

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**UNIDAD XOCHIMILCO - CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA
SALUD**

LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

Relación de variables ambientales y
edafológicas con el crecimiento de
Bursera linanoe (Llave) Rzed.,
Calderón y Medina en Piaxtla, Puebla

Estudiante: José María Sánchez García De La Vega

Matrícula: 2153025884

Asesora: Dra. Angélica Jiménez Aguilar

Número económico: 38202

Asesora: Dra. Marcela Vergara Onofre

Número económico: 16356

Municipio de Piaxtla Puebla

7/5/2022 a 7/11/2022

Contenido

INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN	2
MARCO TEÓRICO	2
OBJETIVOS	5
General.....	5
Particulares.....	5
METAS	5
METODOLOGÍA	6
Muestreo y planteamiento del experimento	6
Medición de altitud, temperatura y precipitación	6
Determinaciones de suelo	7
Densidad real de las partículas del suelo	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
CONCLUSIONES	14
REFERENCIAS	16

INTRODUCCIÓN

El linaloe (*Bursera linanoe*) es una especie endémica de México altamente apreciada en la antigüedad, tanto por su madera como por los aceites provenientes de su fruto, los cuales se emplean con fines medicinales y para la industria cosmética.

El presente estudio busca analizar las características fisicoquímicas presentes en suelos de la región con presencia y sin presencia de linaloe, a fin de determinar cuáles son las más importantes para el desarrollo del árbol buscando lograr implementar posteriormente programas de reforestación en zonas que presenten mejores condiciones para los individuos.

JUSTIFICACIÓN

El aprovechamiento insostenible de esta planta sumado a las dificultades inertes a su reproducción llevó a una disminución importante en el número de individuos presentes en la región de la selva baja caducifolia en Guerrero, Puebla y Morelos, por lo que es importante generar estudios que busquen la conservación y un aprovechamiento sustentable de la especie.

En la actualidad existen pocos estudios enfocados a la relación de *Bursera linanoe* con las propiedades físicas y químicas del suelo, se mencionan variables de interés para la planta como la altura sobre el nivel del mar, la pedregosidad, la temperatura y el volumen de lluvia requerido, sin embargo variables físicas y químicas del suelo no han sido estudiadas en profundidad debido en gran medida a que la mayoría de los trabajos se han enfocado en describir las posibles zonas en las que se encuentra *B. linanoe* y no bajo un enfoque de aprovechamiento comercial de la planta (Hernández *et al.*, 2011; INIFAP, 2009; Juárez, 2008).

MARCO TEÓRICO

Generalidades del género *Bursera*

Bursera incluye a más de un centenar de especies de plantas leñosas endémicas al continente americana, no obstante, el centro de la diversidad se encuentra localizado en México. Las especies se caracterizan por ser árboles o arbustos con hoja decidua y perteneciente a los bosques tropicales caducifolios (Rzedowski *et al.*, 2004).

Como característica general, las especies de *Bursera* producen aceites esenciales del grupo de los terpenos, que brinda un aroma intenso y variado al estrujarse, no obstante, no es una buena característica para distinguir taxones ya que se ha observado con la cromatografía de gases que la cuantía y las diferencias entre

terpenos varía más entre poblaciones que entre los diferentes taxa (Rzedowski *et al.*, 2004).

Descripción de la especie

Es identificada la especie como *B. linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón y Medina (2005), previamente se denominó *B. aloexylon* y anteriormente *B. delpechiana*. Es un árbol dioico capaz de alcanzar los 8 m de alto, resinoso y con un tronco de hasta 60 cm de diámetro de una corteza gris-rojiza, posee ramas lignificadas rojizas oscuras. Las hojas a menudo se aglomeran en los ápices de ramillas cortas, son imparipinnadas y de 6 a 12 cm de largo con 3 a 8 cm de ancho (Juárez, 2008; Rzedowski *et al.*, 2005; Rzedowski *et al.*, 2004).

Es relativamente frecuente en el bosque tropical caducifolio sobre diversos sustratos geológicos, florece de mayo a principios de Julio y se encuentra desprovisto de follaje de noviembre a mayo, es endémica al sur de México (Rzedowski *et al.*, 2004).

Requerimientos del linaloe

El éxito del cultivo de árboles se puede ver entendido como la respuesta de la especie al conjunto de factores ambientales, climáticos y edáficos que interactúan entre sí. El determinar los factores que poseen mayor relevancia para la especie a estudiar se vuelve una cuestión de suma importancia para el éxito de programas tanto de reforestación como de establecimiento de cultivo comercial (Mora *et al.*, 2015).

Requerimientos ambientales

El linaloe (*Bursera linanoe*) es un organismo clave en las comunidades vegetales de la Selva Baja caducifolia donde predomina un clima seco con dos estaciones marcadas, una húmeda en verano de junio a septiembre y una seca prolongada desde noviembre a mayo (INIFAP, 2009; Juárez, 2008).

Las poblaciones naturales de la especie de acuerdo a INIFAP (2009) y Rzedowski *et al.* (2005) se ubican en una altitud entre los 550m y los 1519m sobre el nivel del mar, no obstante, las plantas son más frecuentes entre los 600 y 1200 m con una pendiente que oscila entre 25 y 60%. Sin embargo, Hernández *et al.* (2011) mencionan que la altitud donde se distribuye *B. Linanoe*, oscila entre los 800 y 1370 m sobre el nivel del mar.

En cuanto a la temperatura la especie tolera un máximo de 32.7° y un mínimo de 8.9° con una precipitación promedio en la temporada húmeda de 785-898 mm y en la temporada seca de 36-70 mm (Hernández *et al.*, 2011).

El linaloe posee baja competitividad ecológica en comparación a casi cualquier otra especie arbórea, probablemente debido al desarrollo superficial y relativamente corto de su sistema radical (INIFAP, 2009).

Requerimientos edafológicos

Las muestras de suelo tomadas en campo han determinado que el pH del suelo oscila entre 5 y 8, mientras que la materia orgánica fue de 1.8 a 8%, con un buen drenaje, someros, arenosos o francos arenosos. Además, es común que el contenido de nitrógeno sea bajo y la pedregosidad se identifica como una condición que favorece el crecimiento de la planta (INIFAP, 2009).

Por otra parte, Juárez (2008) sugiere la preferencia de la especie por suelos de tipo Feozem Háplico y Regosol Eútrico, los cuales sean de neutros a ligeramente básicos, con menos del 10% de materia orgánica y que se encuentre en terrenos pedregosos con pendientes mayores a 15° de inclinación, se menciona que en estas características es posible tener un cultivo de linaloe asociado con otros cultivos tradicionales.

DAP como variable indirecta de crecimiento

El DAP o Diámetro a la Altura del Pecho es definido como el diámetro medido a una altura de 1.30m de un árbol. Esta es una medida importante, ya que indica el grosor del tronco y por tanto su volumen y además porque existen características cuantitativas del árbol correlacionadas como la altura (Ruíz, 2022).

De igual manera es claro que en árboles adultos existe una relación no lineal entre la altura de los árboles y el valor del diámetro a la altura del pecho, no obstante, esta relación se ve afectada por la calidad del suelo del sitio y la densidad de población (Arias, 2004).

VARIABLES DE IMPORTANCIA PARA EL LINALOE

De acuerdo a lo planteado por Juárez (2008), INIFAP (2009), Rzedowski *et al.* (2005) y Hernández *et al.* (2011) las variables ambientales y edafológicas que determinan la posibilidad de desarrollo para *Bursera linanoe* son las siguientes:

Tabla 1. Variables ambientales y edafológicas de importancia para Bursera linanoe

Variable	Rango óptimo	Unidades de medición
Altitud	650-1363	Metros sobre el nivel del mar
Temperatura	8.9 – 32.7	Grados centígrados

Precipitación temporada húmeda	785-898	Milímetros
Precipitación temporada seca	36-70	Milímetros
pH	5-8	-
Drenaje del suelo	Con capacidad de buen drenaje	-

OBJETIVOS

General

- Identificar si existe una relación entre variables ambientales y edafológicas con el crecimiento de *Bursera linanoe* en la sierra baja de Puebla durante Junio 2022.

Particulares

- Indagar la relación de las variables ambientales y edafológicas con el diámetro a la altura del pecho (DPA) de *Bursera linanoe* en Piaxtla, Puebla.
- Definir el rango de porosidad óptimo para *Bursera linanoe* en la sierra baja de Puebla.

METAS

Ampliar la información disponible sobre los requerimientos edafológicos y ambientales de *Bursera linanoe* en Piaxtla, Puebla.

Aportar elementos que permitan en el mediano y largo plazo manejar y conservar especies endémicas de la región la sierra baja de Puebla como *Bursera linanoe*.

METODOLOGÍA

Muestreo y planteamiento del experimento

Se planteó el muestreo para las determinaciones del suelo de la siguiente manera:

Un muestreo completamente al azar asignándole un número a cada árbol del que se tenga existencia para luego mediante tablas de números aleatorios seleccionar a los árboles que serán muestreados, los cuales serán 10 por tratamiento y se tomó la muestra a 50 cm de distancia del tronco a fin de no dañar la rizosfera del árbol.

Se manejaron los siguientes tratamientos, los cuales consistieron en primer lugar en la profundidad del suelo, siendo evaluada a 15 y a 30 cm y posteriormente la altitud a la que se obtuvo la muestra, en la mitad baja del cerro correspondiente a 1057-1207 msnm y en la mitad superior del mismo 1207-1357 msnm.

Obteniendo así 10 muestras de suelo de cada uno de los tratamientos propuestos (Figura 1). Se realizó un análisis de varianza y una prueba de diferencias mínimas significativas de Tukey a fin de corroborar diferencias en los datos obtenidos de las determinaciones de suelo realizadas.

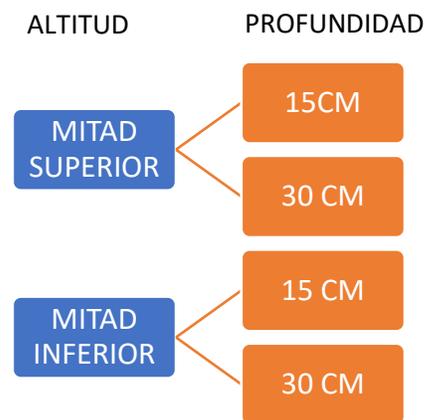


Figura 1. Planteamiento de los distintos tratamientos a evaluar.

Medición de altitud, temperatura y precipitación

Estos datos se obtuvieron de la estación número 00021063 del Servicio Meteorológico Nacional perteneciente al municipio de Piaxtla Puebla (Servicio Meteorológico Nacional, 2022).

A partir de estos datos se generó un promedio de los datos desde 1950 a 2010 y se generó un análisis con los datos promedios.

De igual manera se generó un análisis con los datos obtenidos hasta 2010, esto con el motivo de analizar los cambios climáticos que se han tenido en la región y ver si esto afecta al desarrollo de *Bursera linanoe*.

Determinaciones de suelo

Densidad real de las partículas del suelo

De acuerdo Flores y Alcalá (2010) se realizó las determinaciones físicas del suelo de la siguiente manera:

Se adicionaron 10g de suelo seco tamizado a través de un tamiz de 2 mm en un picnómetro, posteriormente se pesó el picnómetro con el suelo y de forma separada se determinó el contenido de humedad secando otra muestra de suelo a 105°C.

Se procedió a llenar el picnómetro hasta la mitad con agua destilada, lavando el suelo remanente que haya quedado en el cuello del picnómetro.

A continuación, se removió el aire retenido en el suelo introduciendo el picnómetro a un desecador por treinta minutos, para después llenar el picnómetro con agua destilada insertando la tapa y dejándolo cuidadosamente para luego pesarlo.

De forma paralela se llenó un picnómetro con agua destilada y se pesó anotando el dato.

Los cálculos realizados fueron los siguientes:

$$\rho p = \rho w (W_s - W_a) / ((W_s - W_a) - (W_{sw} - W_w))$$

Donde:

ρw = densidad del agua

W_s = Peso del picnómetro con la muestra corregida a 105°C

W_a = Peso del picnómetro

W_{sw} = Peso del picnómetro llenado con suelo y agua

W_w = Peso del picnómetro llenado con agua

Porosidad del suelo y retención de humedad

Varía el grado de desarrollo y el tipo de estructura que posee, siendo los suelos estructurados con alto contenido de arcilla y materia orgánica con una porosidad en torno al 60% mientras que los suelos compactados poseen valores bajos de porosidad (Gómez, 2013).

De acuerdo a Gómez (2013) se midió la porosidad total mediante la siguiente fórmula:

$$P = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$$

P= Porosidad total

Da= Densidad aparente

Dr=Densidad real

Medición de pH

De acuerdo a Gómez (2013) se pesaron 20g de suelo seco previamente tamizado a 2mm y se colocaron en un frasco.

Se midieron 20ml de agua destilada en una probeta y se adicionaron al suelo.

Se agitó con una varilla de vidrio y se dejó en reposo por 30 minutos.

Se encendió el potenciómetro y se calibró con las soluciones buffer.

Finalmente se tomó la medición.

Medición del crecimiento

De acuerdo a Purata *et al.* (2016) se optó por medir el “diámetro a la altura del pecho” (DAP) a la altura de 1.3m en cada árbol, como una medida indirecta del crecimiento actual de los árboles, tal medición se llevará a cabo con la ayuda de un flexómetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DATOS CLIMATOLÓGICOS

Se obtuvieron los datos promedio desde 1980 hasta el 2010 de la estación número 00021063 del sistema meteorológico nacional, ubicada en Piaxtla, Puebla, concentrado (*Tabla 2*).

Tabla 2. Datos promedios de Piaxtla en comparación al rango requerido por *Bursera linanoe*

VARIABLE	DATO PROMEDIO	RANGO REQUERIDO POR <i>Bursera linanoe</i>
TEMPERATURA PROMEDIO	24.1°C	8.9°C - 32.7°C
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO	15.4°C	8.9°C
TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO	32.9°C	32.7°C
PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL	814.2mm	821mm-968mm
PRECIPITACIÓN PROMEDIO TEMPORADA SECA	58mm	36mm-70mm
PRECIPITACIÓN PROMEDIO TEMPORADA HÚMEDA	756.2mm	785mm-898mm
ALTURA MITAD INFERIOR	1119msnm	650msnm-1363msnm
ALTURA MITAD SUPERIOR	1269msnm	

Algunas de las variables climáticas se encontraron fuera del rango propuesto para la especie estudiada. Por ejemplo: la precipitación anual presentó 7mm por debajo del mínimo requerido, mientras que para la precipitación en temporada húmeda el registro fue de 30mm por debajo del valor mínimo establecido (*Tabla 2*).

MEDICIONES REALIZADAS

Diferencias significativas fueron observadas en la conductividad eléctrica (CE) del suelo, tanto por efecto de la altitud como por la profundidad del suelo ($\alpha=0.050$) (*Tabla 3 y 4*).

Tabla 3. Valores de *p* del análisis de varianza por tratamiento para CE

	Prob> t
PROFUNDIDAD	0.0418*
ALTITUD	0.0093*
ALTURA*PROFUNDIDAD	0.0178*

Tabla 4. Análisis de diferencias mínimas Student's para CE

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA								
$\alpha=0.05$								
EFECTO DE LA ALTITUD			EFECTO DE LA PROFUNDIDAD			EFECTO COMBINADO		
MITAD SUPERIOR	0.39 ± 0.05	A	15 cm	0.36 ± 0.05	A	MS, 15cm	0.56 ± 0.07	A
						MS, 30cm	0.22 ± 0.07	B
MITAD INFERIOR	0.18 ± 0.05	B	30 cm	0.21 ± 0.05	B	MI, 30cm	0.20 ± 0.07	B
						MI, 15cm	0.17 ± 0.07	B

De acuerdo a la tabla 4, la mitad superior presenta una CE mayor que la mitad inferior ($P=0.0093$), en cuanto a la profundidad los primeros 15cm presentaron un incremento de CE con relación a la segunda profundidad considerada ($P=0.0418$). Al combinar el efecto de la profundidad con la altitud, los primeros 15cm de la mitad superior presentaron diferencias significativas con relación al resto de las combinaciones ($P=0.0178$).

Lo que permite afirmar que existe una relación entre la profundidad y la altitud con la CE, misma relación que puede ser explicada por los distintos efectos que tiene el clima en la zona. De acuerdo a Espinosa (2021) la precipitación y la evaporación afectan a las mediciones de la CE al no medirse bajo condiciones homogéneas, y al tener un efecto en el desplazamiento de las sales por lo que sería necesario ampliar el período de las mediciones midiendo en período de secas y de lluvias a fin aminorar los efectos del clima.

La CE obtenida es similar a la obtenida por Ortega *et al.* (2020) quien indica que no existen problemas de salinidad con este valor y de igual forma este autor menciona que en la profundidad de 0-15 cm puede existir un ligero incremento debido a que las aguas capilares ascienden y se evaporan en la superficie, lo mismo que ocurrió en el análisis realizado (Tabla 4).

Diámetro a la Altura del Pecho

El diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles muestreados con relación a la altitud a un nivel de significancia de 0.05, presentaron diferencias significativas ($P= 0.008$) (Figura 2).

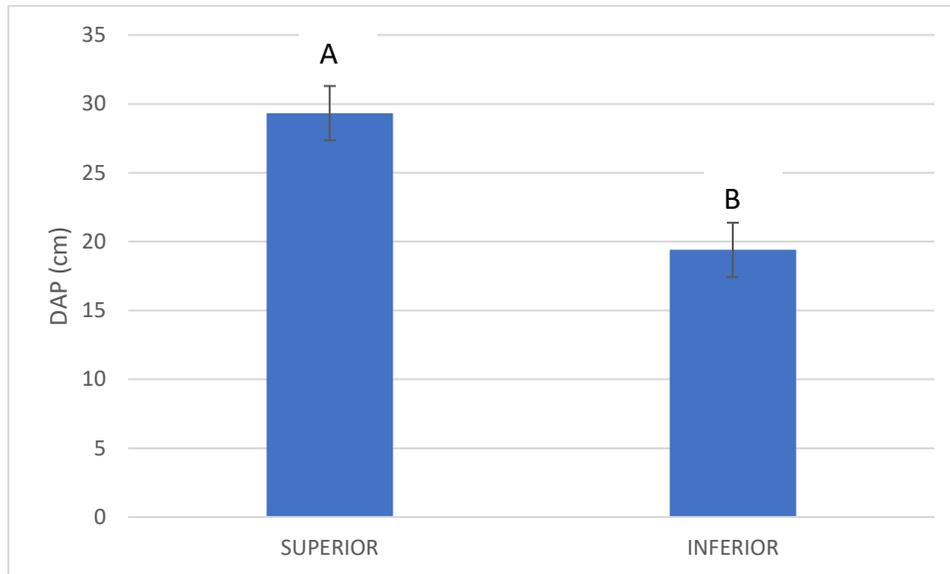


Figura 2. Valores promedio de DAP por altitud.

De acuerdo a Castillo *et al.* (2018) y Arias (2004) existen factores que explican las diferencias del DAP en una población, por un lado una baja densidad de árboles tiende a producir DAP más grandes y de igual forma la edad de los árboles, el suelo, el clima, la pendiente y exposición al sol poseen un efecto particular sobre el DAP. Al tener tantos factores que podrían modificar este valor, se puede observar que para la especie estudiada de *Bursera linanoe*, a excepción de la CE el resto de los parámetros evaluados en el suelo fueron poco relevantes con relación a la altitud (Tabla 4; Figura 2).

A continuación, se muestran los valores promedio del resto de las variables del suelo analizadas (Tabla 5 y 6). Cabe mencionar que dichos resultados no presentaron diferencias significativas, sin embargo la porosidad, la materia orgánica y el porcentaje de carbono tienden a incrementarse en los primeros 15cm a una altitud de 1207-1357 msnm (mitad superior).

Tabla 5. Valores promedio de los análisis de laboratorio con relación a la altura

VARIABLE MEDIDA	Altitud	
	MITAD SUPERIOR	MITAD INFERIOR
% DE POROSIDAD	53.35 ± 2.72	52.80 ± 4.71
DENSIDAD APARENTE (g/ml)	1.09 ± 0.15	1.17 ± 0.08

DENSIDAD REAL (g/ml)	2.40 ± 0.31	2.50 ± 0.20
pH	6.84 ± 0.37	7.21 ± 0.47
% DE MATERIA ORGÁNICA	3.70 ± 1.14	2.59 ± 1.35
% DE CARBONO	2.15 ± 0.66	1.50 ± 0.78

Tabla 6. Valores promedio de los análisis de laboratorio con relación a la profundidad

VARIABLE MEDIDA	PROFUNDIDAD	
	15 cm	30 cm
% DE POROSIDAD	54.86 ± 4.06	51.49 ± 2.66
DENSIDAD APARENTE (g/ml)	1.07 ± 0.12	1.20 ± 0.08
DENSIDAD REAL (g/ml)	2.40 ± 0.30	2.50 ± 0.22
pH	7.00 ± 0.57	7.05 ± 0.34
% DE MATERIA ORGÁNICA	3.51 ± 1.35	2.78 ± 1.19
% DE CARBONO	2.04 ± 0.83	1.61 ± 0.69

Respecto al rango de porosidad óptimo obtenido para esta especie, se tuvo un rango en porcentaje de 54.86 ± 4.06 a 15 cm de profundidad y de 51.49 ± 2.66 a 30 cm de profundidad, se observa que la porosidad va disminuyendo en relación a la profundidad, lo cual es característico de los horizontes de ese tipo de suelos (González, 2012).

Se aprecia que existe una mayor heterogeneidad en los datos obtenidos en la mitad inferior con un rango de 52.80 ± 4.71 , mientras que en la mitad superior fue de 53.35 ± 2.72 por lo que puede ser considerada como homogénea en el terreno, derivado probablemente de la gran cantidad de rocas integradas en el suelo, además puede que el valor medio elevado se deba a un mantillo espeso (González, 2012; Andrades *et al.*, 2007).

La porosidad puede ser considerada como homogénea en el terreno, derivado probablemente de la gran cantidad de rocas integradas en el suelo, además puede que el valor medio elevado se deba a un mantillo espeso (González, 2012; Andrades *et al.*, 2007).

Para *Bursera linanoe* es de vital importancia tener una alta porosidad a fin de permitir una correcta aireación que permita el desarrollo óptimo de las raíces (INTAGRI, 2017; Salamanca y Sadeghian, 2005)

En cuanto a la densidad aparente y la densidad real se obtuvo un valor cercano al reportado por Espinoza y Rivera (2012) para terrenos similares en selva baja caducifolia a las profundidades estudiadas, cabe mencionar que al igual que en este estudio, las densidades no presentaron cambios relevantes a pesar de la profundidad.

En cuanto a la materia orgánica, el valor obtenido en el análisis fue mayor que el reportado por Espinoza y Rivera (2012) tanto a 15cm como a 30 cm de profundidad. De acuerdo al análisis de varianza no se presentó un efecto de la profundidad, ni de la altura en el contenido de MO por lo que deben existir otros factores determinantes de estas características que no fueron analizados (Tabla 6).

Respecto al pH se obtuvo un valor promedio muy similar al reportado por Ortega *et al.* (2020) para un suelo similar (un valor de 6.78), dicho autor asocia este valor a un pobre contenido de calcio, magnesio, sodio y potasio que son lixiviados en época de lluvias y acumulados en la parte baja del terreno, lo que explica que en la parte superior del terreno muestreado en este análisis se tuvo un valor promedio más elevado que en la parte inferior (Tabla 5).

Análisis de Correlación para los parámetros estudiados

Descripción del análisis de correlación

Para poder identificar que parámetros tienen una relación bajo las distintas condiciones estudiadas como lo fueron la profundidad y la altitud se generaron diversos análisis de correlación, únicamente se reportan los valores más relevantes. Los resultados fueron los siguientes:

Al considerar la profundidad se observó una relación negativa entre MO y el pH, tanto a 15cm como a 30cm de profundidad ($r=-0.69$; $r=-0.73$); patrón que se mantuvo en la altitud media a 30cm de profundidad ($r=-0.87$).

En la altitud inferior a 15 cm de profundidad se obtuvo una relación negativa entre la porosidad y el DAP (-0.94), sin embargo, la porosidad en la altitud media a 15 cm profundidad presentó una correlación positiva con el pH (0.91), y de manera similar este último con la densidad real ($r=0.81$) bajo las últimas condiciones mencionadas.

En el caso de la materia orgánica se relacionó negativamente con la CE (-0.95) en la altitud media y de la misma manera con la densidad real (-0.91) en la altitud superior, en ambos casos a 15 cm de profundidad del suelo. Sin embargo, la CE se relacionó de manera positiva con la densidad real ($r=0.90$) en la altitud inferior a 30 cm de profundidad. En la altitud superior a la profundidad antes mencionada se observaron relaciones positivas entre el DAP y la MO ($r=0.81$), así como entre la porosidad y el pH (0.81)

Discusión del análisis de correlación Los árboles presentan diferencias en su DAP (Figura 2), lo cual puede deberse a la relación que se observó con la porosidad (-0.94) en la altitud inferior a 15 cm de profundidad, o bien con la materia orgánica ($r=0.81$) en la altitud superior a 30 cm de profundidad. Esto se ve explicado de acuerdo a INTAGRI (2017) a medida que aumenta la densidad aparente, la porosidad disminuye, lo cual influye en la aireación del suelo lo que puede disminuir el desarrollo de las raíces, este efecto de la aireación a baja profundidad puede explicar el bajo DAP en la mitad inferior.

Como se mencionó en la altitud superior el DAP tuvo una correlación alta con la materia orgánica a 30cm de profundidad, lo que indica que tener un porcentaje mayor de materia orgánica podría aumentar la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, lo cual podría estar estrechamente relacionado con un mayor DAP.

La densidad real en los distintos análisis mantuvo una relación negativa con la materia orgánica lo que implica que a medida que la densidad real aumenta, el contenido de materia orgánica disminuye y no se tiene un buen desarrollo radicular.

De acuerdo a Bautista (2020) y Salamanca y Sadeghian (2005) la densidad aparente es la característica más importante para la productividad de los cultivos, debido a su asociación con las condiciones de disponibilidad de nutrientes, ya que al aumentar la densidad aparente se debería disminuir la materia orgánica y el espacio poroso.

No obstante, en el análisis realizado en este estudio, se obtuvo una baja correlación entre la densidad aparente y la materia orgánica, únicamente a 15cm de profundidad en la altitud superior se tuvo una correlación ($r=0.74$) opuesta a la reportada por Salamanca y Sadeghian (2005). La densidad real si presentó una relación inversa con la materia orgánica en los análisis donde se presentó significancia. Esto implica que la Densidad Real en este estudio es un mejor indicador que la densidad aparente.

CONCLUSIONES

El suelo estudiado posee valores característicos e inclusive un poco superiores a una selva baja caducifolia.

Los árboles de *Bursera linanoe* poseen diferencias significativas en su DAP respecto a la altitud del muestreo, el pH, la CE, la materia orgánica, la porosidad y densidad tanto aparente como real son variables que pueden explicar estas diferencias.

Respecto al rango óptimo de porosidad en el suelo, se observa que debe ser mayor al 50% presentando un mantillo espeso y permitiendo una mayor aireación de las raíces, favoreciendo el desarrollo de este árbol en las condiciones estudiadas.

El terreno en Piaxtla, Puebla posee características apropiadas para la plantación y propagación de *Bursera linanoe* a excepción de la precipitación que se encuentra debajo del límite inferior requerido por la especie, ya que los árboles de este género se deben rehidratar antes de su periodo de foliación y que se requiere gran cantidad de hojas maduras para lograr el desarrollo de los frutos ya que aunque el género es capaz de tolerar el estrés hídrico, puede que no sea suficiente para un desarrollo óptimo en la región (Hernández *et al.*, 2022).

Se requiere de nuevas investigaciones que permitan explicar las diferencias observadas en el desarrollo de la especie a fin de permitir la reproducción y preservación de la especie.

REFERENCIAS

Andrades, J., Delgado, F. y López, R. (2007). Estimación de la pedregosidad volumétrica del suelo, con base en el área de un fragmento de roca expuestos, en un inceptisol de los andes venezolanos. *Revista Forestal Venezolana*, 51(2), 219-229.

Arias, D. (2004). Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal de Costa Rica*, 1(2), 2-11.

Bautista, N. (2020). *Propiedades físicas del suelo, factor de prioritaria atención dentro de la productividad agrícola*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio institucional de la UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36739/ngbautistan.pdf?sequence=3>

Castillo, E., Jarillo, J. y Escobar, R. (2018). Relación altura-diámetro en tres especies cultivadas en una plantación forestal comercial en el Este tropical de México. *Chapingo serie ciencias Forestales y del Ambiente* (24:1): pág. 33-48.

Espinosa, E. M. (2021) Identificación de las relaciones entre la conductividad eléctrica aparente y las propiedades físicas del suelo. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia, obtenido de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80978/1143828206.2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Espinoza, M. y Rivera, J. (2013). Estimación de Carbono en suelos de selva baja caducifolia en el municipio de Zacazonapan, México. U.A.E.M. Obtenido de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58578/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Flores, L. y Alcalá, J. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos del Laboratorio de Física de Suelos*. Editorial del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>

Gómez, J. (2013). *Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos*. Editorial del Servicio Nacional de Aprendizaje. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/2785/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf;jsessionid=51D34D94E64CB4049E285A31AA9E7973?sequence=1

Hernández, E., González, M., Trejo, I. y Bonfil, C. (2011). Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(1): 964-976.

Hernández, Z., Castro, M., González, A. y De la Cruz, I. (2022). Fenología de *Bursera simaruba* y *Bursera tomentosa* en un bosque tropical seco de Chiapas, México. *Madera y bosques* (27:3): pág. 1-15.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP). (2009). Ecología y áreas potenciales de distribución del linaloe (*Bursera linanoe*). [Folleto].

http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadatos/forestal/Proyectos_de_investigacion_Foro_Morelos/Proy_invest_Morelos/Proyecto%20clave-71436%20Informaci%C3%B3n%20sobre%20conservaci%C3%B3n/Folleto%20t%C3%A9cnico%20No.%2022/Ecolog%C3%ADa%20y%20%C3%A1reas%20potenciales.pdf

INTAGRI (2017). *Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. Serie Suelos*. Artículos Técnicos de INTAGRI. (29): pág. 1-5. Obtenido de: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas>

Juárez, L. (2008). *Análisis de la distribución de Bursera linanoe (Llave) Rzed., Calderón y Medina (Burseraceae) en el sureste del estado de Puebla como base para su manejo*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México: https://repositorio.unam.mx/contenidos/analisis-de-la-distribucion-de-bursera-linanoe-llave-rzed-calderon-medina-burseraceae-en-el-sureste-del-estado-de-pueb-90700?c=rWx35Z&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

Mora, F., Muñoz, R., Meza, V. y Fonseca, W. (2015). Factores edáficos que influyen en el crecimiento de *Vochysia guatemalensis* en la región huetar norte de costa rica. *Agronomía Costarricense*. 39(11): 71-89.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). *Propiedades Químicas*. FAO.org. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

Ortega, V., Sánchez, E., Sánchez, L., Reyna, M. y Ruvalcaba, G. (2020). Vegetación arbórea de selvas bajas caducifolias en suelos litosoles y regosoles eutríficos degradados. *Terra Latinoamericana*. 28(2): pág. 378-390.

Purata, S., Gerez, P y Peters, C. (2016). Manual para el monitoreo comunitario del crecimiento de árboles. People and Plants International, United States Agency for International Development.

Ruiz, J. (2022). Aprovechamiento Forestal y Dasimetría. Editorial de la Universidad Rural de Guatemala. Guatemala. 54pp

Rzedowski, J., Medina, R. y Calderón, G. (2004). Las especies de *Bursera* en la cuenca superior del río Papaloapan. *Acta Botánica Mexicana*, 66: 23-151.

Rzedowski, J., Medina, R. y Calderón, G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana*. 70:96-111

Salamanca, A. y Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56(4): 381-397

Servicio Meteorológico Nacional (8 de marzo de 2022). *Normales climatológicas por Estado*. Sitio web del Servicio Meteorológico Nacional.

<https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=pue>

Villaseñor, D. (2016). *Fundamentos y procedimientos para análisis físicos y morfológicos del suelo*. Universidad Técnica de Machala.

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10690/1/FUNDAMENTOS%20Y%20PROCEDIMIENTOS.pdf>