantación de *Pinus patula* es bastante homogénea y presenta características fisiográficas como: porcentaje de pendiente (menor a 10%), exposición del terreno (una sola exposición). Además, que los árboles tienen la misma edad y la procedencia es la misma, no hubo ningún factor que justificara utilizar algún tipo de bloqueo. Por lo anterior se determinó que el diseño experimental más apropiado para esta investigación es el completamente al azar. Así mismo se siguió el protocolo descrito por Hinkelmann y Kempthorne, 1994.

En el diseño experimental se establecieron cuatro tratamientos: 1) testigo sin fertilización, 2) nitrógeno en forma de urea, 3) fósforo en forma de superfosfato triple de calcio y 4) potasio en forma de sulfato de potasio. Cada tratamiento se replicó 10 veces (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos de fertilización en el área experimental.

No Árbol	Tratamientos	Repetición
49	Testigo sin Fertilizar	1
53	Testigo sin Fertilizar	2
64	Testigo sin Fertilizar	3
81	Testigo sin Fertilizar	4
96	Testigo sin Fertilizar	5
128	Testigo sin Fertilizar	6
145	Testigo sin Fertilizar	7
176	Testigo sin Fertilizar	8
190	Testigo sin Fertilizar	9
243	Testigo sin Fertilizar	10
47	Nitrógeno	1
62	Nitrógeno	2
52	Nitrógeno	3
83	Nitrógeno	4
92	Nitrógeno	5
124	Nitrógeno	6
148	Nitrógeno	7
159	Nitrógeno	8
214	Nitrógeno	9
178	Nitrógeno	10
66	Fósforo	1
51	Fósforo	2
55	Fósforo	3
5	Fósforo	4
44	Fósforo	5
118	Fósforo	6
140	Fósforo	7
164	Fósforo	8
183	Fósforo	9
267	Fósforo	10
11	Potasio	1
111	Potasio	2
139	Potasio	3
133	Potasio	4
131	Potasio	5
54	Potasio	6
120	Potasio	7
152	Potasio	8
193	Potasio	9
248	Potasio	10

El proceso de fertilización se realizó al voleo en la zona de goteo de los árboles en forma granulada. Esta operación se realizó en el mes de abril de 2008. Las dosis aplicadas se enlistan a continuación:

Nitrógeno: 333.59 g de urea/ árbol.

Fósforo: 109.35 g de superfosfato triple de calcio/ árbol.

Potasio: 188.67 g de sulfato de potasio/ árbol.

Las dosis señaladas de fertilización se determinaron utilizando el programa (NUTRIDRIS, 2007), elaborado por el Dr. Miguel Ángel López López del Postgrado en Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados y recomendado por (Calixto, 2015).

El total de tratamientos con sus respectivas repeticiones produjo un total de 40 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo constituida por un árbol de *Pinus patula* de aproximadamente 17 cm de diámetro normal.

5.3 Variables evaluadas

5.3.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Con una cinta diamétrica se midió el DAP de cada uno de los árboles involucrados en el estudio. Esta evaluación se realizó en el mes de abril del 2010. Esto sirvió para medir el incremento del diámetro a la altura de pecho de todos los individuos de *Pinus patula*, esta variable se midió en cm.

5.3.2 Incremento de diámetro a la altura del pecho (IDAP)

Para evaluar esta variable se compararon los valores del diámetro a la altura del pecho (DAP) correspondientes al mes de abril en el año 2008 y 2010. La diferencia entre estos se registró como el IDAP. Posteriormente se calculó el promedio por cada tratamiento.

5.3.3 Incremento de biomasa de fuste

Esta variable se estimó a partir del DAP en el año 2010, con la siguiente ecuación elaborada por Castellanos *et al.*, (1996):

$$Bf \text{ (kg)} = (-2.06082 + (2.30026 * \text{LN (DAP)}))$$

Donde:

Bf= Biomasa del fuste con corteza.

LN (DAP)= Logaritmo natural del diámetro a la altura del pecho.

Con la ecuación citada se estimó la biomasa de fuste con corteza 2008. Utilizando el mismo procedimiento se calculó la biomasa 2010. La diferencia entre la biomasa obtenida en los años 2008 y 2010 corresponde al incremento de biomasa de fuste.

5.3.4 Grado de ataque de la plaga

Se diseñó una escala visual arbitraria en la que al grado de ataque, basado en el número de perforaciones por *Sphyrpicus varius* varió de 0 a 3. De acuerdo con esta escala, los árboles sin perforaciones recibieron un valor de cero. Aquellos con un daño ligero recibieron el valor de uno, los que tuvieron un daño medio obtuvieron el valor de dos y aquellos que presentaron un daño severo recibieron un valor de tres. Se inspeccionó cada uno de los árboles incluidos en

el experimento y cada unidad experimental fue calificada de acuerdo con esta escala.

5.3.5 Número de perforaciones 1.30m - 2.30m

Con la ayuda de una regla graduada se delimito y marcó en cada árbol las alturas a 1.30 y 2.30 m a partir de la superficie del suelo. Posteriormente con una lata de pintura se trazó una circunferencia en cada diámetro en mención; esto con la finalidad de ubicar el límite inferior y superior en el que se presentó el mayor índice de perforaciones por *Sphyrpicus varius*. Posteriormente se cuantificó la totalidad de perforaciones por sección de un metro para cada árbol. La superficie total de corteza entre el 1.30 y 2.30 m de cada árbol de *Pinus patula* se estimó mediante una figura trapezoidal la cual se ajustaría a la corteza si se hiciera un corte vertical a lo largo del fuste y se extendiera la corteza en su longitud.

5.4 Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante el análisis de varianza con su respectiva prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Incremento de diámetro a la altura del pecho (IDAP)

El Cuadro 3 indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización aplicados en lo que respecta al incremento de diámetro a la altura del pecho.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable incremento de diámetro a la altura de pecho.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	3	13.2045	4.40150676	4.78	0.0071
Error	33	30.3658	0.92017424		

Lo anterior se corrobora en la prueba de comparación de medias (Cuadro 4). Este Cuadro indica además que el tratamiento con fósforo produjo el mayor IDAP, seguido del tratamiento con nitrógeno, sin embargo no existen diferencias entre estos dos tratamientos. El tratamiento testigo presentó el menor incremento de diámetro.

Por lo anterior, se confirma que existen diferencias significativas entre el tratamiento con fósforo y el tratamiento testigo.

El hallazgo anterior y de acuerdo con la ley del mínimo Liebig (Pritchett, 1982), indica que nitrógeno y fósforo, y en algún grado potasio, son deficientes en el sitio de estudio, puesto que los árboles respondieron a la aplicación de tales nutrimentos.

Cuadro 4. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable Incremento de Diámetro a la Altura del Pecho (IDAP):

Grupo	Media	Repeticiones	Tratamientos
A	2.33	10	P
A	2.2875	10	N
B A	1.7333	10	K
B	0.88	10	T

En coincidencia con el presente estudio, Lázaro *et al.*, (2012), determinaron en una plantación de *Pinus patula* ubicada en Aquixtla, Puebla, que la fórmula de fertilización 185-0-0 Kg ha⁻¹ de NPK mejoró el crecimiento en volumen e incrementó el área basal de los árboles.

Fernández *et al.*, (1999), evaluaron los resultados de crecimiento obtenidos a los 6 meses de edad en una plantación de *Pinus taeda* en la provincia de corrientes, Argentina. Los autores determinaron que la aplicación de 45 y 90 g P₂O₅ planta⁻¹ tuvo un efecto positivo tanto en la altura total como en el diámetro de cuello, mientras que la aplicación de 22.5 y 45 g N planta⁻¹ se asoció con la disminución de los parámetros de crecimiento.

Así mismo, Croust *et al.*, (2009), diseñaron un ensayo para determinar el tiempo óptimo y la tasa de aplicación de fósforo (P) y potasio (K), para mitigar la declinación observada en el crecimiento de rodales de *Pinus patula* en una plantación de Swaziland. Los autores aplicaron fertilizantes en tres cantidades 20/20, 40/40 y 80/80 Kg P/K ha⁻¹ siendo la última dosis la que incrementó significativamente el diámetro a la altura de pecho de 20.0 cm a 23.0 cm.

Villamagua *et al.*, (2014), instalaron un experimento en parcelas subdivididas para determinar el efecto de bicarbonato (0, 3 y 6 t ha⁻¹), cal (5 t ha⁻¹) y nutrientes (N, P, K; Mg y Zinc), sobre el crecimiento inicial de pachaco (*Schizolobium parahyba Vell*) y melina (*Gmelina arbórea Roxb*) al sur de la Amazona Ecuatoriana. A los dos años

de edad se encontraron diferencias altamente significativas por la fertilización en altura de la planta, diámetro basal y diámetro a la altura de pecho.

De acuerdo con los estudios analizados se observa que no existe un patrón idéntico en las fertilizaciones realizadas, así mismo no se utilizan las mismas proporciones en cada elemento. Lo que es muy claro es que al utilizar la fertilización con estos macronutrientes se observa una respuesta favorable a las variables evaluadas en cada experimento.

6.2 Incremento de biomasa de fuste (IBF)

En esta variable el análisis de varianza realizado (Cuadro 5), presenta diferencias entre los tratamientos de fertilización aplicados.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable incremento en biomasa de fuste (IBF):

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	3	0.1733	0.05776529	4.62	0.0084
Error	33	0.413	0.01251525		

En la prueba de comparación de medias (Cuadro 6), se visualiza que el tratamiento con nitrógeno indujo un mayor IBF, seguido del tratamiento con fósforo y potasio, sin embargo no existen diferencias entre los tratamientos con N y P. No obstante lo anterior, el tratamiento con nitrógeno si fue estadísticamente significativo y superior que el tratamiento testigo, el cual presentó el menor incremento.

En el mismo cuadro se observa que los nutrientes limitantes en la plantación en estudio son nitrógeno y fósforo, debido a que la aplicación de estos nutrientes generó las mayores respuestas positivas. Esto concuerda perfectamente con lo indicado por el incremento de diámetro a la altura del pecho.

Cuadro 6. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable Incremento de biomasa de fuste (IBF):

Grupo	Media	Repeticiones	Tratamientos
A	0.27463	10	N
A	0.2591	10	P
B A	0.18744	10	K
B	0.1037	10	T

En relación a esta variable, Turner *et al.*, (2002), después de 50 años en una plantación de *Pinus radiata* evaluó la aplicación de dos fertilizantes fosfatados (superfosfato y roca fosfatada) en razón de 96 Kg ha⁻¹; la cual tuvo un aumento significativo en biomasa de 380 ton ha⁻¹ comparado con 278 ton ha⁻¹ en el tratamiento testigo.

Vásquez (2014), determinó los efectos de aclareos y fertilización química en la productividad primaria neta aérea (PPNA), así como la recirculación de N, P, K en dos plantaciones de *Pinus Patula* Schiede ex schldl. *et.*, Cham en Huayacocotla, Veracruz, México, una de las cuales correspondió a la del presente estudio. Los resultados obtenidos en el citado experimento indicaron que la fertilización incrementó la biomasa de fuste (IB), disminuyó la producción de Hojarasca (PHO), y PPNA en la plantación, lo que indica que los requerimientos de los árboles cambiaron, entre 2008 fecha en que se hizo la fertilización para el presente estudio, y 2012, año en que Vásquez realizó su experimento de fertilización. De acuerdo con Vásquez (2014), cuando su experimento fue establecido, la plantación ya presentaba una elevada competencia entre copas, por lo que quizá a esa edad, la principal limitante para el crecimiento ya era la radiación solar recibida por cada copa.

6.3 Grado de ataque de la plaga (GA)

En el Cuadro 7, se observa que el análisis de varianza realizado no muestra diferencias estadísticas significativas en cuanto al grado de ataque en los diferentes tratamientos aplicados.

Cuadro 7. Análisis de Varianza para la variable Grado de Ataque (GA):

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	3	4.000000	1.33333333	1.62	0.2014
Error	36	29.60000	0.82222222		

Este resultado se confirma en la prueba de comparación de medias (prueba de Tukey); sin embargo en la mencionada prueba se observa que en el tratamiento con nitrógeno en forma de urea no se presentó ningún grado de ataque, seguido del tratamiento con fósforo con una media de 0.2. El mayor grado de ataque se presentó en el testigo, así como en el tratamiento con potasio.

Aun cuando los resultados descritos muestran que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en términos del grado de ataque de *Sphyrpicus varius*, la prueba de Tukey (Cuadro 8), muestra que las diferencias entre las medias de ataque correspondientes al tratamiento testigo con respecto a los tratamientos con nitrógeno o fósforo son importantes (0.8 vs 0.0). Esto indica que existe una relación importante entre el grado de ataque y los nutrimentos aplicados, siendo nitrógeno y fósforo los que disminuyeron de manera importante el grado de ataque. Lo anterior también se ilustra en la Figura 3.

Cuadro 8. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable grado de ataque (GA):

Grupo	Media	Repeticiones	Tratamientos
A	0.800	10	T
A	0.600	10	K
A	0.200	10	P
A	0.000	10	N

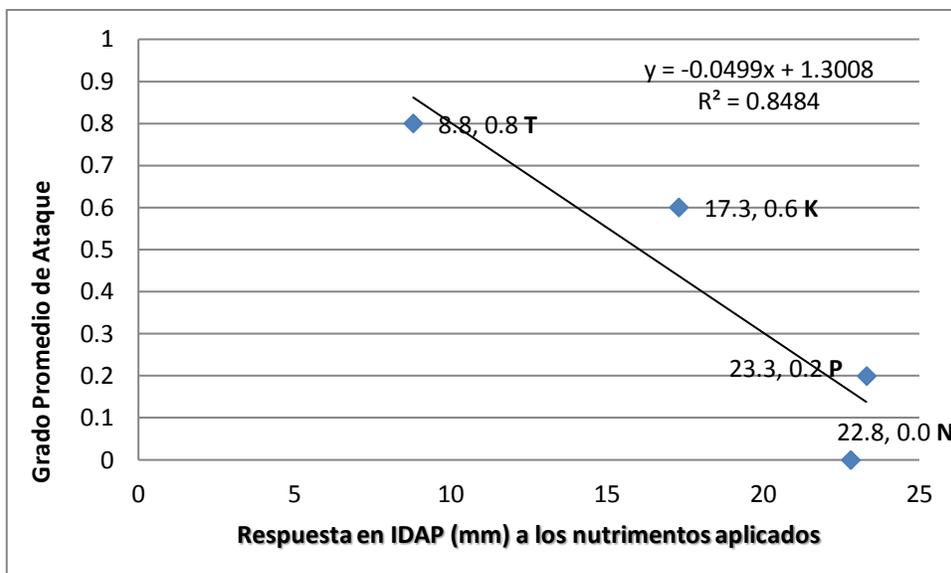


Figura 3. Grado de ataque de *Sphyrpicus varius* en función de la respuesta de los árboles a la aplicación de nutrientes.

La Figura 3 muestra una fuerte asociación del grado de ataque y la respuesta de los árboles a los fertilizantes aplicados en términos de incremento de diámetro a la altura del pecho (IDAP). De acuerdo con esta figura, cuando la respuesta de los árboles en términos del IDAP con respecto al testigo fue baja (menor IDAP), el grado de ataque fue elevado. En cambio, cuando la respuesta a los fertilizantes fue alta (mayor IDAP), como sucedió en los casos de nitrógeno y fósforo, el grado de ataque fue nulo o ligero. Esto indica que la aplicación de nutrientes deficientes en un sitio; es decir, nutrientes a cuya aplicación se esperan respuestas positivas de los árboles, contribuye a reducir el ataque, en este caso de *S. varius*.

El modelo que relaciona el grado de ataque con la respuesta a la aplicación de fertilizantes (figura 3) indica que tan solo la variación de tal respuesta explica prácticamente 85% de la variación del grado de ataque. Este valor es bastante elevado si se considera que se trata de una sola variable independiente (respuesta a los fertilizantes). Esto significa que cuando se esperen respuestas fuertes a la aplicación de un nutriente en particular; es decir, cuando se aplique un nutriente deficiente en el sitio, podría esperarse una disminución en la incidencia de esta plaga en particular.

Este tipo de efectos fue encontrado en el estudio realizado por López y Estañol (2007), en que se detectó deficiencia aguda de Fe y fuerte presencia de *Dendroctonus* sp. en una plantación de *Pinus leiophylla* localizada en Montecillo Texcoco, Estado de México. La aplicación de Fe foliar promovió la erradicación total de *Dendroctonus* sp en un periodo de cuatro meses aproximadamente. Lo anterior concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio.

Asimismo, los resultados obtenidos en el grado de ataque son coherentes con los siguientes estudios realizados.

En un estudio realizado por Pérez *et al.*, (2013), los autores encontraron que los sitios con *Pinus hartwegii* que presentaron concentraciones naturales altas de nitrógeno y potasio en relación a las de fósforo, mostraron mayor incidencia de *Dendroctonus adjunctus* en el Cerro Tláloc, Texcoco, Estado de México. Posteriormente, Pérez (2015) demostró que la aplicación del nutrimento deficiente, en este caso fósforo, disminuyó significativamente el ataque de *D. adjunctus*.

6.4 Número de perforaciones por metro cuadrado de corteza (NPMCC):

En el Cuadro 9 se observa que en el análisis de varianza para la variable número de perforaciones por metro cuadrado de corteza de *Pinus patula*, existe diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización aplicados solamente con un nivel de confiabilidad del 90%.

Cuadro 9. Análisis de Varianza para la variable Número de Perforaciones por metro cuadrado de corteza (NPMCC):

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	3	22470.30275	7490.10092	2.23	0.1012
Error	36	120817.1050	3356.03069		

La prueba de comparación de medias Cuadro 10 (prueba de Tukey, $\alpha=0.05$) muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo hay diferencias numéricas entre dichos tratamientos. El tratamiento con nitrógeno (333.59 g de nitrógeno por árbol) presentó la menor cantidad de perforaciones por metro cuadrado de corteza (evaluadas a 2.30 m de altura en el fuste), seguido del tratamiento con fósforo. El tratamiento testigo presentó el mayor número de perforaciones por metro cuadrado de corteza, mientras que el tratamiento con potasio mostró valores intermedios.

Cuadro 10: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable número de perforaciones por metro cuadrado de corteza de *Pinus patula*.

Grupo	Media	Repeticiones	Tratamientos
A	60.73	10	T
A	37.50	10	K
A	8.00	10	P
A	1.74	10	N

Los resultados que muestra esta variable (número de perforaciones por metro cuadrado de corteza) son congruentes con los correspondientes a la variable de respuesta grado de ataque, lo que sugiere consistencia en los efectos de los nutrimentos aplicados.

El presente estudio demuestra que la aplicación de nutrimentos deficientes en una plantación de *Pinus patula* es una herramienta útil en el control de *S. varius*, pero otros estudios demuestran que esto es cierto en los casos de otras especies forestales y diferentes plagas (López y Estañol, 2007; Pérez *et al.*, 2013; Pérez, 2015). Estos resultados son importantes desde varios puntos de vista. Desde el punto de vista de productividad la aplicación de nutrimentos deficientes tiene el potencial de incrementar la productividad del bosque, además de reducir la incidencia de plagas. Desde el punto de vista ecológico, el control de plagas por medio del uso de fertilizantes excluye a los árboles tratados del ataque de las

plagas, mas no elimina las plagas, a diferencia del uso de pesticidas, que son productos que por lo general actúan directamente sobre las plagas eliminándolas (matándolas).

Desde el punto de vista de contaminación ambiental el uso de fertilizantes químicos puede ser inocuo (López y Estañol, 2014) si se realiza de manera adecuada, por lo que no puede representar riesgos ambientales significativos. En cambio el uso de pesticidas, por lo general presenta efectos importantes en términos de contaminación de suelos, cuerpos de agua y ambiente general, eliminando generalmente múltiples especies de organismos diferentes a las plagas objetivo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aplicación de nitrógeno y fósforo mejoró de manera significativa el incremento de diámetro a la altura de pecho de *Pinus patula*.

La aplicación de potasio mejoró de manera no significativa el incremento de diámetro a la altura de pecho en *Pinus patula*.

Nitrógeno y fósforo son nutrimentos deficientes en la plantación de *Pinus patula* localizada en Palo Bendito, Huayacocotla, Veracruz.

El grado de ataque se relaciona fuertemente con la aplicación de nutrimentos, siendo la aplicación de los nutrimentos deficientes la que disminuye el grado de ataque y el número de perforaciones por metro cuadrado de corteza causados por *Sphyrpicus varius*.

La aplicación del tratamiento con nitrógeno logró el menor número de perforaciones por metro cuadrado de corteza con una media de 1.74, así mismo se observó que el tratamiento testigo presentó el mayor número de perforaciones por metro cuadrado de corteza con una media de 60.73.

La aplicación de nutrimentos deficientes en un sitio forestal puede constituir una herramienta eficiente en el control de plagas.

Se recomienda fertilizar con fósforo y nitrógeno la plantación de *Pinus patula* estudiada, para incrementar el diámetro a la altura de pecho.

Se recomienda la fertilización con nitrógeno y fósforo para incrementar la biomasa del fuste en la plantación estudiada.

Se recomienda la aplicación de nitrógeno y fósforo en la plantación estudiada, para incrementar la productividad (DAP - IBF) y disminuir la incidencia de *Sphyrpicus varius*.

8. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G., y L. Trejo. I. 2007. Nutrición de cultivos. Ediciones Mundi Prensa. Colegio de posgraduados. México DF, México. 438 p .
- Bolles, F. 1892. Young Sapsuckers in captivity. A Quartely Journal of Ornithology. 9 (2): 109-119.
- Calixto, V. C. G., M. A. López, L., A. Equihua., D. E. Lira., V. M. Cetina. 2015. Crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandella* en respuesta al manejo nutrimental. Bosque. 36 (2): 265 – 273.
- Castellanos, J.F., A. Velazquez., J, Vargas., A. C. Rodríguez., A. M. Fierros. 1996. Producción de biomasa en un rodal de *Pinus patula*. Agrociencia 30 (1): 123-128.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2011. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temasforestales/reforestacion/fichas-tecnicas> (Consultado 02 de abril de 2011).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://naturalista.conabio.gob.mx/taxa/273784-Pinus-patula> (Consultado el 09 de Noviembre de 2015).
- Crous, J. W., A. Morris, R., y M. Scholes, C. 2009. Effect of phosphorus and potassium fertilizer on tree growth and dry timber production of *Pinus patula* on gabbro-derived soils in Swaziland. Southern Forests: a Journal of Forest Science. 71 (3): 235-243.
- Domínguez, A. F. A., M. Rodríguez, A., y C. Mallen, R. 1997. Evaluación de cuatro intensidades de poda en una plantación de *Pinus patula Schl. et Cham.* en la región de Huayacocotla, Ver. Ciencia Forestal en México. 22 (82): 15-32.
- Eguiluz, P. T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de licenciatura. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo, México. 456 - 475 p.

- FAO-UNESCO. 1970. Clave de unidades de suelos para el mapa de suelos del Mundo. Proyecto FAO-UNESCO. Secretaría de Recursos hidráulicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. México, D. F. 104p.
- Fernández, R., F. Rodríguez A., A. Lupi., A. Hernández y H. Reis. 1999. Efectos de diferentes prácticas de preparación del terreno y fertilización sobre el crecimiento inicial del *Pinus ssp* en el NE argentino. *Bosque*. 20 (1): 47-55.
- García, V. M., L. A. Moreno, L., y A. Guevara, H. 2009. Estudio Regional Forestal, UMAFOR 3013, Sierra de Huayacocotla. Huayacocotla, Ver. México. 176 p.
- Gillespie, A. J. R.1992. *Pinus patula* Schiede and Deep. Patula pine. SO-ITF-SM-54. New Orleans, LA: U.S. Department Of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5. P
- Hildahl, V., Hiratsuka, Y. 1991. Yellow-bellied sapsucker. Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. 2 p.
- Hinkelmann, K., y O, Kempthorne. 1994. Design and Analysis of Experiments, Volumen1:Introduction to experimental. John Wiley and Sons, INC. 250-260 pp.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huayacocotla, Ver. 9 p.
- Jasón, O.C.2002. Habitat Analysis and Survey of the Yellow-bellied Sapsucker, *Sphyrapicus varius*, in the Southern Appalachians. Thesis Master of Science in Biology. Department of Biological Sciences. East Tennessee State University. 61 p.
- Lázaro-Dzul, M .O., J. Velázquez, M., J. J. Vargas, H., A. Gómez, G., M. E. Álvarez, S., M. A López, L. 2012. Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un latizal de *Pinus patula* Schl. et Ccham. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*.18 (1): 33-42.

- López, L. M. A., y E. Estañol, B. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. *Terra Latinoamérica*. 25 (1): 9-15.
- Mallen, R. C. 1999. Propuesta para la Protección, la Restauración y el Manejo de la Región de Huayacocotla, Veracruz. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-12.
- Martínez, M. 1992. Los pinos mexicanos. Ediciones Botas. Tercera edición. México, D.F. 361 p.
- Monroy, R. C. R. 1997. Evaluación de crecimiento y productividad de *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región de Huayacocotla, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Linares, Nuevo León. Mexico.119 p.
- Montiel, O. D., I. Zamudio, V. 2007. Caracterización de una plantación de (*Pinus patula* Schl. et Cham.) En el municipio de Teziutlán, Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 63 p.
- Ostry, E. M., T. Nicholls, H. 1978. How to identify and control sapsucker injury to trees. North Central Forest Experiment Station. Forest Service. USDA. St. Paul, MN. (Disponible en: http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/howtos/ht_sap/sap.htm)
- Pérez, C. M., M. A. López L., A. Equihua M., V. M. Cetina. A., y J. T. Méndez. M. 2013. Relationships between sites factors and bark beetle attack on pine trees. *Journal of Biological Sciences*. 13 (7): 621-627.
- Pérez, C., M. 2015. Control del descortezador *Dendroctonus adjunctus* B mediante la aplicación de nutrimentos deficientes en un bosque natural de *Pinus hartwegii*. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Forestales. Colegio de Posgraduados. 86 p.
- Perry, P. J.1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Prees Inc, Portland, Oregon, U.S.A. 231 p.

- Planet of birds. 2011. <http://www.planetofbirds.com/piciformes-picidae-yellow-bellied-sapsucker-sphyrapicus-varius> (Consultado el 12 de mayo de 2011).
- Pritchett, W.L.1986. Suelos Forestales. Limusa, México. 634. p
- Programa de desarrollo urbano del centro de población de Huayacocotla, Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz de la Llave. Secretaria de Desarrollo Regional. Primera edición. 2005. 198 p.
- Romo, G. D. 1991. Diferentes intensidades de poda en una plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham. en la región de Huayacocotla, Ver. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 78 p.
- Sáenz, R. C. 1991. Control Genético de algunas características de progenies de medios hermanos de *Pinus patula* Schiede y Deppe, procedentes de Sudáfrica y probadas en Veracruz, México. Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. 66 p.
- Theodore, W. D., John A., H. Frederick S. 1982. Principios de Silvicultura.. McGraw-Hill. Primera edición en español. México DF. 421-424p.
- Turner, J., M. J. Mambert., F .R. Humphreys. 2002. Continuing growth response to phosphate fertilizers by a *Pinus radiata* plantation over fifty years. Forest Science 48 (3): 556-568.
- Vásquez, G. I. 2014. Aclareo y Fertilización en la Productividad Primaria Neta y Recirculación Nutrimental en Plantaciones de Pino. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México. 53 p.
- Vela G. L. 1980. Contribución a la ecología de *Pinus patula* Schlect.et.Cham. Publicación especial No 19, INIF, México. 109 p.
- Vela G. L.1976. *Pinus patul* Schlect.et.Cham, una importante especie mexicana de pino. Ciencia Forestal.1 (1): 12-20.

- Velasco, V. V.A. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra*. 17 (3): 193- 200.
- Villamagua, M. A., C. Valarezo., E. González. 2014. Gestión de la fertilidad del suelo con enmiendas de carbón vegetal en plantaciones de árboles maderables en el sur de la amazonia ecuatoriana: caso Zamora. Artículo de investigación. *Revista de la energía*. Universidad Nacional de Loja. 93-113.
- Weetman, G. F., S.B.Hill. 1973. General environmental and biological concerns in relation to forest fertilization. In *Forest fertilization, Symp. Proc. USDA Forest Ser. Gen. Tech. Rep. NE-3*. 19-35 p.
- Wormald, T. J.1975. *Pinus patula*. Tropical Forestry Papers No.7. Comm. For. Inst., Oxford, England. 234 p.
- Yacelga, C. L. G. 2011. Evaluación del crecimiento inicial de 25 procedencias de *Pinus patula* Schlect.et.Cham. en la Granja Experimental “La Pradera” Provincia de Imbabura. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 59 p.
- Zavala, C. F. 1990. Clave para identificación de especies de *Pinus* en México. Un enfoque sistemático. Serie de apoyo académico No 41, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, México.