bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

MUESTREO SISTEMÁTICO DE SUELOS DEL BOSQUE CHAPULTEPEC, SECCIONES 1, 2 Y 3.

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com - 01 (222) 234-65-24
[illegible] Humboldt, CP [illegible] Puebla, Pue

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal en la ciencia del suelo es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas. Un requerimiento básico para lograr ese objetivo, es la disponibilidad de información confiable sobre la morfología de los suelos y otras características obtenidas a través del estudio y la descripción del suelo en el campo.

Es importante que la descripción del suelo sea hecha exhaustivamente; esto sirve como base para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, así como para realizar interpretaciones sobre la génesis y funciones medioambientales del suelo.

El muestreo de suelos, al igual que el de otros objetos, depende de la variabilidad de éste (variabilidad de la población) y no de la extensión de la superficie por si sola (tamaño de la población). Sin embargo, la magnitud de la variabilidad está directamente relacionada con la extensión del terreno, pues a mayor superficie se abarcan más unidades diferentes de suelos. Para lograr un adecuado muestreo de los suelos, se deben tener presentes los principios básicos que lo orientan: variabilidad, homogeneidad, representatividad y selectividad.

Un diagnóstico adecuado de la fertilidad de un suelo y las recomendaciones de manejo que de él se desprendan, requieren de la integración de los siguientes aspectos:

Caracterización del paisaje: Se requiere de una detallada descripción del paisaje correspondiente al área de muestreo. Esto es importante para relacionar las características ambientales con los resultados analíticos y de allí orientar medidas de manejo del suelo.

Descripción del perfil de suelo: Se debe realizar esta descripción para cada unidad de suelo diferenciada en el muestreo. Debe tenerse presente que la fertilidad del suelo está determinada por un conjunto de factores que abarcan todo el perfil de suelo.

Toma de muestras suficientes, en cantidad y calidad: Tanto la calidad como la cantidad de muestras son fundamentales para obtener datos analíticos de características y propiedades químicas y físicas del suelo, que sirvan de apoyo al diagnóstico.

1.1. Generalidades del Bosque de Chapultepec

El Bosque de Chapultepec se localiza en la porción occidental de la Ciudad de México, dentro del pie de monte volcánico de la Sierra de Las Cruces. Sus coordenadas geográficas extremas están entre los 99°10'40" y 99°14'15" de longitud Oeste y 19°23'40" y 19°25'45" de latitud Norte.

Se ubica dentro de la Delegación Política Miguel Hidalgo del Distrito Federal; por las siguientes vialidades: al norte, por Rubén Darío y Paseo de la Reforma; al oriente, por Calzada General Mariano Escobedo y Circuito Interior; al sur, por Avenida Constituyentes; al poniente, por las calles Cumbres de Acultzingo, Paseo de la Reforma, Sierra Mijes, Montes Cárpatos, Miguel Ángel de Quevedo y Avenida Boulevard de los Virreyes; la Primera y Segunda Secciones se encuentran divididas entre sí por el Periférico ó Boulevard Adolfo López Mateos; mientras que, la Segunda y la Tercera se encuentran divididas por la intersección de Calzada Lomas y Calle Bernardo de Gálvez. En su entorno inmediato, se encuentran las siguientes colonias: al oriente, Nueva Anzures y Condesa; al norte, Polanco, Polanco Chapultepec, Bosque de Chapultepec, Residencial del Bosque, Rincón del Bosque y Molino del Rey; al poniente, Lomas de Virreyes, Lomas de Chapultepec, Virreyes y Lomas Altas; y al sur Palmas, Hidalgo, 16 de septiembre, América y San Miguel Chapultepec.

Elevación: Aproximadamente a 2300 msnm.

Imagen 1. Tercera sección del bosque de Chapultepec. **Fuente:** Galileo, INEGI, 2019

1.2. Caracterización geomorfológica

Desde el punto de vista físico, el Bosque de Chapultepec tiene una superficie total de 686.018 hectáreas en sus tres secciones y está integrada de la siguiente manera: 274.0864 hectáreas en la Primera Sección, 168.0326 hectáreas en la Segunda Sección y 243.9041 hectáreas en la Tercera Sección.

Está asentado sobre suelos del orden Inceptisol, suborden Andéptico, desarrollados sobre rocas de depósitos Piroclásticos del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno).

El uso del suelo en el área del Bosque de Chapultepec, de acuerdo con el INEGI (1983), es la siguiente:

- Cobertura general de Bosque, en la Primera Sección y parte de la Segunda;
- Pastizal inducido, al oeste de la Segunda Sección.
- Bosque Artificial de Latifoliadas (Eucalipto), en la Tercera Sección.

En términos generales, la fisiografía del Bosque de Chapultepec se podría describir como un área plana con pocos cambios de pendiente en la Primera Sección, pendientes un poco más acentuadas en la Segunda y presencia de fuertes pendientes en la Tercera Sección. De acuerdo con el Programa

Universitario de Estudios sobre la Ciudad de la UNAM, se delimitan ocho unidades geomorfológicas del Bosque: Superficies Cumbrales de piedemonte volcánico; Paredes de Barranco en piedemonte volcánico; Planicies Aluviales en lechos de barranco de piedemonte volcánico; Talud de Transición entre el piedemonte volcánico y la planicie aluvial general; Superficie cumbral de colina volcánica baja aislada; Dorso de ladera de colina volcánica baja aislada; Pie de colina volcánica baja aislada y Planicie Aluvial General (Programa de manejo, 2006). De acuerdo con el plan de manejo (2006), en la Segunda Sección, están presentes áreas minadas por extracción de materiales para construcción, que se llevaron a cabo alrededor de los años 40 y 50.

2. METODOLOGÍA

2.1. Muestreo de suelos

El muestreo de suelos es un procedimiento para la obtención de una o más muestras representativas en un terreno. El muestreo se realizó con base en los parámetros a ser evaluados. Mediante el muestreo la heterogeneidad de los parámetros del suelo a ser evaluados pueden ser estimados en su valor promedio, colectando un determinado número de muestras o de muestras compuestas derivadas de submuestras.

2.1.1 Material y equipo

El material y equipo necesario para la colecta de muestras de suelo en campo.

- Palín, pala o barrena recta. La herramienta de muestreo debe garantizar que la muestra obtenida tenga el mismo volumen en espesor y profundidad, de un tamaño suficiente que facilite y permita la formación de las muestras compuestas, que sea fácil de limpiar, resistente al desgaste, útil en suelos arenosos secos y en arcillosos húmedos, y que no contamine las muestras con impurezas.
- GPS.
- Bolsas de plástico transparente con capacidad para dos kilogramos de

suelo.

- Marcadores de tinta indeleble.
- Libreta de notas y bolígrafo.
- Plano, mapa o fotografía aérea de la zona de muestreo.

2.1.2. Ubicación del sitio de muestreo.

- Para la toma de muestra se hizo una zonificación del lugar y a partir de éste, se realizó un diseño de muestreo para cada hectárea y media de las áreas del bosque de Chapultepec. Es importante mencionar que esta metodología se aplicó ampliamente en la tercera sección del Bosque de Chapultepec, por lo que se tomó como base para la primera y segundas secciones.
- El diseño estuvo basado en la normativa vigente, así como en las características geomorfológicas generales del sitio, reportadas en el software Galileo (INEGI, 2019).
- El muestreo en zig zag inicia por un lado del terreno, escogiendo al azar el punto de partida para definir el plano de muestreo que cubra homogéneamente la unidad de muestreo (Imagen 1).
- Ya definido el plano de muestreo se decide la distancia entre los diferentes puntos de muestreo, en relación con el número de submuestras.

2.1.3. Profundidad del muestreo.

- La profundidad del muestreo se realizó a una profundidad entre 0-20 o 0-30 cm.

2.1.4. Obtención de la muestra

- Limpiar la superficie del suelo para remover hierbas o residuos del cultivo anterior.
- Si se emplea una barrena o pala, enterrarla hasta la profundidad indicada y colocar el suelo en la cubeta.

- Limpiar la pala o barrena cada vez que se obtenga la submuestra en cada sitio.
- Se repiten las operaciones para cada sitio de muestreo.

2.1.5. Muestra compuesta.

- La muestra compuesta se preparó con 4 submuestras que contengan un mismo volumen de suelo (500cm^3) y podrán ser sometidas a un buen proceso de homogeneización.
- La homogeneización de las submuestras se realizó dentro de una tina de plástico, con capacidad para 30 kilogramos, evitando la contaminación con otros materiales.
- El mezclado dentro de la tina de plástico se realizó con una pala de aluminio o de acero inoxidable, de uso manual.
- Repetir el proceso tantas veces como sea necesario, hasta que la muestra final tenga un peso de 1.5 kg.

Las muestras se almacenan en bolsas negras para evitar el paso de la luz posteriormente ser llevadas al laboratorio de análisis de suelo de manera inmediata.

3. CARACTERIZACCIÓN DE SUELOS

La caracterización de los suelos se llevó a cabo de la siguiente manera. La primera etapa consistió en realizar una revisión utilizando el software Galileo (INEGI), con la finalidad de verificar los tipos de suelos y origen de los mismos.

A partir de los datos se dividió el área de acuerdo a las características encontradas. Posterior a ello, se realizó un recorrido para identificar la geomorfología de la zona y determinar el número de perfiles y las zonas adecuadas para los mismos.

Los datos arrojaron que en el Bosque de Chapultepec se encuentran suelos del orden Inceptisol, suborden Andéptico, desarrollados sobre rocas de depósitos Piroclásticos del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno) que cuenta con dos asociaciones predominantes de suelo: Litosoles como tipo predominante, junto con el Feozem Háplico medio en la zona de barrancas; la segunda asociación es de Feozem Háplico medio y se encuentra en lomas y partes de pendientes suaves. Con los datos anteriores se determinó realizar la descripción de 10 perfiles para caracterizar el área. Descripción del perfil de referencia; no faltan elementos esenciales o detalles en la descripción, muestreo o análisis. La exactitud y confiabilidad de la descripción y los resultados analíticos, permiten la caracterización completa de todos los horizontes del suelo con una profundidad de 50 cm a 120 cm.

3.1. Trabajo de campo.

3.1.1. Materiales.

- ✓ Flexometro
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Pala
- ✓ Pico
- ✓ GPS

3.1.2. Procedimiento.

- ✓ Se eligieron los 10 puntos de muestreo en lugares accesibles y no accesibles con una marcada apreciación de los horizontes del suelo en los perfiles establecidos.
- ✓ Se procedió a medir con el Flexometro la profundidad de cada horizonte en los distintos perfiles.

- ✓ Se anotaron las características de los horizontes y se toman fotografías de los mismos.
- ✓ Se prepararon las muestras de los distintos horizontes agrupándolas por su perfil de origen para su posterior estudio.
- ✓ En cada uno de los perfiles se procedió a analizar y determinar las características y propiedades morfológicas como ser la textura, estructura, consistencia y plasticidad.
- ✓ Utilizando el método Herody se determinó las características de cada una de las muestras de los perfiles del suelo.

RESULTADOS

Plano de muestreo.

El muestreo de las secciones 1 y 2 del bosque de Chapultepec se realizó de acuerdo a la metodología mencionada. En todos los casos, las muestras compuestas se mandaron a laboratorio para realizar los análisis fisicoquimicos, microbiológicos y de fertilidad de suelo.

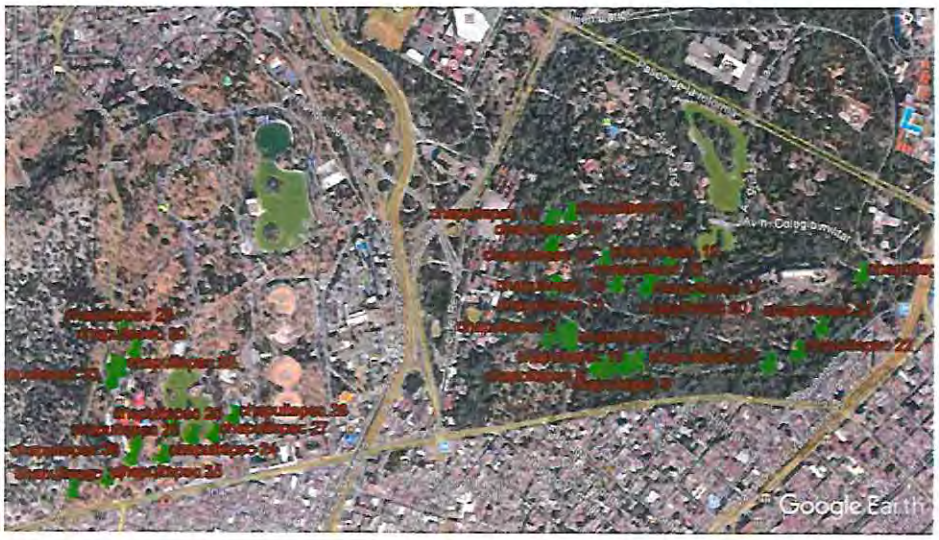


Imagen 2. Plano general de muestreo.

Imagen 3. Plano de muestreo sección 1 Bosques de Chapultepec.

Imagen 3. Plano de muestreo sección 2 Bosques de Chapultepec

En la ilustración 2 se muestran los puntos de muestreo de las secciones 1 y 2 del Bosque de Chapultepec y en la tabla 1 se muestran las coordenadas de cada punto muestreado para las mencionadas secciones.

Tabla 1 Coordenadas de puntos de muestreo sección 1 Bosques de Chapultepec.

Muestras y sub muestra de Bosques de Chapultepec.			
NOMBRE		14 Q	UTM
M1CHSEC1	Sub 1	480230	2146847
	Sub 2	480210	2146876
	Sub 3	480191	2146861
	Sub 4	480162	2146862
	Sub 5	480144	2146833
M2CHSEC1	Sub 1	480339	2146796
	Sub 2	480370	2146787
	Sub 3	480382	2146812
	Sub 4	480427	2146830
	Sub 5	480466	2146853
M3CHSEC1	Sub 1	480108	2147016
	Sub 2	480056	2147151
	Sub 3	480024	2147234
	Sub 4	480034	2147240
	Sub 5	480082	2147275
M4CHSEC1	Sub 1	480251	2147153
	Sub 2	480315	2147091
	Sub 3	480418	2147117
	Sub 4	480428	2147123
	Sub 5	480467	2147200
M5CHSEC1	Sub 1	480581	2147160
	Sub 2	481118	2147384
	Sub 3	481043	2147173
	Sub 4	480993	2147064
	Sub 5	480907	2146994

Tabla 2 Coordenadas de puntos de muestreo sección 2 Bosques de Chapultepec.

Muestras y sub muestra de Bosques de Chapultepec.			
NOMBRE		14 Q	UTM
M1CHSEC2	Sub1	478990	2146039
	Sub2	478988	2146132
	Sub 3	479064	2146131
	Sub 4	479135	2146162
	Sub 5	479180	2146241
M2CHSEC2	Sub1	478718	2146400

	Sub2	478781	2146353
	Sub 3	478738	2146228
	Sub 4	478722	2146281
	Sub 5	478756	2146277
M3CHSEC3	Sub1	478728	2145829
	Sub2	478830	2145906
	Sub 3	478888	2146002
	Sub 4	478887	2146057

En el caso de la tercera sección, se pudo hacer un muestreo más exhaustivo. El área de 216 ha del parque fue subdividido en 144 poligonos de 1-5 ha cada uno para su estudio; en la imagen 4 se muestra la zonificación para el muestreo. La tabla con las coordenadas de cada una de las muestras de la Tercera Sección se muestran en el Anexo 1.

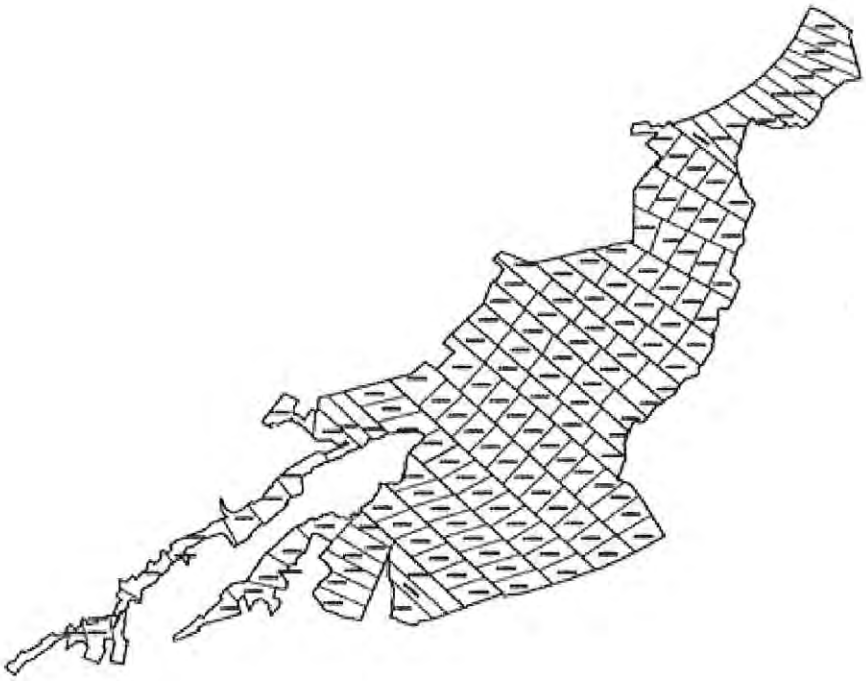


Imagen 4. Zonificación para muestreo de suelo.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Evidencia fotográfica.

Muestra 1 sección 1 Bosques de Chapultepec.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue

Muestra 2 sección 1 Bosques de Chapultepec.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Muestra 3 sección 1 Bosques de Chapultepec.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Muestra 4 sección 1 Bosques de Chapultepec.

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 284-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72570, Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

mail.com – 01 (222) 234-65-24
bolívar, C.P. 72370, Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Muestra 5 sección 1 Bosques de Chapultepec.

http://bioagrovia.com.mx · enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-34
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com - +11 (222) 234-65-24
15 oriente 3017 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Muestra 1 sección 2 Bosques de Chapultepec.

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue.

Muestra 2 sección 2 Bosque de Chapultepec.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue.

Muestra 3 sección 2 Bosque de Chapultepec.

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com - 01 (222) 284-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72870 Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue.

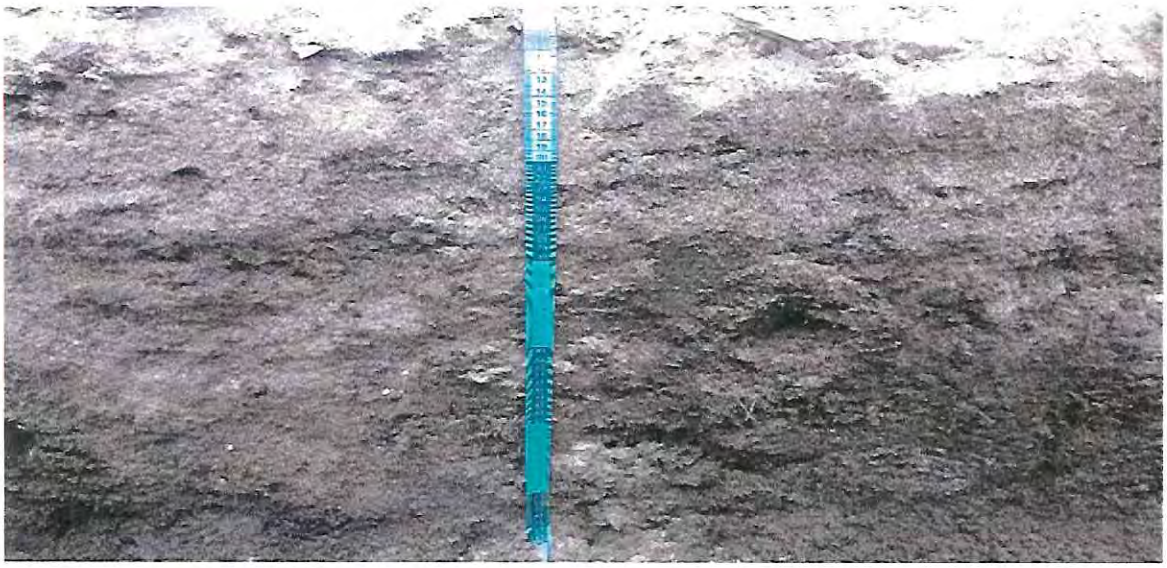
Caracterización de suelos

Se analizaron 10 perfiles en la tercera sección del bosque de Chapultepec, ya que fue el espacio donde se permitió hacer la excavación de más de 40 cm. De los perfiles, se obtuvieron los siguientes resultados de características macromorfológicas y fotografías por perfiles.

2300 msnm 19°24´31" N 99°12'37" W Feozem

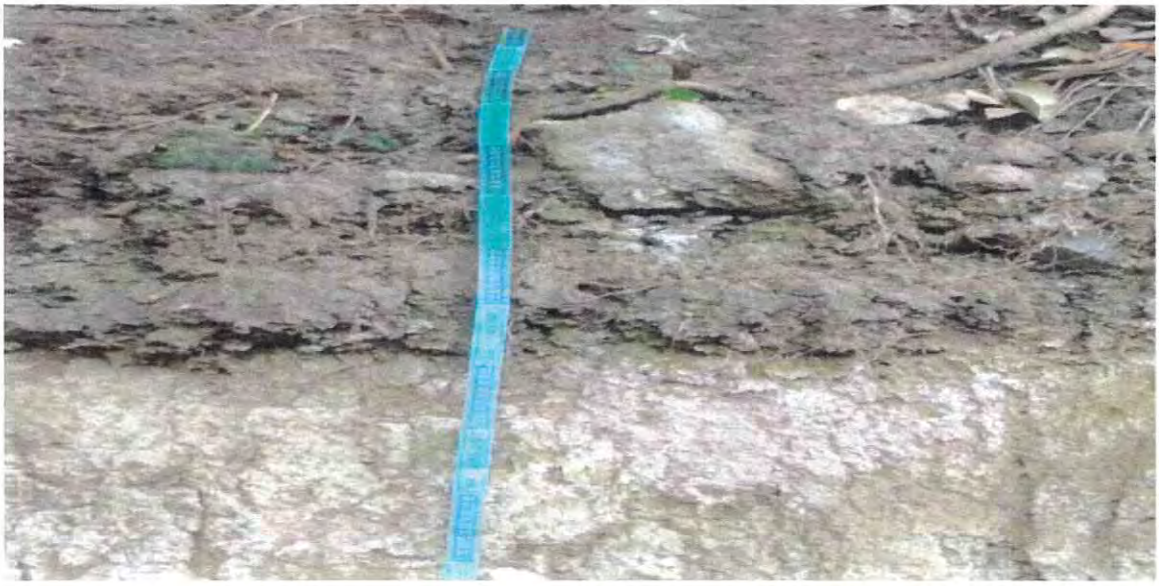
PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
1	O	30 cm	negro	Granular	Arcillo-arenoso	semiduro	Nada plástico
	A	20 cm	Negro ligero	Granular	Arcillo-arenoso	Duro	Nada plástico
	AB						
	B						
	BC						
	C						

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable



2275 msnm 19°24´55" N 99°2´33" W Arenosol

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
2	O						
	A	40 cm	Café claro	granular	arenosa	suave	Nada plástico
	AB						
	B						
	BC						
	C	50-150 cm	Café oscuro	granular	arenosa	suave	Nada plástico



2272 msnm 19°24'54" N 99°12´27" W Feozem sobre rocas de depósitos Piroclásticos

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
3	O	30-40 cm	oscuro	granular	Arcillo-arenoso	semidura	Nada plástico
	A						
	AB						
	B						
	BC						
	C						

2302 msnm 19°24´41" N 99°12'36" W Feozem con escombros integrados

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
4	O	30 cm	café claro	Granular	Arcillo-arenoso	Semiduro	Nada plástico
	A	40 cm	Café claro	granular	Arcillo-arenoso	semiduro	Nada plástico
	AB						
	B						
	BC						
	C						

Nota: se encontraron escombros como botellas de plástico, latas de aluminio y piezas de cobre.

2305 msnm 19°24'22" N 99°12'42" W Feozem con escombros integrados

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
5	O	10 cm	Oscuro	Granular	Arcillo-arenoso	Semiduro	Nada plástico
	A	20-30 cm	Café claro	granular	Arcillo-arenoso	Semiduro	Nada plástico
	AB						
	B						
	BC						
	C						

Nota: en este perfil se encontraron escombros como ladrillos y otros materiales de construcción.

2320 msnm 19°24'23" N 99°12'42" W Feozem sobre roca de depósito Piroclásticos

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
6	O	20 cm	oscuro	granular	Arcillo-arenoso	Semiduro	Nada plástico
	A						
	AB						
	B						
	BC						
	C						

2307 msnm 19°24´20" N 99°12´44" W Litosoles

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
7	O	10 cm	Oscuro	Granular	Arcillo-arenoso	semiduro	nada plástico
	A						
	AB	20- 150 cm	Amarillo-amarillo claro	Columnar-laminar	Arcilloso	suave	Poco plástico
	B						
	BC						
	C						

2380 msnm 19°23'59" N 99°13'12" W Feozem sobre pendiente suave

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
8	O		Oscuro	Granular	Arcillo-arenoso	Semidura	Nada plástico
	A		Oscuro	Granular	Arcillo-arenoso	Semidura	Nada plástico
	AB		oscuro	granular	Arcillo-arenoso	semidura	Nada platico
	B						
	BC						
	C						

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com - 01 (222) 284-6[illegible]
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72571 Puebla, Pue.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

2384 msnm 19°29'3" N 99°13'9" W roca Piroclasticos del cuaternario

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
9	O						
	A						
	AB						
	B						
	BC						
	C						

2301 msnm 19°29'472 N 99°17'42" W Feozem con rellenó

PERFIL	HORIZONTE	TAMAÑO Y TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONSISTENCIA	PLASTICIDAD
10	O	20 CM	Café oscuro	Granular-laminar	Arcillo-arenosa	Semidura	Nada plástica
	A	20-40 cm	Gris-blanco	Laminar	arenosa	suave	Nada plástica
	AB						
	B						
	BC						
	C						

Nota: un suelo básicamente no identificado mezcla de mucho material para la construcción solo un pequeña porción de un posible feozem.

1. CONCLUSIONES

Se encontraron dos asociaciones predominantes de suelos: en una porción del Bosque, particularmente en las paredes de los barrancos, se encuentran los Litosoles como tipo predominante, junto con el Feozem Háplico medio; la segunda

asociación se encuentra en lomas y partes de pendientes suaves y es la de Feozem Háplico medio. Según la clasificación Americana de Suelos, se trata de suelos del Orden Inceptisol, Suborden Andéptico, desarrollados sobre rocas de depósitos Piroclásticos del Cuaternario.

La compactación de los suelos ha llegado a tener valores altos y prácticamente en todos los sitios hay indicios de alteración antrópica, debida a la combinación de desperdicios sólidos que dejan los visitantes y usuarios del bosque, de materiales de construcción y escombros, integrados a los materiales del suelo.

En la tercera sección existe área cubierta y rellanada con suelos no identificados es decir suelos mezclados para cubrir la cubierta vegetal por lo tanto no se encuentran en la clasificación de suelos. Al parecer solo utilizaron rellenos de suelo sobre las rocas que están debajo de estos; al estudiar estos perfiles se encontraron objetos como ladrillos, piedras de material para la construcción, cal, cemento, varillas ,cobre, plásticos, etc.

Se recomienda que, cuando se pretenda hacer una intervención, se hagan los perfiles de suelo en el sitio, ya que ello permitirá mostrar las características puntuales y de esa forma, diseñar con mejor precisión las estrategias a desarrollar. Es importante mencionar que para ello, se deberán tramitar los permisos correspondientes con las autoridades del Bosque.

2. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar S.A., 1988. Materia orgánica In: Aguilar S. A. (Ed.). Métodos de análisis de suelos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo

- Arias, M. E., Gonzalez-Perez, J. A., Gonzalez-Vila, F. J., & Ball A. (2005). Soil health-a new challenge for microbiologists and chemists. International Microbiology, 8, 13–21.

- Carter, M., Gregorich, E., Anderson, D., Doran,J., Janzen, H., Pierce, F. (1997). Concepts of soil quality and their significance. Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Developments in Soil Science 25, Elsevier, Amsterdam

- Programa de manejo del área de valor ambiental del Distrito Federal, con la categoría de bosque urbano denominada "Bosque de Chapultepec. 2006

ANEXO 1. Coordenadas de cada uno de los puntos de muestreo de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec.

	NÚMERO DE MUESTRAS	UNIDADES UTM	
28	036	14Q0476997	2145308
29	037	14Q0476976	2145296
30	038	14Q0477983	2146558
32	039	14Q0477108	2145721
33	041	14Q0477475	2145325
34	042	14Q0477482	2145327
35	043	14Q0493475	2131076
36	044	14Q0493473	2131076
37	045	14Q0493620	2131504
38	AN1.1	14Q0476978	2144698
	AN1.2	14Q0476998	2144714
	AN1.3	14Q0476968	2144719
	AN1.4	14Q0476994	2144743
39	BR1.1	14Q0477477	2145325
	BR1.2	14Q0477467	2145326
	BR1.3	14Q0477462	2145283
40	BR2.1	14Q0477446	2145262
	BR2.2	14Q0477429	2145224
	BR2.3	14Q0477402	2145203
41	BV1.1	14Q0476906	2144998
	BV1.2	14Q0476924	2144988
	BV1.3	14Q0476913	2145005
	BV1.4	14Q0476948	2145002

42	BV2.1	14Q0476963	2145044
	BV2.2	14Q0476986	2145033
	BV2.3	14Q0476980	2145071
	BV2.4	14Q0477006	2145068
43	BV3.1	14Q0477060	2145084
	BV3.2	14Q0477064	2145109
	BV3.3	14Q0477082	2145098
	BV3.4	14Q0477104	2145126
44	BV4.1	14Q0477159	2145164
	BV4.2	14Q0477174	2145162
	BV4.3	14Q0477171	2145189
	BV4.4	14Q0477197	2145195
45	BV5.1	14Q0477224	2145208
	BV5.2	14Q0477247	2145221
	BV5.3	14Q0477260	2145215
	BV5.4	14Q0477280	2145228
46	BV6.1	14Q0477315	2145241
	BV6.2	14Q0477328	2145231
	BV6.3	14Q0477340	2145253
	BV6.4	14Q0477351	2145253
47	BV7.1	14Q0477368	2145283
	BV7.2	14Q0477386	2145289
	BV7.3	14Q0477374	2145312
	BV7.4	14Q0477404	2145322
48	BV8.1	14Q0477445	2145361
	BV8.2	14Q0477462	2145348
	BV8.3	14Q0477469	2145376
	BV8.4	14Q0477486	2145367
49	CC5.3	14Q0476939	2144631
	CC5.4	14Q0476954	2144645
51	CT1.1	14Q0476989	2144657
	CT1.2	14Q0477003	2144677
	CT1.3	14Q0477020	2144661
	CT1.4	14Q0477032	2144687
52	E1.1	14Q0477103	2144821
	E1.2	14Q0477085	2144749
	E1.3	14Q0477099	2144775
	E1.4	14Q0477092	2144809
53	GCDDX1.1	14Q0477039	2144721
	GCDDX1.2	14Q0477062	2144701
	GCDDX1.3	14Q0477071	2144728

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

54	H1.1	14Q0476802	2145075
	H1.2	14Q0476809	2145115
	H1.3	14Q0476826	2145102
	H1.4	14Q0476842	2145140
55	H2.1	14Q0476884	2145129
	H2.2	14Q0476889	2145154
	H2.3	14Q0476919	2145150
	H2.4	14Q0476924	2145168
56	H3.1	14Q0476815	2145130
	H3.2	14Q0476820	2145138
	H3.3	14Q0476827	2145151
	H3.4	14Q0476842	2145171
57	H4.1	14Q0476868	2145179
	H4.2	14Q0476887	2145173
	H4.3	14Q0476897	2145183
	H4.4	14Q0476925	2145188
58	H5.1	14Q0476949	2145176
	H5.2	14Q0476952	2145194
	H5.3	14Q0476979	2145186
	H5.4	14Q0477001	2145214
59	H6.1	14Q0477053	2145258
	H6.2	14Q0477050	2145281
	H6.3	14Q0477092	2145291
	H6.4	14Q0477077	2145303
60	H7.1	14Q0477146	2145313
	H7.2	14Q0477167	2145315
	H7.3	14Q0477189	2145322
61	H8.1	14Q0476891	2145258
	H8.2	14Q0476875	2145222
	H8.3	14Q0476860	2145270
	H8.4	14Q0476852	2145230
62	H9.1	14Q0476855	2145294
	H9.2	14Q0476830	2145292
	H9.3	14Q0476818	2145281
	H9.4	14Q0476804	2145282
63	H10.1	14Q0476824	2145260
	H10.2	14Q0476804	2145227
	H10.3	14Q0476798	2145240
	H10.4	14Q0476770	2145229

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Estudio fitosanitario del arbolado del Bosque de Chapultepec

Proyecto: Evaluación Ambiental Estratégica para el Plan Maestro del Proyecto Chapultepec

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Púe.

INTRODUCCIÓN

El Bosque de Chapultepec es el parque urbano más grande de América Latina al poseer 686.05 ha y es uno de los más visitados del mundo (Benavides-Meza y Fernández 2012). Actualmente está conformado por tres secciones: La Primera Sección que cuenta con una superficie de 274.08 ha de las cuáles182 son área verde y es considerada la parte histórica del Bosque, la Segunda Sección que cuenta con 169.03 ha y finalmente la Tercera Sección con una superficie total de 243.90 ha y cuya vocación es considerada totalmente ambiental (SEDEMA, 2011).

El Bosque de Chapultepec es considerada el área verde urbana más importante de la Ciudad de México, incluso de México, debido a su extensión y a los servicios ambientales que proporciona como la purificación del aire, recarga de los mantos acuíferos, refugio de fauna nativa, reducción de los niveles de ruido, captura de carbono, producción de oxígeno, control de inundaciones (SEDEMA, 2011; Chacalo-Hilú y Nava-Esparza, 2009; Nail, 2006).

Además de los servicios ambientales que provee, el Bosque de Chapultepec también es considerado una zona cultural y de recreación muy importante al contar con distintas instalaciones para dichos propósitos como el Centro Cultural del Bosque, la Escuela Nacional de Danza Folklórica, el Auditorio Nacional, los Museos Nacionales de Historia y Antropología, el de Arte Moderno y el Tamayo, además del Zoológico, la Casa del Lago, el Jardín Botánico y el Lago Mayor, Museos de Historia Natural, El Papalote Museo del Niño, el Tecnológico y centros de diversión como el Planeta Azul y México Mágico, el lago y restaurantes.

Sin embargo, a pesar de la gran importancia del Bosque de Chapultepec, al estar inmerso en la Ciudad de México enfrenta la problemática ambiental de la mayoría de las ciudades como la generación de islas de calor pues la pavimentación impide la infiltración de agua de lluvia al subsuelo, incremento de la temperatura por las actividades humanas como el uso de autos, aparatos eléctricos, estufas, etc., pérdida de la superficie con vegetación para el establecimiento de centros urbanos, pérdida de la biodiversidad (Galindo-Bianconi y Victoria-Uribe 2012), por otro lado,

el suelo contribuye en buena medida a la salud de los árboles pues en las ciudades en gran medida este suelo proviene de materiales de construcción lo que se traduce en un déficit de nutrientes disponibles para el arbolado, aunado a esto, la disponibilidad del agua también influye en la salud de los árboles pues gran parte del agua de lluvia se escurre ya sea por la presencia de pavimento que rodea los árboles o por la compactación del suelo generando estrés hídrico en las plantas (Chacalo-Hilú y Nava-Esparza, 2009) y como resultado el Bosque y el arbolado urbano en general enfrenta problemas fitosanitarios de plagas y enfermedades pues es sabido que durante su ciclo de vida las especies vegetales sufren estrés tanto biótico (hongos, baterías, virus, parásitos) como abiótico (deficiencias nutricionales en el suelo y mala calidad de agua, las condiciones ambientales, el pH y luz) lo que debilita a los individuos y los hace susceptibles del ataque de plagas y enfermedades -incluso causarles la muerte-(Galindo-Bianconi y Victoria-Uribe 2012; Reséndiz-Martínez *et al.* 2015).

Actualmente se encuentra disponible un inventario del arbolado de una buena parte de la Primera y Segunda secciones del bosque, así como con una parte de la Tercera Sección. Este inventario es el resultado de proyectos realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para la caracterización y diagnóstico del arbolado y cuya información se encuentra disponible en: https://chapultepec.org.mx/ (Benavides-Meza y Fernández 2012). Sin embargo, contar con información actualizada aunado a la información existente ayudará a tomar mejores decisiones para su manejo.

MÉTODO

Se llevaron a cabo 39 muestreos circulares de 500 m^2 (12.62 m de radio) ubicados aleatoriamente dentro de las tres secciones del bosque de Chapultepec, dando un total de casi dos hectáreas (19,500 m^2) evaluados, es decir, el 0.29% de la superficie actual del bosque de Chapultepec (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Localización de los sitios de muestreo del arbolado en el Bosque de Chapultepec.

Sección	Sitio	UTMx	UTMy	Error	Altitud (m)
1	1	480291	2147809	4	2247
	2	480417	2147434	5	2251
	3	480099	2147372	3	2243
	4	480047	2147134	5	2248
	5	480151	2147243	3	2243
	6	480300	2147109	4	2245
	7	480472	2147012	5	2215
	8	480652	2147008	6	2240
	9	480211	2146706	5	2268
	10	480918	2147006	4	2244
2	1	478923	2146064	5	2317
	2	478898	2146349	4	2309
	3	478813	2146576	6	2309
	4	478805	2146916	5	2306
	5	478750	2146785	5	2307
	6	478565	2146937	3	2301
	7	478970	2146779	4	2309
	8	479074	2146593	4	2299
	9	478771	2147191	5	2298
	10	479285	2147389	4	2276
3	1	476863	2145214	3	2386
	2	476864	2145413	4	2374
	3	476933	2145734	3	2350
	4	477319	2146030	3	2341
	5	477118	2145336	4	2349
	6	477722	2145746	3	2341
	7	477720	2145946	3	2334
	8	477486	2145673	3	2357
	9	477226	2145647	4	2359
	10	476600	2145048	3	2396
	11	477266	2145139	5	2355
	12	477929	2146366	3	2340
	13	477811	2146689	4	2321
	14	478177	2146930	3	2285
	15	478263	2147196	5	2291
	16	478305	2147019	3	2289
	17	476506	2145608	3	2369

Sección	Sitio	UTMx	UTMy	Error	Altitud (m)
	18	476737	2145759	3	3280
	19	476607	2144785	3	2400

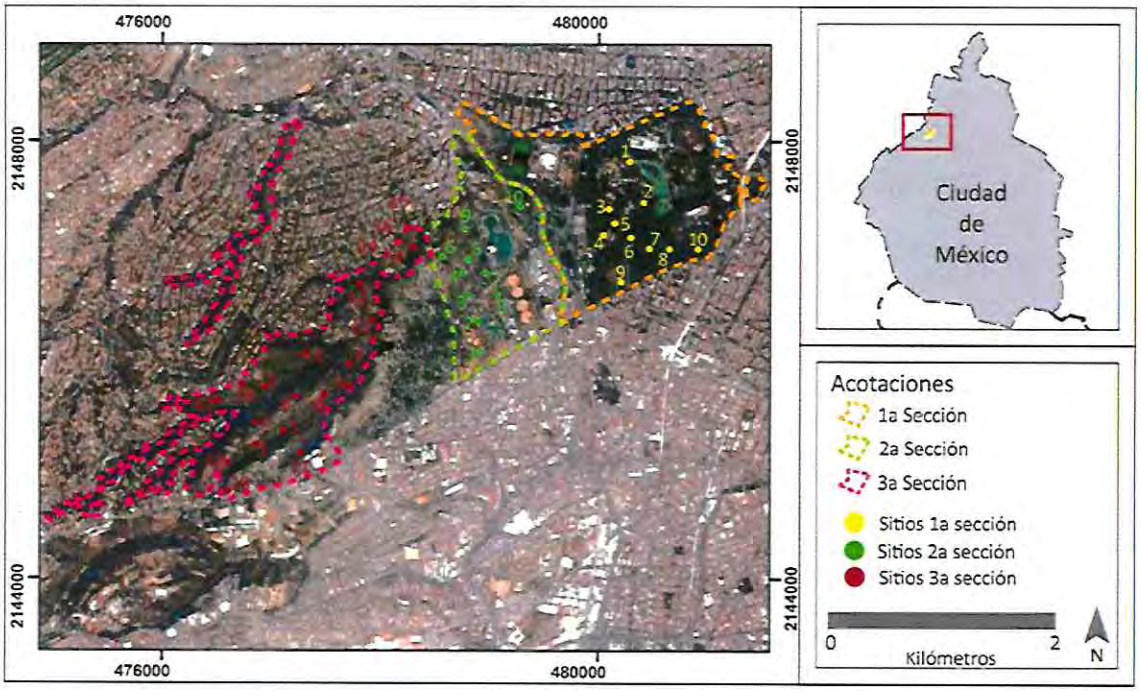


Figura 1. Ubicación de los muestreos de vegetación realizados en el bosque de Chapultepec.

En estos muestreos se registraron todos los individuos arbóreos (diámetro normal ≥ 5 cm) y todos los individuos arbustivos (≤5 cm de diámetro normal). Se registró la especie hospedera y la presencia de un indicador de plaga y/o enfermedad en un porcentaje de daño tanto en el follaje como en el tronco (Cuadro 2). En el caso de los individuos de talla grande se utilizaron binoculares para hacer el registro (Figura 2). En la primera y segunda sección se midió el diámetro normal cada individuo, en el caso de la tercera sección no se logró obtener dicho parámetro.

La identificación taxonómica de las especies hospederas se llevó a cabo con ayuda de claves dicotómicas especializadas para la zona y un microscopio estereoscópico Velaquin M-2100. La identificación de las plagas y/o enfermedades se llevó a cabo

con revisión bibliográfica (Cervantes Bautista *et al.* 2019; Uribe-Salas *et al.* 2018; Reséndiz Martínez *et al.* 2015; Elliot 2011; Arguedas, 2008; INIFAP, 2005).

Cuadro 2. Evaluación sanitaria del troco y del follaje (modificado de Benavides 2012).

	Tronco		Follaje	
Categoría	**Físico**	**Sanitario**	**Físico**	**Sanitario**
4 Bueno	Tronco recto o inclinación ligera. Sin objetos ajenos a él	Sin evidencia de ataque o daño	Copa con balance adecuado	Sin evidencia de ataque o daño
3 Regular	Fuste ligeramente inclinado. Algunos objetos ajenos a él o áreas con pudrición	Evidencia de ataque o daño en el 1-25% del tronco.	Copa ligeramente desbalanceada y ligera ausencia de follaje o ligeramente deshidratado	Evidencia de ataque o daño en el 1-25 % del follaje.
2 Malo	Fuste con inclinación mayor a 30°. Varios objetos ajenos al árbol. Áreas con pudrición.	Presencia de evidencia de daño y ataque de plagas o enfermedades del 26-50% del tronco	Copa desbalanceada. Ausencia notoria del follaje o muy deshidratado	Presencia de evidencia de daño y ataque de plagas o enfermedades del 26-50% del follaje
1 Pésimo	Fuste con inclinación mayor a 45°. Múltiples objetos ajenos en el tronco. Áreas con pudrición.	Presencia severa de plagas o enfermedades en el 51-100 % del tronco	Copa muy desbalanceada por la inclinación del árbol. Follaje muy ralo y seco	Presencia severa de plagas o enfermedades en el 51-100 % del follaje

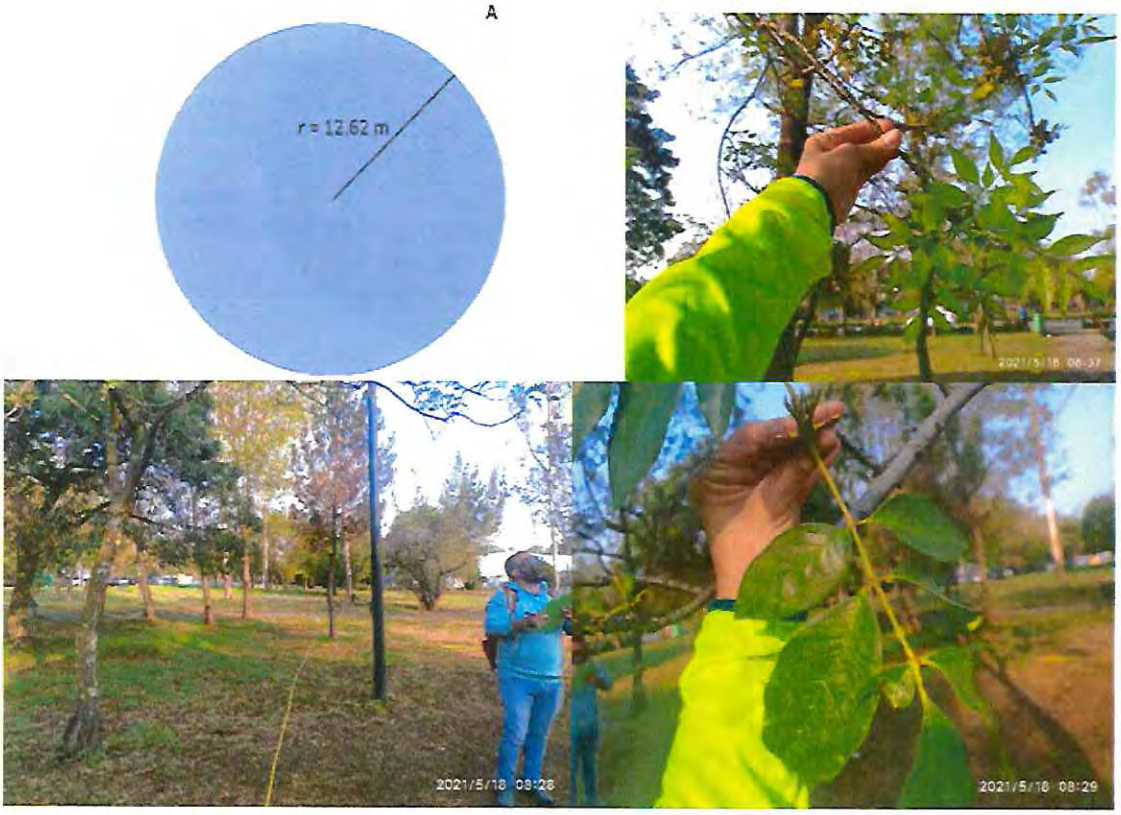


Figura 2. Muestreo de plagas y enfermedades las tres secciones del bosque de Chapultepec.

RESULTADOS

Evaluación fitosanitaria de la primera sección

De los 111 individuos evaluados en la primera sección se registraron 61 individuos sanos, 2 muertos en pie y 48 con evidencia de plagas o enfermedades ya sea físico o biológico en el tronco o en el follaje (Figura 3) (Anexo 1).

Figura 3. Porcentaje de individuos evaluados en la primera sección del bosque de Chapultepec. Se muestra a grandes rasgos su condición fitosanitaria.

Los 61 individuos sanos pertenecieron nueve especies de las cuales *Fraxinus uhdei* fue la mejor representada con 28 individuos sanos, le siguió *Ligustrum lucidum* (20 individuos sanos). El resto de las especies tuvo menos de 20 individuos sanos (Figura 4).

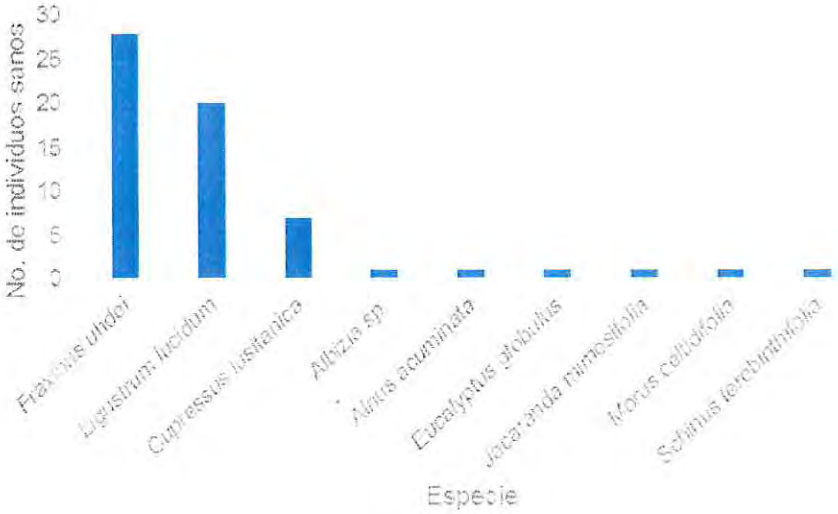


Figura 4. Número de individuos sanos y especie a la que pertenecen registrados en la primera sección del bosque de Chapultepec.

Con relación a los 48 individuos que mostraron evidencia de daño, plagas y/o enfermedades pertenecieron 8 especies y *Ligustrum lucidum* fue la mejor representada. El principal daño registrado fue la presencia de ramas secas y follaje deshidratado para *L. lucidum* mientras que para *Cupressus lusitanica* fue la presencia del insecto *Dendroctonus* sp. (Figura 5).

Es importante señalar que en los muestreos de esta sección del bosque se observó mayor mantenimiento del arbolado y que en el caso de la mayoría de los árboles de *Cupressus lusitanica* se observó que están bajo tratamiento en contra del descortezador *Dendroctonus* pues muchos individuos contaban con fitoterapia.

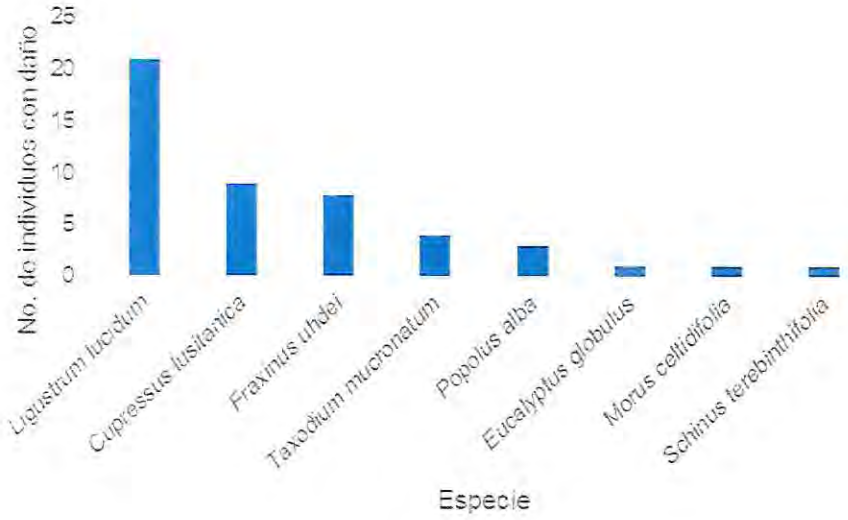


Figura 5. Número de individuos con evidencia de daño y especie a la que pertenecen registrados en la primera sección del bosque de Chapultepec.

Categoría fitosanitaria de la vegetación

De acuerdo con la valoración porcentual del estado sanitario del tronco y del follaje (excluyendo los individuos muertos en pie) se obtuvo lo siguiente (Cuadro 3):

Cuadro 3. Categoría fitosanitaria de la vegetación de la primera sección del bosque de Chapultepec. Se muestra el número de individuos.

Categoría	Tronco		Follaje	
	Físico	Sanitario	Físico	Sanitario
Bueno (0%)	93	107	74	100
Regular (1-25 %)	10	2	16	9
Malo (26-50 %)	6	0	18	0
Pésimo (51-100 %)	0	0	1	0

Nota: Para más detalle de la valoración por individuo y órgano (tronco y follaje) revisar el Anexo 1

Evaluación fitosanitaria de la segunda sección

De los 158 individuos evaluados en la segunda sección se registraron 65 individuos sanos, 14 muertos en pie y 79 con evidencia de plagas o enfermedades ya sea físico o biológico en el tronco o en el follaje (Figura 6) (Anexo 1).

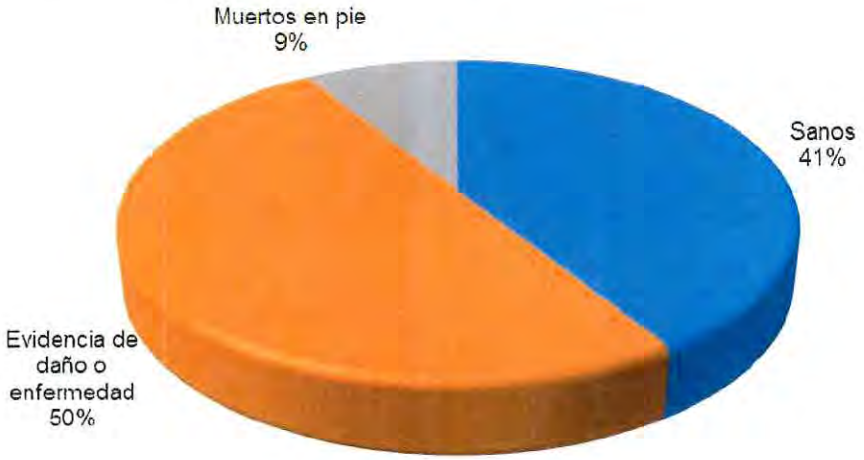


Figura 6. Porcentaje de individuos evaluados en la segunda sección del bosque de Chapultepec. Se muestra a grandes rasgos su condición fitosanitaria.

Los 65 individuos completamente sanos fueron de diez especies distintas. La especie que presentó el mayor número de individuos sanos fue *Fraxinus uhdei* (28

individuos), seguida de *Ligustrum lucidum* (13 individuos). El resto de las especies tuvo menos de diez individuos sanos. (Figura 7).

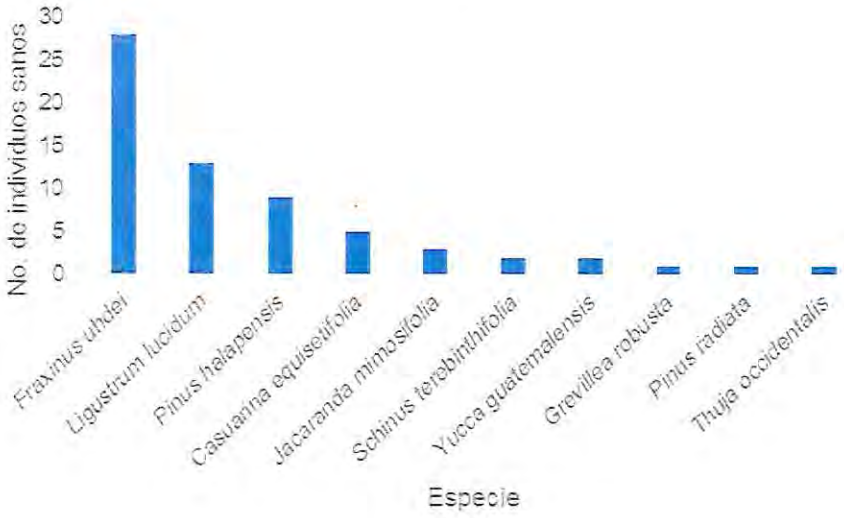


Figura 7. Número de individuos sanos y especie a la que pertenecen registrados en la segunda sección del bosque de Chapultepec.

Con relación a los 79 individuos que mostraron evidencia de daño, plagas y/o enfermedades pertenecieron a 15 especies distintas y *Fraxinus uhdei* fue la especie que presentó el mayor número de individuos con evidencia de daño o enfermedad (22 individuos). Es importante destacar que el principal daño en general en esta sección registrado fue la presencia de ramas secas y follaje deshidratado mientras que para *Cupressus lusitanica* fue la presencia del insecto *Dendroctonus* sp, la presencia de la conchuela *Glycaspis brimblecombei y* el hongo *Kirramyces epicicloides* en *Eucalyptus camaldulensis* y el muérdago *Cladocolea loniceroides* y la chinche *Tropidosteptes chapingoensis* en *Fraxinus uhdei* (Figura 8).

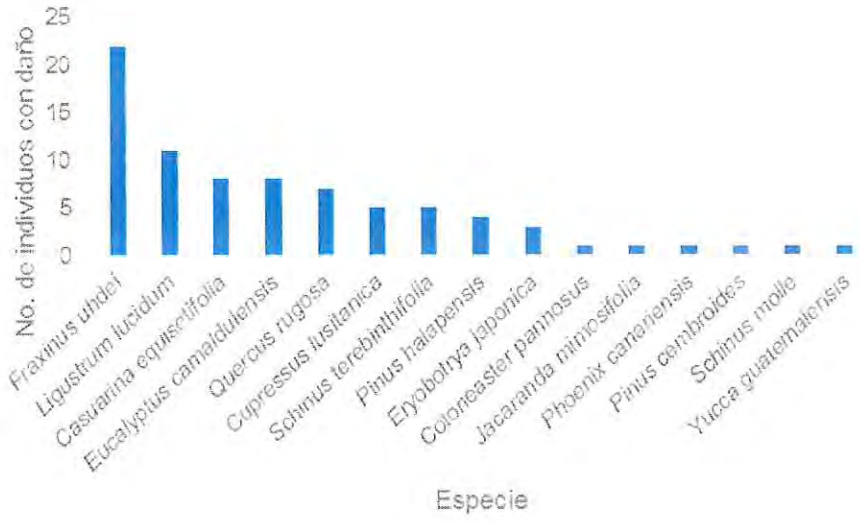


Figura 8. Número de individuos con evidencia de daño y especie a la que pertenecen registrados en la segunda sección del bosque de Chapultepec.

Categoría fitosanitaria de la vegetación

De acuerdo con la valoración porcentual del estado sanitario del tronco y del follaje (excluyendo los individuos muertos en pie) se obtuvo lo siguiente (Cuadro 4):

Cuadro 4. Categoría fitosanitaria de la vegetación de la segunda sección del bosque de Chapultepec. Se muestra el número de individuos.

Categoría	Tronco		Follaje	
	Físico	Sanitario	Físico	Sanitario
Bueno (0%)	128	134	76	112
Regular (1-25 %)	15	5	41	10
Malo (26-50 %)	0	4	19	15
Pésimo (51-100 %)	1	1	8	7

Nota: Para más detalle de la valoración por individuo y órgano (tronco y follaje) revisar el Anexo 1

Es importante resaltar que en esta sección se registró y observó en el muestreo 5 y en el 9 una gran cantidad de individuos muertos o en muy mal estado por lo que se recomienda un análisis más intensivo para conocer las posibles causas de ello.

Evaluación fitosanitaria de la tercera sección

En parte por el esfuerzo de muestreo -y probablemente porque hay una mayor densidad de árboles por área- en esta sección se logró registrar a 837 individuos (destaca que en esta sección sí hubo elementos arbustivos en los muestreos) de los cuales se registraron 459 individuos sanos, 47 muertos en pie y 331 con evidencia de plagas o enfermedades ya sea físico o biológico en el tronco o en el follaje (Figura 9) (Anexo 1).

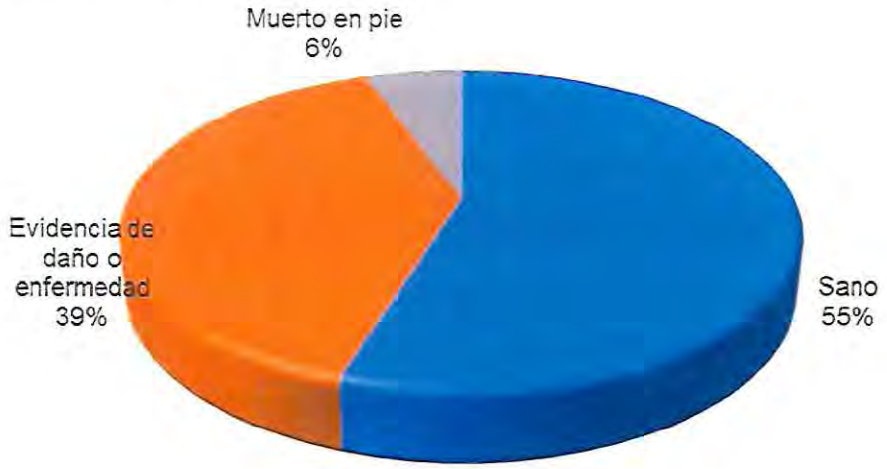


Figura 9. Porcentaje de individuos evaluados en la tercera sección del bosque de Chapultepec. Se muestra a grandes rasgos su condición fitosanitaria.

Los individuos sanos correspondieron a 26 especies distintas, de las cuales *Cotoneaster pannosus* fue la que presentó el mayor número de individuos sanos (239 individuos), seguida de *Ligustrum lucidum* (36 individuos sanos), *Casuarina equisetifolia* (26 individuos sanos), *Phoenix canariensis* (23 individuos sanos), *Eysenhardtia polystachia* (22 individuos sanos) y *Fraxinus uhdei* (21 individuos sanos). El resto de las especies estuvieron representada por menos de 20 individuos sanos (Figura 10).

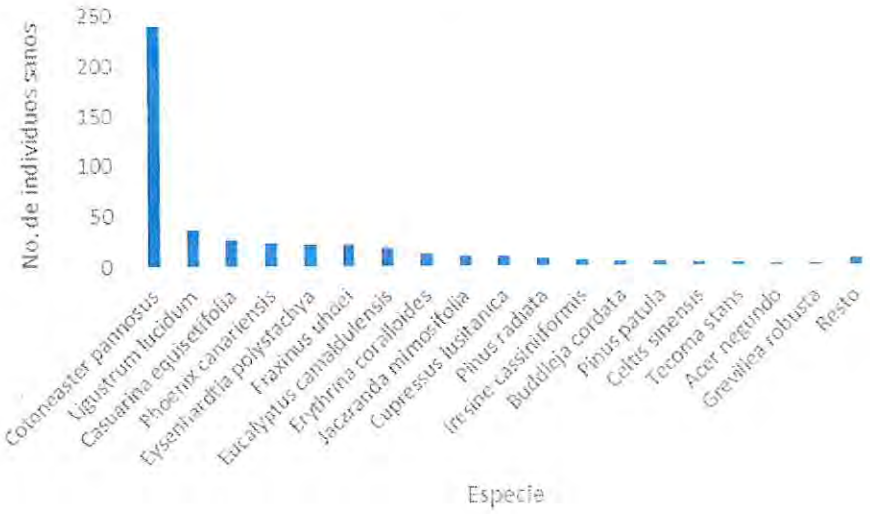


Figura 10. Número de individuos sanos y especie a la que pertenecen registrados en la tercera sección del bosque de Chapultepec.

Con relación a los 331 individuos que mostraron evidencia de daño, plagas y/o enfermedades pertenecieron a 26 especies distintas y *Eucalyptus camaldulensis* fue la especie que mostró el mayor número de individuos enfermos o con daño (217 individuos) seguida de *Phoenix canariensis* (21 individuos enfermos o con daño). El resto de las especies estuvierono representadas por menos de 20 individuos enfermos o con daño (Figura 11). En esta sección del bosque al registrarse mayor riqueza de especies también se registró una mayor diversidad de enfermedades y daños. En el caso de los eucaliptos el principal daño fue la presencia de la conchuela del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* y del hongo *Kirramyces epicicloides,* en el caso de los Fraxinus uhdei se registró la presencia de muérdago y de la chinche *Tropidosteptes chapingoensis*, así como *Hylesinus aztecus* entre otras enfermedades. En el caso del daño físico el principal daño registrado fueron las ramas secas y herbivoría (Para más detalle de cada individuo revisar el Anexo 1)

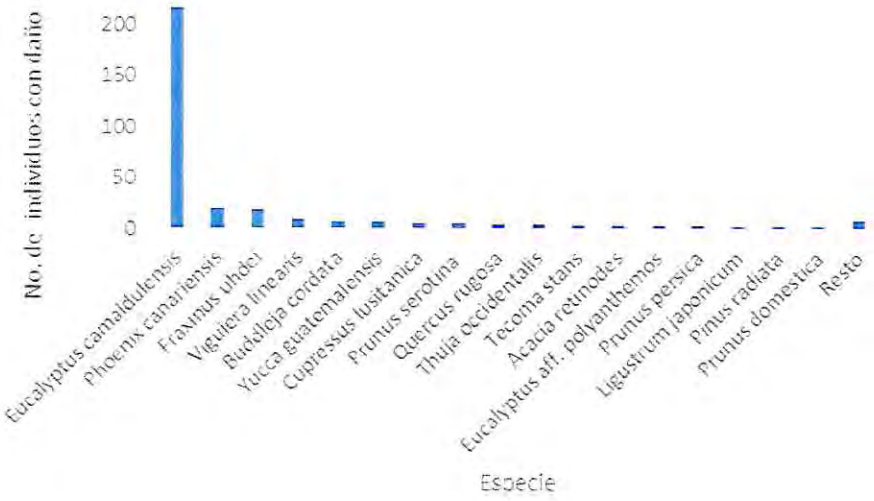


Figura 11. Número de individuos con evidencia de daño y especie a la que pertenecen registrados en la tercera sección del bosque de Chapultepec.

Categoría fitosanitaria de la vegetación

De acuerdo con la valoración porcentual del estado sanitario del tronco y del follaje (excluyendo los individuos muertos en pie) se obtuvo lo siguiente (Cuadro 5):

Cuadro 5. Categoría fitosanitaria de la vegetación de la tercera sección del bosque de Chapultepec. Se muestra el número de individuos.

Categoría	Tronco		Follaje	
	Físico	Sanitario	Físico	Sanitario
Bueno (0%)	761	771	746	503
Regular (1-25 %)	19	10	32	82
Malo (26-50 %)	5	9	5	78
Pésimo (51-100 %)	5	0	7	127

Nota: Para más detalle de la valoración por individuo y órgano (tronco y follaje) revisar el Anexo 1

En resumen, el principal daño en el tronco de los árboles fueron heridas físicas o la presencia de cancro mientras que en el follaje muchos individuos presentaron ramas secas y muertas y de acuerdo con la bibliografía las principales enfermedades registradas fueron las siguientes (Cuadro 6):

Cuadro 6. Registro de las principales enfermedades presentes.

Especie hospedera	Especie patógena o insecto/daño	Localización del daño
Acacia retinodes	*Icerya purchasi*	Follaje
Acer negundo	Herviboría	Follaje
Baccharis conferta	Herviboría	Follaje
Buddleja cordata	Herviboría	Follaje
	Termitas	Tronco
Cupressus lusitánica	*Pestalotia* sp.	Follaje
	Barrenador	Tronco
Eucalyptus aff. Polyanthemos	*Glycaspis brimblecombei*	Follaje
	Kirramyces epicicloides	Follaje
Eucalyptus camaldulensis	*Glycaspis brimblecombei*	Follaje
	Kirramyces epicicloides	Follaje
	Atta sp.	Follaje
	Leptocybe invasa	Follaje
	Cancro	Tronco
	Físico	Tronco
Fraxinus uhdei	*Cladocolea loniceroides*	Follaje
	Tropidosteptes chapingoensis	Follaje
	Herviboría	Follaje
	Hylesinus aztecus	Tronco
Grevillea robusta	Thysanopthera	Follaje
Ligustrum japonicum	*Cladocolea loniceroides*	Follaje
Malus domestica	Herviboría	Follaje
Morus celtidifolia	Herviboría	Follaje
Opuntia sp.	Hongo	Cladodios
Persea americana	*Hoplophorium monogramma*	Follaje
Phoenix canariensis	*Fusarium* sp.	Follaje
	Herviboría	Follaje
Pinus radiata	*Chionaspis* sp.	Follaje
Prunus domestica	*Tranzschelia pruni-spinosae*	Follaje
Prunus pérsica	*Herviboría*	Follaje
	Tranzschelia discolor	Follaje

Especie hospedera	Especie patógena o insecto/daño	Localización del daño
Prunus serotina	*Tranzschelia pruni-spinosae*	Follaje
	Físico	Tronco
Pyracantha koidzumii	Hongo	Follaje
Quercus rugosa	*Atta* spp.	Follaje
	Fisico	Follaje
Salix babylonica	Hongo	Follaje
Tecoma stans	*Prospodium transformans*	Tronco y follaje
	Herviboría	Follaje
Thuja occidentalis	Follaje seco	Follaje
Viguiera linearis	Hongo	Follaje
Yucca guatemalensis	*Phoma sp.*	Follaje
	Barrenador	Tronco

Especies nativas y exóticas

Se registraron 26 especies nativas, cuatro de ellas endémicas a México de acuerdo con la CONABIO: *Iresine cassiniiformis, Yucca filifera, Brongniartia intermedia y Pinus maximartineziii.* El resto son consideradas especies exóticas (24 especies) y de acuerdo con el listado de especies exóticas invasoras para México de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ninguna de ellas es considerada una especie invasora (Cuadro 4).

Cuadro 7. Estatus migratorio de las especies registradas en los muestreos del bosque de Chapultepec.

Familia	Especie	Nombre común	Estatus migratorio
Altingiaceae	*Liquidambar styraciflua*	Liquidámbar	Nativa
Amaranthaceae	*Iresine cassiniiformis*		Nativa/Endémica
Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirúl	Exótica
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia*	Pimentero brasileño	Exótica
Araliaceae	*Schefflera*		Exótica
Arecaceae	*Phoenix canariensis*	Palma canaria	Exótica
Asparagaceae	*Yucca filifera*	Izote	Nativa/Endémica
Asparagaceae	*Yucca guatemalensis*	Yuca	Nativa
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Escobilla	Nativa
Asteraceae	*Viguiera linearis*		Nativa
Betulaceae	*Alnus acuminata*	Aile	Nativa
Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia*	Jacaranda	Exótica

Familia	Especie	Nombre común	Estatus migratorio
Bignoniaceae	*Tecoma stans*	Tronadora	Nativa
Cactaceae	*Opuntia sp.*	*Nopal*	Nativa
Cannabaceae	*Celtis sinensis*		Exótica
Casuarinaceae	*Casuarina equisetifolia*	Casuarina	Exótica
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa
Cupressaceae	*Taxodium mucronatum*	Ahuehuete	Nativa
Cupressaceae	*Thuja occidentalis*	Tulia	Exótica
Fabaceae	*Acacia retinodes*	*Acacia*	Exótica
Fabaceae	*Albizia sp.*		Incierto
Fabaceae	*Brongniartia intermedia*		Nativa/Endémica
Fabaceae	*Erythrina coralloides*	*Colorín*	Nativa
Fabaceae	*Eysenhardtia polystachya*	*Palo dulce*	Nativa
Fagaceae	*Quercus rugosa*	*Encino*	Nativa
Lauraceae	*Persea americana*	*Aguacate*	Nativa
Moraceae	*Morus celtidifolia*	*Mora*	Nativa
Myrtaceae	*Eucalyptus globulus*	*Eucalipto azul*	Exótica
Myrtaceae	*Eucalyptus aff. polyanthemos*		Exótica
Myrtaceae	*Eucalyptus camaldulensis*	*Eucalipto*	Exótica
Oleaceae	*Fraxinus uhdei*	*Fresno*	Nativa
Oleaceae	*Ligustrum japonicum*	*Trueno*	Exótica
Oleaceae	*Ligustrum lucidum*	*Trueno*	Exótica
Phytolaccaceae	*Phytolacca dioica*	*Ombú*	Exótica
Pinaceae	*Pinus cembroides*	*Pino piñonero*	Nativa
Pinaceae	*Pinus halepensis*	*Pino alepo*	Exótica
Pinaceae	*Pinus maximartinezii*	*Pino azul*	Nativa/Endémica
Pinaceae	*Pinus patula*	*Pino lacio*	Nativa
Pinaceae	*Pinus radiata*	*Pino de Monterrey*	Nativa
Proteaceae	*Grevillea robusta*	*Roble australiano*	Exótica
Rosaceae	*Cotoneaster pannosus*		Exótica
Rosaceae	*Eriobotrya japonica*	*Níspero*	Exótica
Rosaceae	*Malus domestica*	*Manzano*	Exótica
Rosaceae	*Prunus domestica*	*Ciruelo*	Exótica
Rosaceae	*Prunus persica*	*Durazno*	Exótica
Rosaceae	*Prunus serotina*	*Capulin*	Nativa
Rosaceae	*Pyracantha koidzumii*	*Piracanto*	Exótica
Salicaceae	*Populus alba*	*Álamo plateado*	Exótica
Salicaceae	*Salix babylonica*	*Sauce*	Nativa
Sapindaceae	*Acer negundo*	*Negundo*	Nativa
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	*Tepozán*	Nativa

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE MANEJO DE PLAGAS

De acuerdo con los resultados obtenidos se obtuvo una escasa riqueza de especies arbóreas (51 especies), este patrón de poca diversidad ya ha sido reportado en otras áreas verdes de la Ciudad de México. Además, la estructura del bosque está dominada por cuatro especies principalmente: *Ligustrum lucidum*, *Cotoneaster pannosus, Fraxinus uhdei* y *Eucalyptus camaldulensis* lo que la hace susceptible del ataque de plagas. Sin embargo, es importante destacar que conforme se haga una revisión exhaustiva de la bibliografía o un muestreo más intensivo y dirigido a conocer la florística completa del bosque -incluidas las herbáceas- este número de especies incrementará considerablemente.

Se registraron 24 especies exóticas lo que influye en la pérdida de la biodiversidad local debido a que estas especies compiten con las especies nativas, modifican el hábitat y pueden finalmente desplazarlas.

En cuanto a las especies que mostraron un grado de enfermedad se observó que *Eucalyptus camaldulensis* es la especie más abundante y con mayor grado de infestación por el psílido *Glycaspis brimblecomenbei* (y también se tiene registro de muerte descendente). El ataque de este psílido deja vulnerables a los individuos de *E. camaldulensis* al ataque de otros patógenos como el hongo *Kirramyces epicicloides* provocando la muerte de los organismos.

Otra de las especies importantes por su abundancia fue el fresno (*Fraxinus uhdei*) cuya principal afectación es la que le ocasiona el muérdago *Cladocolea loniceroides*. El ataque de una planta parásita afecta a los hospederos al competir por agua y nutrientes e impiden el buen funcionamiento de los hospederos e incluso, cuando la planta parásita llega a ser abundante puede provocar la muerte de su hospedero (Cárdenas 2014; SEMARNAT, 2007). En el caso de los fresnos registrados en el bosque se observó que algunos están debilitados al grado de presentar hongos en su follaje. Es importante destacar que la incidencia de muérdago se registró casi de manera exclusiva en los fresnos que estaban

adyacentes a las calles, es decir, en las zonas abiertas y con escasa cobertura vegetal.

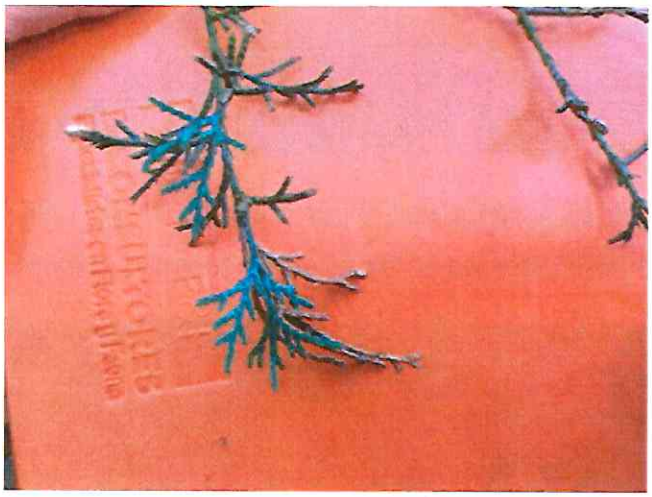
El resto de las especies de hospederos registrados mostraron manchas en el follaje que indican afectación por diversas especies de hongos.

Finalmente, y a manera de conclusiones se señala que, para reducir el efecto de las plagas en el arbolado urbano, no solo es necesario considerar la densidad de árboles y de especies de plantas en el sitio, si no también, aumentar la complejidad estructural (aumentar el número de estratos vegetales con especies rasantes, arbustivas, de estrato medio y alto). Los hábitats con una mayor complejidad vegetal aumentan la abundancia y diversidad de enemigos de las plagas que afectan al arbolado urbano, así como otras fuentes recursos alimenticios (Parsons y Frank, 2019; Raupp *et al.*, 2010). En el bosque de Chapultepec la dominancia de pocas especies arbóreas, la baja riqueza de especies y la ausencia de más de dos estratos vegetales en gran parte del área no favorecen la complejidad vegetal por lo que deberá ser prioritario: (i) aumentar el número de especies de árboles y arbustos, (ii) favorecer condiciones para el establecimiento de especies herbáceas nativas, (iii) transplantar árboles nativos de porte medio que acompañen a las especies arbóreas ya establecidas, (iv) retirar en medida de lo posible los individuos muertos en pie para liberar espacios que puedan ser utilizados por nuevos individuos y (v) podas de saneamiento periódicas principalmente en las calles y zonas muy abiertas del bosque donde se detectó la mayor incidencia de muérdago.

Anexo 1

Imágenes de las plagas, enfermedades y daños registrados en el bosque de Chapultepec.

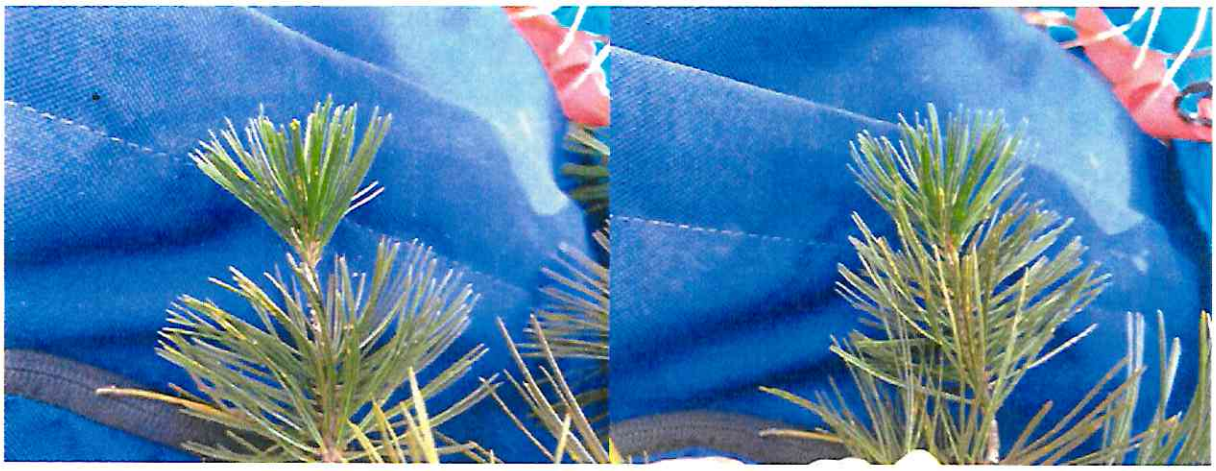
Manchas foliares en *Acacia retinodes* causadas por *Icerya purchasi.*



Mancha foliar en *Cupressus lusitanica* causada por *Pestalotia* sp.

Daño causado por *Glycaspis brimblecombei*, defoliación por *Atta* sp, *Leptocybe invasa* y *Kirramyces epicicloides* en el follaje de *Eucalyptus camaldulesis.*

Presencia del muérdago *Cladocolea loniceroides* en *Fraxinus uhdei.*



Manchas en acículas de *Pinus radiata* causadas por *Chionaspis* sp.

Persea americana con daño causado por *Hoplophorium monograma.*

Manchas foliares en *Prunus serotina* por *Tranzschelia pruni-spinosae.*

Daño físico causado *en Quercus rugosa* por incendio.

Manchas foliares en *Salyx babylonica* causadas por un hongo.

Tecoma stans con *Prospodium transformans.*

Daño causado por hongos en *Viguiera linearis.*

Daño físico (quemadura) y biológico (cancro) en el fuste de los árboles.

Clorosis provocada por *Tropidosteptes chapingoensis* y tronco inclinado de *Fraxinus uhdei*.

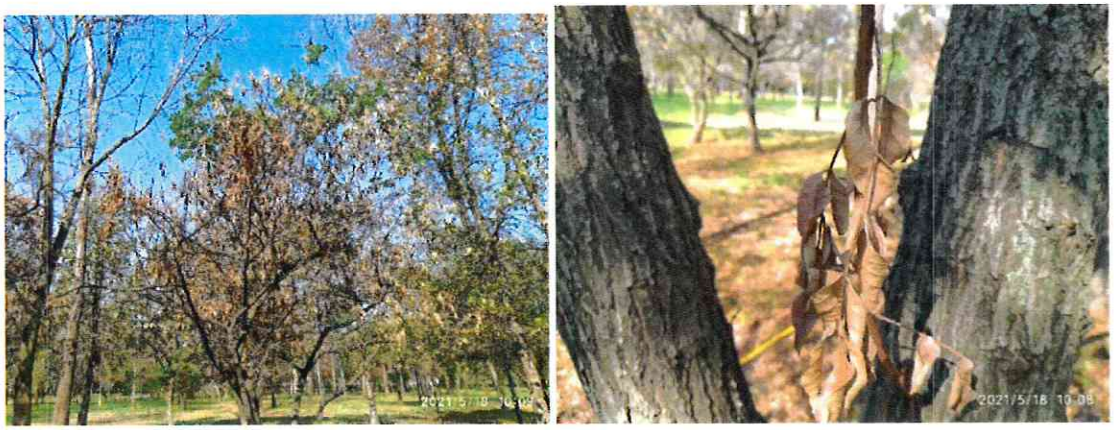
Follaje sano y copa desbalanceada de *Schinus therentifolia.*

Follaje deshidratado de *Pinus halapensis.*

Tronco con daño físico y tronco sano de *Fraxinus uhdei.*

Individuo muerto en pie de *Acacia* sp.

Fungosis en el follaje de *Quercus rugosa*.



Follaje muerto de *Schinus terebenthifolia*

Fungosis en follaje de *Eriobotrya japonica*

Individuo muerto de *Pinus* sp.

Follaje seco e individuos muertos de *Casuarina equisetifolia*.

Follaje seco y con fungosis de *Phoenix canariensis*.

Galerías, resina y tratamiento contra *Dendroctonus sp*. en *Cupressus lusitanica*.

LITERATURA CITADA

- Arguedas, M. 2008. Problemas fitosanitarios del ciprés (Cupressus lusitanica Mill) en Costa Rica. Revista Forestal. 5(13):1-8.
- Benavides Meza H. y D. Fernández Grandizo. 2012. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del bosque de Chapultepec. Madera y Bosques 18(2):51-71.
- Cárdenas, V. 2014. Alternativas de control para el manejo de *Cladocolea loniceroides* (Van Tiegh) Kuijt y *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume presentes en la zona urbana del Distrito Federal, México. Tesis de Maestría en fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 145 pp.
- Cervantes Bautista, M., R. Ortiz Barrios y J. Reséndiz Martínez. 2019. Condición fitosanitaria del arbolado de la tercera sección del bosque de Chapultepec. Revista Mexicana de Agroecosistemas 6(1):122-135.
- Chacalo-Hilú A. y V. Nava-Esparza. 2009. Árboles y Arbustos para Ciudades. 1 ed. Universidad Autónoma Metropolitana. 599
- Elliot, M. 2011. First report of Fusarium Wilt Caused by Fusarium oxysporum f. sp. palmarum on Canary Island Date Palm in Florida. Plant Disease Vol 95 (3)
- Galindo-Bianconi, A. y R. Victoria-Uribe. 2012. La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones para el Valle de Toluca. Quimera 1:98-108.
- García, L. 2008. Propuesta metodológica para evaluaciones fitosanitarias de árboles. Avances en la Investigación en el CUCBA
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2005. Fichas tecnológicas sistema producto. Paquete tecnológico para el control integral del psílido de eucalipto (*Glycaspis brimblecombei*). Disponible en: < http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/12.%20Forestales/PAQUETE%20TECNOL%C3%93GICO%20PARA%20EL%20CONTROL%20INTEGRAL%20D

EL%20PS%C3%8DLIDO%20DEL%20EUCALIPTO%20(Glycaspis%20brimblecombei).pdf>

- .
- Nail. S. 2006. Bosques Urbanos en América Latina: usos, funciones y representaciones. Universidad Externado de Colombia. Colombia 345 p.
- Raupp, M. J., P. M. Shrewsbury y D. A. Herms. 2010. Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. Annual Reviews. 55: 19-38.
- Reséndiz-Martínez, J. L. Guzmán Díaz, A. Muñoz Viveros, C. de Pascual Pola y L. Olvera-Coronel. 2015. Enfermedades foliares del arbolado en el Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc, Azcapotzalco, Distrito Federal. Revista Mexicana de ciencias forestales. 6(30): 106-123.
- SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente). 2011. Bosque de Chapultepec, 2011. Disponible en: http://data.sedema.cdmx.gob.mx/bosquedechapultepec/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=29
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. El muérdago en el arbolado urbano. Foro temático de Sanidad Forestal D. F. disponible en:<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/18/19027_Mu%C3%A9rdago%20en%20arbolado%20urbano.pdf>
- Uribe-Salas, M. V. Rocha-Ramírez, R. Gregorio-Cipriano, S. Fernández y D. Alvarado-Rosales. 2018. Declinamiento y muerte de los encinos (*Quercus* spp.) en México. Estado actual de conocimiento. Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. 13(1):50-59.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Estudio de fertilidad, calidad fisicoquímica, microbiológica, microfaunística, biológica y funcional de suelos

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Púe.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un cuerpo cuya composición varia de un sitio a otro, esta diferencia entre unidades depende de los factores formadores de suelo (clima, vegetación, tiempo), así como de los cambios introducidos por el hombre debido a la adaptación de prácticas de cultivo. (Rodríguez & Rodríguez, 2002)

El suelo es un sistema vivo, dinámico y heterogéneo que incluye componentes físicos, químicos, biológicos y sus interacciones. (Vallejo, 2020) Por ello es necesaria la calidad de los suelos evitar características adversas como la erosión.

La erosión del suelo se define en términos generales como la eliminación acelerada de la capa superior de la superficie de la tierra por agua, el viento o la labranza. El proceso de la erosión está estrechamente vinculado con la desertificación y el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, lo que acentúa los índices de pobreza y migración, disminución de la productividad del suelo e incrementa la frecuencia de eventos extremos como lluvias torrenciales, abandono de tierras por efectos de la sequía y desertificación. (Bolaños y cols., 2020)

En México, los principales tipos de degradación del suelo son: erosión hídrica (37%), erosión eólica (14.9%) y degradación química; en tanto que el 36% de la superficie se encuentra sin algún tipo de degradación. De acuerdo con el nivel de degradación el 30.9% es moderada, 19.6% ligera, 12.6% severa y 0.9% extrema. (Bolaños y cols., 2020).

La calidad del suelo se define como la capacidad de este para funcionar dentro de un ecosistema natural o antrópico, para sostener o mejorar la productividad animal o vegetal; para mantener y controlar la calidad ambiental y para soportar la habitabilidad y salud del hombre; aunque también puede interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Vallejo, 2020).

A la hora de implementar políticas y programas fundamentados en el desarrollo sostenible, es una forma idónea contar con indicadores de calidad de suelo que

permitan evaluar el impacto de la implementación de diferentes prácticas de manejo del suelo como agrícolas, pecuarias, ente otras (Vallejo, 2020).

Calidad de los suelos

Los indicadores de calidad se consideran una fuente importante de conocimiento ya que facilita la formulación de acciones y estrategias para la planeación de mejora territorial al proveer información para acciones preventivas y correctivas; indispensable para determinar si un sistema de manejo es sustentable a corto o largo plazo. Los indicadores se clasifican en cuatro categorías que son indicadores visuales, físicos, químicos y biológicos (Vallejo, 2020).

La evaluación permite comprender y revertir la degradación de los suelos generada por fenómenos como la erosión, la pérdida de nutrientes, la compactación, alteraciones en el pH, aumento en la solubilidad de metales pesados, reducción de la actividad biológica y aumento en la densidad (Vallejo, 2020). Para evaluar la calidad de suelos, resulta necesaria la medición y descripción de sus propiedades.La calidad del suelo es variable y este responde de forma distinta, conforme las prácticas implementadas sobre él como las prácticas agrícolas, forestales o de ganadería. Dentro de los elementos de la calidad del suelo se incluyen; las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Las propiedades del suelo son el resultado de la interacción entre elementos del suelo y en la proporción en la que se encuentra. Dentro de las propiedades físicas del suelo se encuentran la profundidad del suelo, estructura, color, textura, consistencia, porosidad, densidad, movimiento del agua en el suelo, contenido de humedad y disponibilidad de agua en el suelo.

La Profundidad del suelo se divide en horizontes, los cuales son capas paralelas de suelo que forman el perfil del suelo.

La Estructura del suelo se clasifica en base al porcentaje de arena limo y arcilla que contiene un suelo, la clase textural puede ser franco, arenosa y/o arcillosa. La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el

suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo con mayor importancia debido a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el crecimiento de las plantas.

El *color* del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y la presencia de sales y carbonato.

La *consistencia* es la propiedad que define la resistencia del suelo a la deformación o ruptura que pueden aplicar sobre él. Se mide mediante tres niveles de humedad; aire-seco, húmedo y mojado. Según su contenido de humedad la consistencia del suelo puede ser dura, muy dura y suave.

La porosidad del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse.

La densidad del suelo se refiere al peso por volumen del suelo que ocupa. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto.

El movimiento del agua en el suelo se refiere a la velocidad con la que el agua fluye en el suelo ya sea gravedad, ascenso capilar y osmosis. Los flujos de agua se pueden medir en campo mediante la Conductividad Hidráulica o electica.

El contenido de humedad es el agua almacenada en el suelo y este afecta la formación del suelo, su estructura, estabilidad y erosión. El agua almacenada es el factor principal para satisfacer la demanda hídrica de las plantas.

La Capacidad de Campo (CC) es la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener luego de ser saturado y dejado drenar libremente evitando evapotranspiración y hasta que el potencial hídrico se estabilice (tras 24 a 48 horas de la lluvia o riego). A los 15 bares de succión la cantidad de agua en el suelo se denomina por el Punto de Marchitez Permanente (PMP).

Dentro de las propiedades químicas se encuentran la capacidad de intercambio catiónico CIC, pH del suelo, nutrientes para las plantas, carbono orgánico del suelo, salinización, contenido de nitrógeno, contenido de carbonato de calcio y contenido de sulfato de calcio.

La capacidad de intercambio catiónico es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces.

El pH del suelo determina si el suelo esta acido o alcalino dependiendo del grado de adsorción de iones H por las partículas del suelo, el pH del suelo oscila entre 3.5 a 9.5, los suelos muy ácidos presentan cantidades elevadas de aluminio y magnesio mientras que los alcalinos tienden a dispersarse.

Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micronutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo.

Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Hidrógeno (H), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad en los cultivos, estos son Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu).

El Nitrógeno en el suelo es uno de los principales elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas. Se asimila por la naturaleza en forma catiónica de amonio NH4 o aniónica de nitrato NO3-.

La salinización del suelo es la concentración de sales y esta ocurre por manejo de riego inapropiado sin tomar en consideración el drenaje y lixiviación de las sales por fuera de los suelos. La salinización elevada en el suelo lleva a la degradación de los suelos y de la vegetación.

Se analizaron 150 muestras tomadas de diferentes puntos geográficos del parque Chapultepec en la ciudad de México, para conocer las características físicas y químicas que poseen, para que en medida de lo conveniente recomendar mejoras que exploten el máximo potencial de los suelos.

II. MÉTODOS

Muestreo de suelos

Las muestras de suelo fueron realizadas bajo una metodología descrita en el apartado de "Muestreo sistemático de suelos del bosque chapultepec, secciones 1, 2 y 3 ".

Cada muestra fue analizada de manera individual y dividida en submuestras para los diferentes análisis. Su tratamiento individual fue realizado de acuerdo con el tipo de análisis que se realizó.

Estudio de calidad fisicoquímica de suelos

Para realizar estudios con propósito de evaluar la calidad los suelos es necesario llevar a cabo un correcto procedimiento de muestreo y la realización de una serie de determinaciones analíticas para finalmente elaborar interpretaciones respectivas a los suelos en el informe correspondiente.

Caracterización física

- Humedad del suelo.
- Textura
- Densidad aparente
- Porcentaje de saturación
- Capacidad de campo
- Punto de marchitez permanente.
- Porosidad.
- Retención de humedad.
- Conductividad eléctrica.

Características químicas.

- pH medido en agua.
- Alcalinidad titulable.
- Carbono orgánico.
- Materia orgánica.
- Minerales Totales.
- Carbonatos totales
- Nitrógeno
- Fósforo

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se debe realizar un secado de las muestras con una temperatura no mayor a 35°C para evitar la descomposición de algunos compuestos importantes en el análisis.

Se homogeniza con movimientos circulares, horizontales y verticales; se pesa y almacena la cantidad necesaria para los análisis, que generalmente no es mayor a 1.5 kg. (SEMARNAT, 2002).

HUMEDAD DEL SUELO.

El contenido de humedad del suelo es un indicador necesario y complementario en números análisis. Este contenido generalmente expresado en porcentaje de la proporción de la masa de agua con respecto a la masa total de suelo después de que ha sido secada a peso constante (CIMMYT, 2013).

El contenido de humedad en suelos afecta la formación, erosión, estabilidad y estructura del suelo y la principal función es la asimilación de agua de las plantas a través de los estomas de las hojas. La humedad es esencial para la fotosíntesis y la formación de almidón a azucares, los cuales son transportados a todas las partes de la planta, proporcionando turgencia a la planta que mantiene la forma y posición de las partes de la planta para capturar la energía solar (Donahue y cols., 1977).

El agua al suelo llega por lluvia natural o riego y una vez aquí sucede lo siguiente: una parte es retenida entre los pequeños poros que hay en el suelo y la otra parte se pierde cuando el suelo no tiene buena absorción (filtración a los mantos acuíferos). El agua que llega a retenerse en el suelo puede perderse de 2

maneras, por evaporación en el suelo y por transpiración de la planta. Un exceso de agua en el suelo es negativo para la vegetación pues reduce la temperatura, promueve la formación de sustancia tóxicas y paraliza la descomposición de la materia orgánica (Lesur, 2006).

Se ha establecido que la mejor manera de determinar el porcentaje de humedad de un suelo es por el método de la estufa, el cual se basa en introducir un peso determinado de suelo a la estufa hasta obtener un peso constante, y por diferencia de peso se determina el porcentaje de humedad que contiene la muestra. (Ambiental, 1992)

El tiempo estimado depende de la cantidad de muestra a secar, pero generalmente es de 24 a 36 horas para un peso constante. La metodología implementada para este análisis se describe a continuación (Rodríguez F. H., 2002).

El método utilizado para la determinación de humedad fue el de la estufa, como se describe a continuación.

Material y equipo:

- Horno de secado
- Balanza analítica
- Platos de aluminio
- Espátula

Procedimiento

Pesar por duplicado 10 gramos de muestra y colocarlos en platos de aluminio, colocar los platos en el interior del horno a una temperatura de 105°C por 24h, finalmente se sacan las muestras y se colocan en un desecador, se registra la diferencia de peso de la inicial y la final.

El porcentaje de humedad de un suelo es la cantidad de agua que se retiró de la muestra al meterla a temperaturas de evaporación de agua, mientras que los sólidos totales son aquellos que resultan después de haber evaporado el agua.

El porcentaje de humedad se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Peso del suelo húmedo} - \text{Peso del suelo seco})\ 100}{\text{Peso del suelo seco}}$$

TEXTURA

Propiedad física que indica la proporción de las partículas fundamentales del suelo: arcilla, limo y arena, que se pueden agrupar en fina, media y gruesa. El diámetro de las partículas de arcilla es menor de 0.002 mm, las de limo están entre 0.002 y 0.05 mm y las de arena son entre 0.05 y 2.0 mm. La textura, además influye en la cantidad y disponibilidad de agua y nutrimentos, así como en la aireación, drenaje y accesibilidad en el uso de implementos agrícolas (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Los métodos ordinarios de determinación de la textura, requiere que las partículas están dispersadas en una solución acuosa. La agitación del suelo en una solución alcalina diluida de metafosfato sódico, es suficiente en muchos casos, para la dispersión de todos los agregados del suelo (Madrid, 1996).

La determinación de textura mediante el método de Bouyoucos es aquel en el que se mide la densidad con un hidrómetro de una solución agua-suelo. El tiempo de lectura es de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de 2 horas para partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo y arena). Estos límites han sido establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y se han usado para construir el triángulo de texturas. (SEMARNAT, 2002)

Cuando se obtienen los porcentajes de arena, limo y arcilla, se situan estos valores en el triangulo de texturas para finalmente el contrar la textura que tiene el suelo analizado. Se entiende que la textura ideal de un suelo es la franca debido a que en esta categoria se encuentra en equlibrio el procentaje de arena, limo y arcilla.

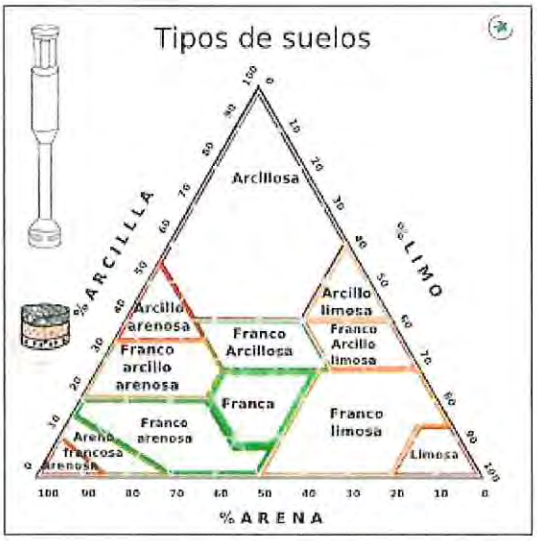


Figura 1. Triangulo de clasificación de suelos por texturas.

La metodología para llevar a cabo el análisis fue el siguiente.

Reactivos

- Hexametafosfato de sodio al 5%. Disolver 50 g de (Na3PO3)6 en agua destilada y aforar a un litro.
- Agua destilada.

Material y equipo

- Hidrómetro de Bouyoucos con escala de 0-60.
- Probetas de 1L.
- Agitador con motor para dispersión.
- Termómetro de -10 a 110°C.

Procedimiento

Colocar 60 gramos de tierra fina en un vaso de 500ml, y agregar 150ml de solución de hexametafosfato de sodio y 150ml de agua, se agita por 2 horas.

Verter la suspensión dispersada en una probeta de 1L asegurándose de que no queden residuos de suelo en el vaso y enrazar con agua destilada hasta el litro. Tapar la probeta y agitar la suspensión fuertemente. Al terminar la homogenización se registra el tiempo a partir del cual la probeta se coloca sobre la mesa.

Tomar las lecturas del hidrómetro a los 40 segundos y después de 2 horas de terminada la dispersión u homogenización.

Para hacer una lectura, colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión. Después de hacer la lectura se saca el hidrómetro, se lava, se seca y se toma la temperatura. Si por alguna razón al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro, agregar unas gotas de alcohol etílico.

DENSIDAD APARENTE.

Se refiere a la cantidad de suelo en gramos que ocupa un volumen determinado. Esta es un indicador de importantes características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje. En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje. Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que la filtración del agua es lenta, lo cual puede provocar encharcamientos (EcuRed, 2020).

Existen diversos métodos de determinación de la densidad aparente, la más conocida es el método del cilindro el cual como su nombre lo indica se toma un cilindro y se introduce en campo, se mantiene dentro del cilindro sin modificación de la muestra hasta llegar al laboratorio en donde se determina el peso seco en gramos del suelo del volumen ocupado (cálculos del volumen del cilindro) (Madrid, 1996).

Existen otra metodologías que no requieren tanta instrumentacion en campo, como el método de la probeta y la parafina; este método indica que el suelo una ves seco, se introducirá dentro de una probeta y dando ligeros golpes para que se acomode el suelo, se sabra el volumen que ocupa una cantidad de suelo seco determinada. El método de la parafina utiliza terrones de la muestra inalterados los cuales se recubren con parafina, evitando al solidificarse que la humedad penetre la muestra y que sature los poros y que la muestra disuelva el agua, ya que luego

se sumergen en una probeta donde la muestra sumergida se traducira en volumen de agua desplazada (Rojas, 2012).

En el presente estudio se determino la densidad aparente mediante la metodologia de la probeta, como se describe a continuación.

Material y equipo:

- Probeta graduada de 1000ml (plástico)
- Cucharón de 500ml
- Balanza granataria digital

Procedimiento:

Pesar la probeta graduada de 1000 ml (limpia y seca) y registrar su peso. Homogenizar la muestra. Tomar con el cucharón de plástico una porción de muestra y colocarla dentro de la probeta, golpear firmemente ambos lados con el fin de eliminar los espacios vacíos o intersticios de aire. Repetir esta operación hasta llegar al volumen de 1000 ml.

Pesar la probeta con la muestra y registrar su peso. Restar el peso de la probeta para obtener el peso real de la muestra.

La densidad de la muestra se define con la siguiente fórmula:

$$D.A = \frac{P(gr)}{V\ (ml)}$$

PORCENTAJE DE SATURACIÓN.

Se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire (FAO, 2020).

Los métodos directos para la determinación de punto de saturación se basan en el mismo principio, tomar una cantidad de suelo específica y agregar poco a poco agua, hasta formar una pasta saturada completamente, pero sin perder firmeza (SEMARNAT, 2002).

Posteriormente se procede a determinar el contenido de humedad de la pasta, introduciendo la pasta de suelo saturada a un horno de secado (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Los métodos indirectos son aquellas formas de determinar el porcentaje de saturación indirectamente, correlacionando otros parámetros analizados del suelo como con el pH en suspensiones alcalinas, o la estimación de este porcentaje encontrando relación entre el porcentaje de arena, limo y arcilla con el carbono orgánico, aunque solo se han tenido éxitos parciales en estas determinaciones (Ahmad, 2009).

En el presente estudio se determinó el porcentaje de saturación mediante el método directo de elaboración de pasta saturada. El procedimiento se describe a continuación.

Reactivos

Agua destilada desionizada.

Material y equipo

- Espátula de acero inoxidable con mangos de madera.
- Balanza electrónica con sensibilidad de + 0.01 gramo.
- Estufa controlada termostáticamente, 105 + 5°C.
- Recipientes de plástico con tapadera hermética.

Procedimiento

Se pesan 100 gr de muestra en un frasco con tapa. Se prepara una pasta saturada agregando agua a una muestra de suelo y agitando la mezcla con una espátula hasta que la mezcla reúna el criterio de saturación.

Una pasta de suelo saturado es una mezcla particular de agua y suelo. La pasta de suelo brilla cuando refleja luz; fluye ligeramente cuando el recipiente se inclina y resbala libremente desde una espátula, excepto para aquellos suelos con alto contenido de arcilla.

El porcentaje de saturación se calcula determinado el peso de la cantidad de agua que se ha adherido a la muestra.

La fórmula para la obtención del porcentaje de saturación es:

(Peso húmedo - Peso seco) / peso seco.

CAPACIDAD DE CAMPO Y PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE.

LA CAPACIDAD DE CAMPO (CC) es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener un suelo una vez saturado y después de haber drenado libremente, evitando la perdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego) (FAO, 2020).

La capacidad de campo se puede determinar directa e indirectamente.

Métodos directos para determinación de CC

Método de la probeta, en el cual se pesan 100 gramos de suelo seco, se introducen en una probeta procurando que la muestra quede homogénea y dando ligeros golpes por las paredes de la probeta, finalmente se registra el volumen de la probeta, posteriormente se agregan agua lentamente en el centro de la probeta, se cubre por la parte de arriba (evitar pérdida por evaporación) y se deja por 24 horas (Andrades, Moliner, & Masaguer, 2020).

La determinación de la CC mediante este método se describe a continuación.

$$\% \, CC = \frac{\text{Vol. Agua añadida}}{V1 - V2} \times 100$$

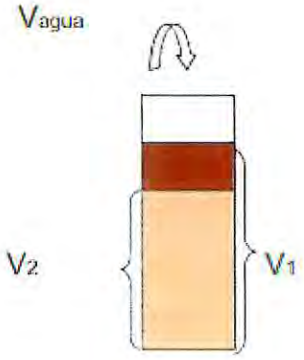


Figura 2. Imagen de la determinación del % CC por el método de la probeta.

Método de olla de presión: consiste en saturar la muestra en anillos de hule, se dejan en reposo por un tiempo aproximado de 12 horas. Posteriormente las muestras se pasan a una olla de presión, sometiéndolas a una presión constante de 0.3 atmosferas (entre 24-48 horas) cuando cesa el agua excedente de la salida de la olla, el contenido de humedad del suelo se determina por el método gravimétrico. Este porcentaje será la CC (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Método de la columna de suelo: consiste en saturar una columna de aproximadamente 25cm de diámetro por 30 de longitud, una vez drenada el agua libremente, la columna de suelo se extrae, se divide en 3 partes iguales y se determina el contenido de humedad de la parte central por el método gravimétrico. Este porcentaje será CC (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Métodos indirectos de medición de CC

Estos métodos se basan en realizar estimaciones de otras características del suelo, como la determinación de CC en base al porcentaje de saturación:

% CC = % de saturación / 2*

* Rodríguez & Rodríguez, 2002.

Determinación de CC en base a la textura

% CC = 0.023 (% Arena) + 0.25 (% Limo) + 0.61 (% Arcilla)*.

*Petillo y colaboradores, 2012

La determinación de la CC para este análisis se realiza por el método de la probeta, como se describe a continuación.

Material y equipo

- Probeta de vidrio con capacidad de 250ml.
- Vaso de vidrio de 250ml.

- Espátula de acero inoxidable con mangos de madera.
- Balanza electrónica con sensibilidad de + 0.01 gramo.

Procedimiento

Pesar 100g de tierra fina y seca. El suelo se introduce en la probeta poco a poco procurando que la muestra quede homogénea. Una vez agregada toda la muestra se dan unos ligeros golpes sobre la mesa para asegurarse que no queden espacios sin rellenar y se anota el volumen ocupado por la probeta (V1).

Se añade un volumen (V) de agua de 3 a 5ml de agua. Esta adición se realiza añadiendo el agua dentro de la probeta con una bureta poco a poco. Cuando el agua se filtra en el suelo, cubrir con papel aluminio la boca de la probeta para evitar la evaporación.

Transcurridas las 24 horas, el agua habrá drenado libremente, dejando en condiciones de capacidad de campo la zona superior de la columna de suelo. Medimos el volumen del suelo que está seco (V2). La diferencia (V1-V2) será la zona de la columna de suelo que está en condiciones de capacidad de campo.

La capacidad de campo es medida con la siguiente fórmula.

%Capacidad de campo: [V/(V1-V2)] * 100

EL PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (PMP)

Se refiere al contenido de agua de un suelo que ha perdido toda su agua a causa del cultivo y, por lo tanto, el agua que permanece en el suelo no está disponible para el mismo. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito y no puede revivir cuando se le coloca en un ambiente saturado de agua. Al contacto manual, el suelo se siente casi seco o muy ligeramente húmedo (FAO, 2020).

Al igual que la CC existen métodos directos e indirectos para determinar el punto de marchitez.

Métodos directos. Método girasol.

Este método se basa en sembrar una semilla de girasol en el suelo a estudiar, se deja crecer y se suspende su riego cuando llega a tener 3 o 4 hojas verdaderas, se cubre la planta para evitar pérdidas por evaporación y se observa el comportamiento diario. Cuando la planta se observa marchita se vuelve a agregar agua, si esta se recupera, se vuelve a poner al sol, cuando ya no se recupera se dice que ha llegado a su punto de marchitez. El contenido de humedad se determina por el método gravimétrico (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Método de la membrana de presión.

Consiste en someter a una muestra de suelo previamente saturada con agua y colocada sobre una membrana permeable a una presión de 15 atmosferas para desalojar el agua retenida a menor presión. El tiempo necesario varía de acuerdo con el tipo de suelo, aunque se requieren de un mínimo de 24 horas. Una vez drenada el agua, el contenido de humedad se determina por el método gravimétrico (SEMARNAT, 2002).

Los métodos indirectos de determinación de punto de marchitez permanente se realizan en base a estimaciones de otras características, como, mediante al porcentaje de saturación:

% PMP = % Saturación / 4*

*Rodríguez & Rodríguez, 2002

En base a la textura:

% PMP = 0.001(%Arena) + 0.12 (% Limo) + 0.57 (% Arcilla)*

*Petillo y colaboradores, 2012

O en base a la CC:

% MPM = - 5 + 0.74 %CC. *

*Petillo y colaboradores, 2012

El método utilizado para la determinación del PMP, se realizó mediante el método indirecto en base a la CC.

POROSIDAD

La porosidad es la cantidad total de espacios porosos que se encuentran en una muestra de suelo. El espacio poroso de un suelo es la porción de volumen que no está ocupado por los sólidos orgánicos o minerales. En campo los espacios porosos están ocupados por aire y agua. Estos espacios pueden dividirse en macro y microporos, los macroporos son aquellos que tienen un diámetro de 0.2 mm aproximadamente mientras que los microporos aquellos que tienen un diámetro de 0.002 mm. (Rodríguez & Rodríguez, 2002)

La medición de la porosidad de un suelo se puede medir directamente con un porómetro, el más utilizado es uno de mercurio; la técnica se basa en medir el volumen de aire que llena el espacio poroso de una muestra de suelo seco de volumen conocido (Ibáñez y cols., 2006).

Figura 3. Medidor de porosidad de suelo

Otra técnica de análisis es aquella que en vez de saturar con aire los espacios porosos se saturan con agua. Esta cosiste en saturar un volumen conocido de suelos con agua, midiendo el volumen de líquido, se registra su peso, se lleva a

sequedad, la pérdida de peso, indica el volumen total de poros, admitiendo que la densidad de agua de la muestra es de 1gr/cm3. (U.N.L.P, 2020)

Una medición indirecta de la porosidad es la que relaciona tanto la densidad real como la aparente para obtener el porcentaje de porosidad.

% Porosidad = 100 (1- Densidad aparente / Densidad real) (Carvajal, Colunje, & Garcia, 2020).

En el presente estudio se realizó la determinación de porosidad mediante la saturación de un suelo con agua, esta metodología se describe a continuación.

Material y equipo.

- Embudo de plastico.
- Vasos de plastico de 1L.
- Papel filtro.
- Balanza y probeta de 1L

Procedimiento

Se colocan alrededor de 200 gr de suelo en una probeta y se dan ligeros golpes evitando así que queden espacios vacíos dentro de la probeta. Se registra el peso del suelo y el volumen final, se traspasa el suelo en un vaso de 1L, y se le agregan 200 ml de agua, esta muestra se traspasa a un vaso distinto que tiene en la parte superior un embudo con papel filtro humectado anteriormente.

Se deja filtrar la muestra por una hora y se registra el peso final.

La porosidad se determina mediante la siguiente fórmula:

Porosidad (%): [(peso húmedo-peso seco) / volumen muestra] * 100

RETENCIÓN

La retencion se define como la capacidad del suelo de mantener el agua entre sus poros un determinado tiempo y este dependerá directamente de la porosidad del suelo.

Uno de los métodos en los que se mide la retencion es a través del método del plato y la membrana de presión. Este método consiste en establecer una serie de

putos que relacionan los contenidos de humedad de una muestra de suelo con valores de potencial o succiones. Por lo general se aplican succiones de 0.3, 0.5, 1.5, 10 y 15 atm, haciendo de terminaciones de humedad por el método gravimétrico y posteriormente se traza la gráfica correspondiente, se obtiene una curva de forma hiperbólica la cual se ajusta por medio de una regresión simple (SEMARNAT, 2002).

Otros métodos son del tanque de arena o celdas a tención bajas, estas básicamente consisten en determinar el porcentaje de humedad al que el suelo es capaz de retener después de haber sido expuesto a saturación con agua.

Para el presente análisis se determinó el porcentaje de retención de humedad a través del método del plato a una atmosfera específica, el método se describe a continuación.

Material y equipo.

- Embudo de plástico.
- Balanza
- Vasos de 1L.
- Papel filtro

Procedimiento

Se pesan 30 gramos de suelo y se colocan en un vaso de 1L. se agregan 100ml de agua, y se deja en reposo por 1 hora.

Pasado este tiempo se transfiere la mezcla a otro vaso de 1L previsto de un embudo de plastico con papel filtro humectado. Se deja filtrar por otra hora y se registra el peso final.

El porcentaje de retencion de humedad se determina mediante la siguiente fórmula:

Retención de humedad (%): [(peso húmedo – papel filtro) / gramos muestra] * 100

SALINIDAD (Conductividad eléctrica)

La conductividad eléctrica (CE) de una disolución puede definirse como la capacidad de esta para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes en el medio (Montejo, 2016).

La conductividad eléctrica se refiere a los Constituyentes inorgánicos del suelo que son solubles en agua, dichas sales son principalmente los siguientes cuatro cationes, sodio, potasio, calcio y magnesio, que se encuentran principalmente combinados con aniones como cloros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

La metodología para su determinación es por conductimetría. El principio se basa en que el agua pura por sí sola no es buena conductora de corriente eléctrica mientras que el agua salada sí. El suelo se somete a dilución con agua en proporción 1:5 generalmente. A la solución resultante se introducen 2 electrodos paralelos sumergidos los cuales realizan la medición. Dichos electrodos previamente calibrados con una solución salina de concentración conocida (Zagal & Sadzawka, 2007).

El método para la determinación de conductividad eléctrica utilizado para este analisis se describe a continuación.

Reactivos

- Solución estándar de KCl 0.010 N. disolver 0.7455 g de KCl en agua destilada y aforar a un litro. La conductividad eléctrica de esta solución a 25°C es 1.412 dS m-1.
- Solución estándar de KCl 0.100 N. Disolver 7.4555 g de KCl en agua destilada y aforar a 1 L. La conductividad eléctrica de esta solución a 25°C es 12.900 dS m-1. Antes de usar los medidores de conductividad éstos se deben calibrar a una conductividad estándar con una de las soluciones patrones indicadas más arriba.

Material y equipo.

- Medidor de conductividad de lectura directa.

Procedimiento

Lavar y llenar la celda de conductividad con solución de KCl. Ajustar el medidor de conductividad para leer la conductividad estándar de la solución de KCl a 25°C.

Lavar y llenar la celda con el extracto de saturación del suelo y leer la conductividad eléctrica del extracto corregido a 25°C. Anotar los resultados.

pH DE SOLUCIÓN DE SUELO.

La reacción del suelo (grado de acidez o alcalinidad de un suelo) se mide por la actividad de los iones hidrógeno, la cual se expresa en términos de pH. Siendo este el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. Este es uno de los parámetros más usados en el análisis pues refleja características fundamentales del suelo (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

El intervalo de pH va del 0 - 14. Siendo un suelo ácido cuando tiene pH menores a 7 y alcalino cuando su pH esta sobre dicha cantidad, se dice que un suelo es neutro cuando su pH es de 7. (Lesur, Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola: Una guía paso a paso, 2006)

La importancia del pH del suelo radica en que, si este se encuentra en un rango adecuado, la disponibilidad y asimilación de los nutrientes para la planta será óptima. De lo contrario se perdería el equilibrio, acumulándose un exceso en forma de sales, dando como resultado una vegetación enferma o la muerte de la planta. (ENVIRONMENT., 2020)

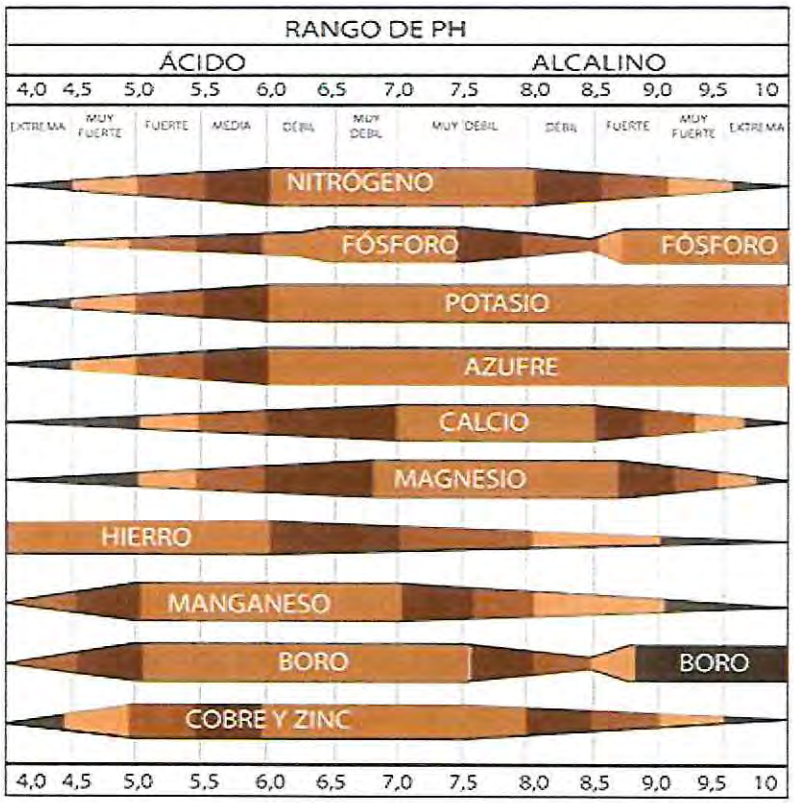


Figura 4. Influencia del pH del suelo sobre la asimilación de los nutrientes. El ancho de la banda indica el mayor o menor grado en que cada nutriente es asimilable para la planta según el pH. La forma rectangular de la banda es la zona de pH óptimo para la mayor asimilación del nutriente.

En suelos muy ácidos, con baja capacidad de intercambio catiónico, pueden ocurrir deficiencias de calcio y magnesio, principalmente cuando se emplean abonos potásicos. Además, se limita la actividad de los microrganismos que mineralizan la materia orgánica, fuente importante de nitrogeno, fosforo y azufre para los cultivos. Los suelos básicos pueden indicar presencia de carbonatos de calcio y/o sodio en el suelo, es probable la presencia de $CaCO_3$ con pH de 7.5 – 8.5, mientras que pH superiores a 8.5 indican la presencia de $NaCO_3$ o de niveles peligrosos de sodio intercambiable que ameritan tratamientos del suelo con yeso, azufre y demás materiales acídicos para contrarrestar el problema (Rodriguez & Rodriguez, 2002).

Las bacterias que descomponen la materia orgánica y liberan, nitrogeno, carbono y otros nutrientes no sobreviven en suelos altamente ácidos. La mayoría de los

minerales son más solubles en suelos ligeramente ácidos que en suelos neutros o ligeramente alcalinos. En un suelo con pH mayor a 6.5 se reduce la disponibilidad de cobre, manganeso, cinc y hierro; cuando el pH alcanza niveles mayores a 9 el crecimiento de las plantas se detiene e incluso mueren (Lesur, 2006).

La evaluación electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad del ion H mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al H. En el caso de los suelos el pH se mide potenciométricamente en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo: agua 1:2 (SEMARNAT, 2002).

La determinación del pH de los suelos se determina como se describe a continuación.

Reactivos

Los reactivos utilizados en esta determinación deben ser grado analítico y el agua utilizada en la preparación de las soluciones debe ser destilada o desionizada.

- Soluciones reguladoras de referencia, pH 4.00, 7.00 y 10.00, las cuales se adquieren preparadas o concentradas para diluirse de acuerdo con la instrucción. Estas soluciones deben estar a temperatura ambiente al momento de calibrar el medidor de pH.

Material y equipo

- Potenciómetro o medidor de pH equipado con electrodo de vidrio en combinación con electrodo de referencia.
- Balanza con 0.1 g de sensibilidad.
- Frascos de vidrio o plástico transparente de boca ancha con capacidad de 50 a 100 ml.
- Pipeta volumétrica de 20 ml.
- Varilla de vidrio que sirva como agitador manual.
- Piceta.
- Cinta métrica.

Procedimiento

Pesar 10 g de suelo en un frasco de vidrio. Adicionar 20 ml. de agua destilada al frasco conteniendo el suelo y agitar manualmente la mezcla a intervalos de 5

minutos, durante 30 minutos. Dejar reposar durante 15 minutos.

Calibrar el medidor de pH con las soluciones reguladores según el suelo, enjuagando con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras. Introducir el electrodo en la solución y registrar la lectura de pH.

ALCALINIDAD TITULABLE.

La alcalinidad titulable es la capacidad de un suelo de acidificarse para finalmente tener un pH ácido que es el ideal para mejorar las características de un suelo. La metodología para su determinación se basa en someter al suelo a una solución ligeramente salina y en agitación por 1 hora para finalmente titular dicha solución (ya filtrada) con un ácido, la oposición o resistencia a la acidificación se determina como alcalinidad titulable y sus unidades son cmol Kg-1 (Lal & Stewart, 2012).

La metodología para la determinación de alcalinidad titulable que se utilizó se describe a continuación.

Reactivos

- Indicador Naranja de metilo.
- HCl 0.1N
- NaCl a 0.1M.

Material y equipo

- Bureta de 25ml.
- Vasos de precipitados.
- Matraces Erlenmeyer 250ml
- Balanza.

Procedimiento

Pesar 5 gr de suelo y agregar 50 ml de la solución salina y poner en vasos de 500ml, poner en agitación por 1 hora, pasado este tiempo se colocan centrifuga la solución y se transfieren 40 ml del sobrenadante en un matraz de 250ml, se agregan 5 gotas del indicador y se titulan con HCl hasta obtener una tonalidad de amarillo a naranja.

MATERIA Y CARBONO ORGÁNICOS

El contenido de materia orgánica del suelo es un buen indicador de la fertilidad del suelo, principalmente de su potencial para proporcionar nutrimentos como nitrógeno, fósforo, azufre, etc., a los cultivos; además de indicar la capacidad relativa de retener nutrimentos contra perdidas por lixiviación, movimiento de agua y aireación, susceptibilidad a la erosión, capacidad amortiguadora del suelo para resistir variaciones de pH o salinidad y condiciones de manejo de suelo (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Existen 2 métodos para la determinación de materia orgánica. El primer método es por calcinación, donde se extraen mediante lavados sucesivos sustancias que no son materia orgánica (sales amónicas, carbonatos, etc.) de las cenizas obtenidas por calcinación (Madrid, Madrid, & y Vicente, 1996).

El segundo es por oxidación, o también conocido como método de Walkley-Black, este método se basa en oxidar la materia orgánica en presencia de una solución concentrada de dicromato de potasio y ácido sulfúrico, valorando el exceso por retorno con sulfato ferroso (Madrid, Madrid, & y Vicente, 1996; Yeomans y Bremmer, 2008).

Si bien este método de calcinación es certero, conlleva un mayor tiempo de análisis (6 horas aproximadamente) y gastos de energía debido al equipo utilizado para la calcinación; en comparación, el método de oxidación se lleva a cabo en solo 1 hora, es por ello por lo que se elige dicho método el cual se describe a continuación.

Reactivos

- Dicromato de potasio 1N.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido fosfórico
- Indicador de difenilamina.
- Sulfato ferroso heptahidratado 1M.

Material y equipo

- Bureta de 25ml.
- Vasos de precipitados 100 y 250ml.
- Matraces Erlenmeyer 500ml.
- Pipetas de 10ml.

Procedimiento

Pesar 0.5 gramos de suelo y colocar en el matraz de 500ml, se le agregan 10 ml de la solución de dicromato de potasio, se agita para asegurar la interacción de todo el suelo con el dicromato. Se agregan 20 ml de ácido sulfúrico y se agita (esto se hace en una campana de extracción de humos ya que se despenden gases tóxicos), se deja reaccionar por 40 minutos, transcurrido este tiempo, se agregan 200ml de agua destilada, 3 ml de ácido fosfórico y 5 gotas del indicador de difenilamina.

Se titula con sulfato ferroso hasta una coloración azul, se registran los mililitros gastados para los cálculos correspondientes. El blanco se trabaja llevando a cabo todos los pasos anteriormente mencionados, pero sin suelo.

La fórmula para calcular el carbono orgánico es la siguiente:

$$\% \text{ C. Orgánico} = [\,(B - T) / g]\ \ N)\ (0.39)\ m\ c\ f\ *$$

*SEMARNAT, 2002

Donde:

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (ml).

T = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml).

N = Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de valorar la muestra).

G = gramos de la muestra empleada (g).

Mcf = factor de corrección de la humedad.

La determinación de la materia orgánica se obtiene en base al porcentaje de carbono orgánico mediante la siguiente fórmula:

% Materia Orgánica = % C. Orgánico x 1.724

MINERALES TOTALES

Los minerales totales son aquellos que no son materia orgánica y que son capaces de soportar altas temperaturas sin descomponerse. Los minerales en el suelo se determinan mediante el método de calcinación, en el cual a altas temperaturas se quema toda la materia orgánica y se obtienen los minerales por diferencia de peso, entre en inicial, cabe destacar que esta medición no especifica a que minerales se refiere, sino que engloba todo un conjunto de ellos (Méxicanas, 1984).

Material y equipo

- Crisoles
- Balanza
- Mufla
- Desecador
- Pinzas para crisol

Procedimiento

Se pone la mufla a 550°C y se introducen los crisoles vacíos por 2 horas, pasado este tiempo se transfieren al desecador con la ayuda de las pinzas y se mantienen ahí por media hora o hasta que se enfríen, se registra su peso.

Posteriormente se colocan 0.5 gramos de muestra en un crisol y se introducen nuevamente en la mufla esta vez por 5 horas, pasado este tiempo, se introduce nuevamente en el deseador y una vez frío se registra el eso final.

La fórmula para la determinación de los minerales totales es:

$$\% \text{ Minerales} = \frac{\text{Peso de final} - \text{Peso inicial}}{\text{Gramos de la muestra}} \times 100$$

CARBONATOS TOTALES.

El ión carbonato se encuentran en el suelo formando compuestos con elementos alcalinotérreos, principalmente con el calcio (calcita)y con el calcio y magnesio (dolomita). Generalmente la calcita es el compuesto dominante en la mayoría de los suelos. Los mayores contenidos de calcita se encuentran en suelos generalmente con regiones áridas y pH alcalino. Altos contenidos de carbonatos pueden indicar deficiencias de fosforo, zinc, hierro y manganeso en los cultivos, además de provocar interferencias en la determinacionde materia orgánica y textura (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Existen equipos específicos de análisis de carbonatos como los calcímetros, estos se basan en tratar los carbonatos presentes en un suelo con ácido en un dispositivo cerrado a presión y temperatura constante, el incremento de volumen

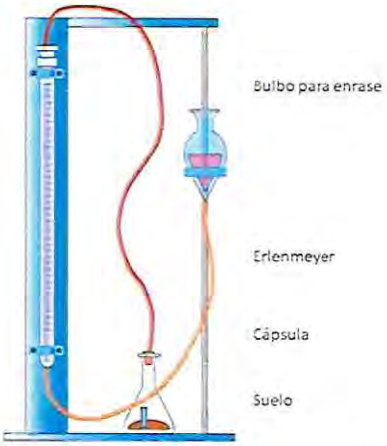


Figura 5. Calcímetro de Bernard.

es una medida del carbonato desprendido siempre y cuando no se produzcan otros gases. Su inconveniente es que no es aplicable a suelos con contenidos altos de materia orgánica o cantidades apreciables de óxido de manganeso (Madrid, Madrid, & Vicente, 1996).

Otro método para la determinación de carbonatos es por el método de volumetría, el cual se basa en tratar la muestra con un ácido diluido (se sabe que los carbonatos son insolubles en pH alcalinos) formando sales, agua y CO_2 y el ácido

residual (no usado por el carbonato) se titula con hidróxido en presencia de un indicador como la fenolftaleína. Los resultados se refieren como carbonato de calcio equivalente, debido a que la disolución no es selectiva (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

En el presente análisis se realiza la determinación de carbonatos por el método de titulación (debido a la practicidad de este) como se describe a continuación.

Reactivos

- HCl 0.2M. agregar 21.25ml de HCl a un matraz de 1L enfríe y lleve a la marca 1L.
- NaOH 0.1M. disolver 4 g de hidróxido en 1L de agua.
- Indicador de fenolftaleína 0.1%. Disolver 100 mg de fenolftaleína en 100 ml de etanol 96%.

Material y equipo

- Bureta
- Agitador magnético
- Botellas de polietileno con boca ancha.

Procedimiento

Pesar 5 gr de suelo y colocarlo dentro de la botella. Incluir blanco con 0.5 g de $CaCO_3$ puro. Agregar 100 ml de HCl 0.2M y agitar. Cerrar holgadamente la tapa y agitar ocasionalmente durante la siguiente hora, dejar en reposo durante 16 horas, agitar durante 2 horas en el agitado reciproco. Permitir que la suspensión se asiente, tomar una alícuota de 10 ml de la solución sobrenadante dentro de un matraz Erlenmeyer y agregar 25 ml de agua. Agregar unas gotas de fenolftaleína y titular con NaOH 0.1M. hacer lo mismo con el blanco, el cual es solución de ácido clorhídrico sin muestra.

% Carbonatos equivalentes: M (a-b / s) 50 * mcf

Donde:

- a: ml de NaOH usados para el blanco.
- b: ml de NaOH usados para la muestra.
- s: peso de la muestra seca al aire en gramos.
- M: molaridad de la solución de NaOH.

- 50: 0.00050 * 10 * 100% (50= peso equivalente de $CaCO_3$).
- Mcf: factor de corrección por humedad.

NITRÓGENO

El nitrógeno (N) es un elemento esencial considerado un macronutriente para los seres vivos. Se ha demostrado que es un factor limitante en el crecimiento de las plantas ya que son componentes principales de los aminoácidos (unidades estructurales de las proteínas), componentes de moléculas de vitaminas, enzimas, hormonas y ácidos nucleicos. La principal fuente de nitrogeno en un suelo no fertilizado proviene de la materia orgánica, pues cuando esta se descompone, se libera nitrógeno que puede ser absorbido por las raíces de las plantas en el conocido proceso de mineralización del nitrógeno (Lesur, 2006).

El nitrogeno en exceso al usarlo como fertilizante, puede retardar la maduracion de la planta y hacerla mas suceptible a las enfermedades, contrario a aplicar una dosis correcta que estimula la salud y resitencia a las plagas y enfermedades (Lesur, 2006).

Las plantas deficientes de N tienen un crecmiento lento, son delgadas y con bajo crecimiento vertical, tipicamente color verde claro a amarillas en el follaje. Esto puede observarse en las hojas mas viejas, puesto que el N se moviliza del tejido viejo para transportarlo a las partes de crecimiento de la planta, también conocido por traslocación. Mientras que un exceso presenta un color verde oscuro, con follaje suculento y susceptieble al ataque de nfermedades y plagas, los granos y frutos son de baja calidad (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

La medición del nitrogeno se basan en 3 pasos, la primera es la digestión de la muestra para convertir el nitrógeno orgánico a iones amonio. La digestión se lleva se desarrolla con calor y en presencia de ácido sulfuro concentrado agregando también sustancia que promueven la oxidación y velocidad de materia orgánica (selenio, cobre, plata, dióxido de titanio, etc).

Para la determinación de iones amonio existen métodos como análisis colorimétricos o análisis por destilación y titulación en la cual el ion amonio que se

encuentra en la digestión es convertido a amoniaco bajo un exceso de sustancias alcalinas, y este es colectado durante la destilación en el ácido bórico. En este paso es formado el borato de amonio, este es titulado con ácido clorhídrico para saber la concentración exacta del nitrógeno del amoniaco.

La metodologá de medición de nitrógeno para el presente análisis se describe a continuación.

Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido bórico 5 %. Pesar 50 gr de ácido bórico y aforar a 1 L. Asegurarse de que el pH de la solución sea de 5.0.
- Indicador mixto. 0.099 g verde de bromocresol y 0.066 g de rojo de metilo disueltos en 100 ml de etanol 95%.
- catalizador mixto: sulfato de potasio, sulfato de cobre y selenio metálico (89:10:1)
- NaOH 10N.
- Ácido sulfúrico 0.01N.

Material y equipo

- Balanza analítica
- Tubos de Micro Kjeldahl
- Aparato digestor Kjeldahl
- Destilador con arrastre de vapor
- Matraces Erlenmeyer de 125ml

Procedimiento

Colorar 0.5 g de muestra de suelo tamizado, agregar 1.1 g de mezcla catalizadora y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, calentar en un digestor hasta que la muestra en el tubo se torne claro. Ebullir por una hora más asegurándose de que los vapores se condensan dentro del tubo. Agregar 15 ml de agua para generar una suspensión a la muestra una vez que este fría. Dejar decantar las partículas de sílice evitando la precipitación de sulfatos de amonio. Transferir el contenido líquido al aparato de destilación y colocar en el tubo de salida un matraz con 10 ml de ácido bórico más indicadores.

Alimentar cuidadosamente 20 ml de NaOH 10N de modo que reaccione con toda la muestra en solución. Conectar el flujo de vapor e iniciar la destilación, destilar hasta colectar unos 75 ml. Determinar el nitrógeno presente en el destilado con el ácido sulfúrico 0.01N mediante titulación, el punto final es cuando pasa de un color verde a rosa fuerte.

El cálculo del Nitrógeno total es mediante la siguiente fórmula:

(ppm) N total= (Vm-Vb) N *14/p * 10

Donde:

Vm: volumen del ácido sulfúrico empleado en titular la muestra.

Vb: volumen del ácido sulfúrico empleado en titular el blanco.

N: Normalidad del ácido sulfúrico.

14: peso equivalente del nitrógeno.

10: Factor de conversión a porcentaje.

P: peso de la muestra de suelo en g.

FÓSFORO.

El fósforo (P) en el suelo se considera un elemento primordial en el desarrollo de cultivos y de plantas, este generalmente se encuentra en forma de fosfatos. Este es el segundo nutriente de más importancia para la planta además del nitrógeno. El fósforo reacciona rápido con otros elementos químicos del suelo, con los que forma otros componentes menos asimilables, por lo que solo porciones reducidas quedan disponibles para la planta (fijación) (Lesur, 2006).

Las concentraciones mas altas de P se encuentran en hojas nuevas. La deficiencia de P se resume en crecimento lento, plantas debiles y de baja altura; mientras que un exceso aparece principalmente en forma de deficiencia de un micronutriente, los primeros afectados son el hierro y el zinc (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Los métodos de análisis de fósforo se basan en métodos espectrofotometricos, en el cual el P presente se extrae con una solucion extractante la cual varia dependiendo del pH del suelo pues para suelos neutros y alcalinos es por el procedimiento de Olsen y colaboradores (solucion extractante: bicarbonato de sodio) mientras que para suelos neutros y ácidos es por el procedimiento de Bray y Kurtz (solución extractora: ácido clorhídrico y fluoruro de amonio) (SEMARNAT, 2002).

Esta determinación se lleva a cabo a través del método de Bray y Kurtz, el cual se basa en una solución extractarte que es capaz de solubilizar el fosforo del suelo para luego ser filtrada la solución extractarte y determinar la concentración de P espectrofotométricamente.

Reactivos

- Solución de fluoruro de amonio 1N. Disolver 3.7 gra de NH4F en agua destilada y diluir a 100ml.
- Ácido clorhídrico 0.5 N. Diluir 4.08 ml de HCl concentrado hasta 100ml con agua destilada.
- solución extractora de Bray y Kurtz 1: mezclar 30 ml de la solución de NH4F 1N con 50 ml de HCl 0.5 N y diluir a 1 litro con agua destilada. solución con 0.03 N de NH4F y 0.025 N de HCl, siendo estable si se conserva en frasco de polietileno.
- Tartrato de antimonio y potasio 0.5%. disolver 0.50 g del reactivo y aforar a 100 ml.
- Solución de molibdato de amonio. Disolver 20 g de molibdato de amonio en 300 ml de agua destilada. Agregar lentamente 450 ml de H_2SO_4 14 N bajo agitación. Agregar 100 ml de solución de tartrato de antimonio y potasio al 0.5%, llevar a 1L con agua y cubrir de la luz.
- Ácido sulfúrico 14 N. adicionar lentamente 194.4 ml en 400 ml de agua, en un matraz aforado de 500 ml, finalmente llevarlo a la marca de aforo.
- Mezcla de reactivos: disolver 0.5 g de ácido ascórbico en 100 ml de la solución de molibdato de amonio. Preparándose el día de uso.
- solución de fosforo 200 mg/L: disolver 0.8786 g de KH2PO4 (previamente seco en horno) en agua y llevarlo a 1 L.
- Dilución intermedia de fosforo 10 mg/L: transferir 5 ml de la solución anterior a un matraz de 100 ml y llevarlo al aforo.
- Dilución intermedia de fosforo 3.5 mg/L: transferir 35 ml de la solución anterior a un matraz de 100 ml y llevarlo al aforo.

Material y equipo

- Espectrofotómetro
- Frascos de agitación de polietileno
- Agitador mecánico.

Procedimiento

Pesar 10 g de suelo y colocarlo dentro de un frasco de agitación. Agregar 90 ml de la solución extractora Bray y Kurtz y Agitar por 10 minutos, dejar sedimentar y filtrar. Transferir 5 ml del suelo filtrado en matraces volumétricos de 50 ml, agregar 40 ml de agua destilada, 5 ml de la solución reductora y llevar al volumen con agua y permitir generar color durante 30 minutos. Mida la absorbancia en un espectrofotómetro a 882.

Diluciones de referencia para la curva de calibración: transferir en matraces volumétricos de 50 ml; 1, 5, 10, 15, 20 y 25 ml de la solución Intermedia de fosforo, lleve a 40 ml con agua destilada, agregue 5 ml de la solución reductora de ácido ascórbico, y aforar a 50 ml. Esta concentración del estándar de fosforo tendrá 0.07, 0.35, 0.7, 1.05, 1.4 y 1.75 mg/L respectivamente. Leer en el espectro después de 30 minutos, pero antes de 1 hora a 882 nanómetros.

$$P\ (ppm) = CC * Vf/A * Vi/p$$

Donde:

CC: la concentración de la solución. Esta se obtiene graficando la curva de calibración (Absorbancia vs mg/L del estándar) e interpolando en la misma los valores de absorbancia de las muestras analizadas a las cuales previamente se les ha restado el valor promedio de los blancos.

Vf: Volumen final de la solución colorimétrica, (50 ml).

A: alícuota dele extracto tomado para la colorimetría, en ml.

Vi: Volumen de la solución empleada para hacer el extracto, en ml.

P: peso de la muestra seca.

II.3. Estudio de calidad biológica de suelos

El análisis microbiológico de las muestras se realizó por la técnica de extensión en placa. El procedimiento consistió en realizar diluciones seriadas acordes a cada uno de los microorganismos a analizar y su posterior siembra en medios de cultivo específicos para bacterias, Bacillus y hongos.

- **Pesado de las Muestras.**

Imagen 1. Pesado de muestras de suelo.

Cada una de las muestras procesadas fueron pesadas para manejar una masa definida, en el caso de hongos y bacterias totales se pesaron 25 g de muestra de suelo, la cual posteriormente fue agregada a un matraz Erlenmeyer con 115 ml de buffer de fosfatos, para el análisis de Bacillus se pesó 1g el cual fue adicionado a 9ml de caldo nutritivo enriquecido.

- **Preparación de medios de cultivo.**

Imagen 2. Preparación de medios de cultivo.

Para el análisis microbiológico se formularon los siguientes medios de cultivo:

- Bacterias: Medios M1 y M2
- Bacillus: Agar Nutritivo

- Hongos: Agar Papa dextrosa, Agar Sabouraud, Rosa de bengala, Medio M3 y M4

Preparación de los medios de cultivo

Preparación de medio M1: es agar extracto de malta fueron pesados 48 g de medio para un litro de agua destilada, se esterilizó por 15 min a 15 lb de presión (Chaillan *et al.*, 2004).

Preparación del medio M2. se pesaron 0.68 g/L de KH_2PO_4, 1.79 g/L de Na_2HPO_4, 0.35 g/L de $MgSO_4$, 1.00 g/L de NO_3NH_4, 0.2 g/L de $CaCl_2$, 0.4 g/L de $FeSO_4$, 0.1 mL de solución (100 mg/L de H_3BO_4, $MnSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$ y $CoCl_2$) y 18 gramos de agar bacteriológico, fue esterilizado 15 min a 15 lb de presión en la autoclave, después se deja enfriar y a 25°C se adiciono 100 mg/L de cloranfenicol (Chaillan *et al.*, 2004).}

Agar Nutritivo. Para el cultivo de bacilos fue utilizado medio agar nutritivo (AN), que contiene por litro: 5 g de peptona de caseína, 3.0 g de extracto de carne, 18 g de agar bacteriológico. El pH fue ajustado a 7.0, esterilizado durante 15 min en autoclave a 15 lb, posteriormente se vertió en cajas Petri (Atlas, 2005).

Agar Papa Dextrosa (PDA). Se pesaron 39 g del medio PDA y se adicionó 1 L de agua destilada, se agitó, y se esterilizó durante 25 minutos a 15 lb de presión, posteriormente se vertió en cajas Petri y se dejó gelificar (Spezzia-Mazzoco, 2002; Campos-Reyes, 2002; Rosas-Morales, 2003).

Agar Saburaud. Se pesaron 65 g de medio AS y se adicionó 1 L de agua destilada, se agitó, y se esterilizó durante 25 minutos a 15lb de presión, posteriormente se vertió en cajas Petri y se dejó gelificar (Pepper *et al.*, 2004).

Agar Rosa de Bengala. Se pesaron 10 g de glucosa, 5 g de peptona de caseína, 1 g de K_2HP0_4, 0,05 g de MgS04 $7H_20$, 0.033 g de rosa de bengala y 15 g de agar bacteriológico, se esterilizó durante 15 min en la autoclave y se dejó enfriar a 25°C, después fue adicionada la estreptomicina con una concentración final de 30 μg/mL (Davet *et al.*, 2000).

Medio M3. Se pesaron 40 g de agar soya tripticaseína y fueron disueltos en 1 L de agua destilada y se esterilizó 15 min a 15 lb de presión (Chaillan *et al.*, 2004).

Medio M4. Se pesaron 250 mg/L de KCL, 1.00 g/L de Na_2HPO_4, 0.5 g/L de $MgSO_4$, 1.00 g/L de NO_3NH_4, 18 g/L de agar bacteriológico fue adicionado 100 mg/L de cloranfenicol (Chaillan *et al.*, 2004).

Incubación de las muestras.

Imagen 3. Incubación de Hongos a temperatura ambiente.

Posterior al inoculo de los medios de cultivo con sus correspondientes microorganismos se procedió a incubar las muestras, los hongos fueron incubados a temperatura ambiente durante 7 días, las bacterias a 30 °C durante 72 h y Bacillus a 45°C durante 24h.

Microscopia de hongos

Una vez aislados los hongos se observaron al microscopio óptico para ser identificados a nivel género con ayuda de tinción azul de algodón (Davet *et al.*, 2000).

III. RESULTADOS

RESULTADOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS Y DE NUTRIENTES

pH de solución de suelo

El pH es un parámetro que nos brinda información sobre características del suelo, los nutrientes que en el probablemente se encontrarán en una forma biodisponible, y compuestos químicos que probablemente estén presentes. El pH es un indicador que puede ser tomado como una base para la selección de individuos que se desarrollarán de mejor manera en el suelo estudiado.

Los resultados del análisis de pH, medido en solución de suelo, se muestran a continuación. El promedio de resultados, colocan a la primera y segunda sección con suelos ligeramente ácidos, con promedios que rondan los 6.5. Para la 3ª sección el pH es más bien neutro con 7.27 de valor promedio, pero con presencia de algunas zonas alcalinas y medianamente ácidas (8.14 y 5.6 respectivamente).

Tabla III.1. Resultados de pH de solución de suelo

pH de solución de suelo				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	6.1	6.2	5.6	Suelos forestales saludables suelen tener pH semiácidos, los cuales facilitan el intercambio de nutrientes 5.5 a 6.5
Máximo	6.4	6.7	8.14	
Promedio	6.5	6.5	7.27	
Desviación estándar	0.34	0.26	0.4	

Textura

Los suelos de la primera y segunda sección mostraron una textura franca, la cual es considerada como cercana a condiciones óptimas, suelen tener buena retención de humedad, baja compactación y buena fertilidad. Los suelos de la tercera sección, de manera similar, muchas de las zonas tienen textura franca y en algunos casos Franca – arcillosa.

Tabla III.2. Resultados de textura

Textura				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Textura promedio encontrada	Franco	Franco	Franco - Franco arcilloso - arenoso	En general mezclas equilibradas de arena, limo y arcilla.

Porcentaje de saturación

El porcentaje de saturación de los suelos estudiados en la sección 1 y 2 tienen valores promedio similares. La sección 3 muestra valores mínimos y máximos más altos, esto obedece a diversos factores, como pueden ser: composición, porcentaje de materia orgánica, contenido de inertes, entre otros. A mayor porcentaje de saturación, se tiene una mayor capacidad del suelo para absorber y retener agua.

Tabla III.3. Resultados de porcentaje de saturación

Porcentaje de saturación (%)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	27	25	38	A mayor porcentaje de saturación, mejor capacidad de retención de agua en el suelo
Máximo	38	32	81.8	
Promedio	31.1	27.66	55.76	
Desviación estándar	4.12	3.78	10.21	

Punto de marchitez.

El punto de marchitez permanente es un valor asociado al nivel mínimo de agua contenida en un suelo, a partir del cual, no existirá agua disponible para los individuos vegetales en él establecidos. Es un parámetro que nos arroja información sobre el porcentaje de humedad mínimo al que se debe mantener un suelo para evitar muerte de individuos por deshidratación. Un punto de marchitez más bajo, indica que el suelo permitirá un mejor aprovechamiento de su agua contenida, aún en niveles de estrés hídrico. Los suelos estudiados en la primera y

segunda sección tienen valores bajos, con promedios cercanos a 8.3%. Los suelos estudiados en la tercera sección tienen un valor promedio de 18%.

Tabla III.4. Resultados de punto de marchitez

Punto de marchitez (%)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	8.45	7.96	12	Se recomienda mantener la humedad de suelo por arriba del punto de marchitez para asegurar sobrevivencia de los individuos.
Máximo	12	10.06	26	
Promedio	7.77	8.77	18	
Desviación estándar	1.33	0.97	2.12	

Capacidad de campo

La diferencia entre el punto de marchitez permanente y la capacidad de campo es conocido como la cantidad de agua disponible para los individuos establecidos en un suelo. A mayor capacidad de campo y menor punto de marchitez permanente, mayor agua disponible existe.

Los suelos de la primera, segunda y tercera sección tienen una capacidad de campo promedio de 15.5, 14 y 30% respectivamente. La cual es, en general baja para la primera y segunda sección, si tomamos en cuenta su punto de marchitez permanente. La tercera sección tiene valores más elevados, aunque su punto de marchitez también es más alto.

Tabla III.5. Resultados de capacidad de campo

Capacidad de campo (% en peso)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	14.7	13	20	Ideal valores cercanos al 30%
Máximo	19	16	44	
Promedio	15.5	14	30	
Desviación estándar	2	1.73	3.68	

Densidad aparente

La densidad es un parámetro que nos da información sobre el peso y volumen de las partículas que conforman un suelo. Una densidad baja es deseable porque indica un mayor porcentaje de elementos sueltos, poco compactados, lo que

contribuye al intercambio de agua, gases y nutrientes, propiciando, además, un mejor entorno para el desarrollo de la raíz de los individuos que ahí se establecen.

Tabla III.6. Resultados de Densidad aparente

Densidad aparente (g/cm3)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	0.8	0.85	0.67	Ideal densidades menores a 0.95
Máximo	0.91	0.87	1.18	
Promedio	0.83	0.86	0.92	
Desviación estándar	0.04	0.01	0.08	

Conductividad eléctrica (salinidad)

Valores elevados de conductividad eléctrica son indicadores de presencia de sales que pueden estar asociadas a compuestos como el sodio, el cual es un inhibidor de crecimiento de un amplio espectro de especies vegetales. Bajas concentraciones suelen ser deseables en suelos con vocaciones forestales. Las tres secciones del bosque de Chapultepec muestran valores promedio de entre 0.35 y 0.65, los cuales no representan un indicador de la existencia de un problema de salinidad.

Tabla III.7. Resultados de conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica (dS/m)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	0.27	0.35	0.26	Ideal menor a 3.5 dS/m
Máximo	0.35	0.37	3.86	
Promedio	0.31	0.36	0.65	
Desviación estándar	0.03	0.01	0.4	

Carbonatos totales

Los carbonatos son compuestos químicos que suelen estar presentes en suelos alcalinos, su presencia dificulta el aprovechamiento de nutrientes como el nitrógeno o el fósforo ya que forma sales insolubles. La baja concentración de carbonatos es común en suelos neutros o semiácidos como es el caso de los encontrados en las tres secciones del bosque.

Tabla III.8. Resultados de carbonatos totales

Carbonatos totales (%)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	0.1	0.1	0.01	Un contenido bajo de carbonatos es normal en suelos semiácidos
Máximo	0.1	0.1	7.91	
Promedio	0.1	0.1	1.93	
Desviación estándar	0	0	1.61	

Materia orgánica

La materia orgánica representa una de las fracciones del suelo que contienen la mayor cantidad de nutrientes y materiales aprovechables para el desarrollo de individuos. Su presencia en cantidades abundantes es un indicador de un estado saludable del suelo, en donde existe un metabolismo microbiano activo, que degrada materiales como: residuos animales, hojarasca (celulosas, hemicelulosas), ramas (lignina), entre otros. Y lo convierte en materiales disponibles para su aprovechamiento por parte de las especies en ese suelo establecidas. Los valores de materia orgánica de la primera y segunda sección, se consideran adecuados, con 13 y 12.5%. Los valores promedio de la tercera sección son ligeramente más bajos con un promedio de 6.87%.

Tabla III.9. Resultados de contenido de materia orgánica

Materia orgánica (% en peso)				
Rango	1ª sección	2ª sección	3ª Sección	Referencia
Mínimo	11.8	12.1	2.82	Ideal arriba de 10%
Máximo	14.4	13.2	14.5	
Promedio	13	12.4	6.87	
Desviación estándar	1.06	0.63	2.05	

Nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente esencial para el desarrollo de vegetación, una alta concentración, bajo condiciones adecuadas, es deseable y favorable para el establecimiento y desarrollo de individuos. Valores promedio mayores a 40 ppm se consideran positivos e incluso moderadamente altos. Los valores promedio para las muestras analizadas de la primera y segunda sección son de 51.8 y 70 ppm

respectivamente. La tercera sección tiene valores promedio considerablemente más bajos (19.76 ppm).

Tabla III.10. Resultados de Nitrógeno como nitratos

Nitrógeno como nitratos (ppm)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	21	63	3.14	Concentración moderadamente alta (40 ppm). Positiva para la calidad de suelo
Máximo	77	77	237	
Promedio	51.8	70	19.76	
Desviación estándar	23.5	7	23.28	

Alcalinidad titulable

La alcalinidad titulable es un parámetro que permite conocer la presencia de compuestos alcalinos que neutralizarán intervenciones encaminadas a modificar la condición de pH de un suelo, pasando de alcalinidad a neutro o semiácido. Una baja alcalinidad titulable indica viabilidad de modificar o conservar la condición de pH semiácida o medianamente ácida, deseada bajo distintas condiciones. La alcalinidad titulable de los suelos de la primera y segunda sección es de 0.22 y 0.2, lo cual es en general promedio, suelos estudiados por este grupo, han presentado alcalinidades titulables de hasta 2.2 cmol/Kg. Para la tercera sección no se obtuvieron datos de este parámetro.

Tabla III.11. Resultados de alcalinidad titulable

Alcalinidad titulable (cmol/Kg)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	0.2	0.2		Una baja alcalinidad titulable es deseable. Indica la presencia de menos compuestos alcalinos que dificultan la intervención de suelo.
Máximo	0.3	0.2		
Promedio	0.22	0.2		
Desviación estándar	0.04	0		

Fósforo

El fósforo, al igual que el nitrógeno es uno de los principales elementos para la nutrición de vegetación en un suelo. Las concentraciones más altas promedio, dentro de los suelos estudiados, son aquellos de la primera y segunda sección con

76.8 y 67.9% respectivamente. Los suelos de la tercera sección tienen valores considerablemente más bajos con 24.57% promedio.

Tabla III.12. Resultados de contenido de fósforo soluble

Fósforo soluble (ppm)				
Rango	1a sección	2a sección	3a Sección	Referencia
Mínimo	52	64.5	3.43	Concentración moderadamente alta (>11 ppm). Positiva para la calidad de suelo
Máximo	100	74.7	118.91	
Promedio	76.8	67.9	24.57	
Desviación estándar	25.07	5.8	23.015	

Conclusión

Los suelos del bosque de Chapultepec presentan, en general por su calidad, una oportunidad importante para mejorar el estado ecológico del sitio. Sus características fisicoquímicas no parecen ser, en un primer acercamiento, un parámetro limitante para el establecimiento de una amplia diversidad de especies vegetales. Sin embargo, el presente estudio, no pretende ser una caracterización profunda de cada una de las secciones, sino un antecedente de apoyo para el estudio puntual de sitios previo a una intervención de restauración o habilitación de un área.

La conservación y mejora de la calidad del suelo que existe actualmente en el bosque, debe ser una estrategia prioritaria de cualquier ejercicio de reforestación que se dé en la zona, considerando el suelo como el sustento de todo el ecosistema que ahí existe. El establecimiento de una amplia diversidad de especies, con características variadas, permitirá incrementar la cantidad y calidad de servicios ecosistémicos que el Bosque brinca a la ciudad, por unidad de superficie.

Las estrategias de restauración que pueden contribuir a la conservación y a la mejora de la calidad de suelo del sitio incluyen: establecimiento de especies fijadoras de nitrógeno y especies de hoja caduca que agreguen materia orgánica al suelo; disminución de espacios de suelo descubierto, solarizado, suceptibles a erosión; uso de materiales orgánicos como sustratos, compostas y agentes

biológicos, que contribuyan a controlar enfermedades y a modificar positivamente la biota y las características fisicoquímicas del suelo; establecimiento de especies de sombra capaces de poblar el sotobosque para incrementar la captación y conservación de humedad en suelo; entre otros.

El estudio puntual de las zonas que se pretenda intervenir, con un mayor número de muestras y una zonificación más fina, permitirá generar bases técnicas para diseñar, de la mejor manera, los ejercicios de restauración.

III.2. RESULTADOS CALIDAD MICROBIOLÓGICA

Resultados de la Primera y Segunda Sección.

- *Conteo de colonias en placas de Petri.*

Imagen 4. Placas de medios M1 y PDA.

Se realizó el conteo de colonias después de haber transcurrido el tiempo de incubación. El número estimable de colonias es de 30 a 300 colonias, la fórmula empleada para la determinación de las unidades formadoras de colonia es la siguiente:

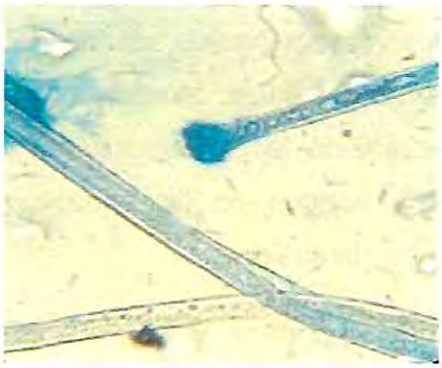
UFC/gramos de suelo = Numero de colonias por placa X Factor de dilución/Volumen de muestra (ml)

Tabla III.13. Resultados de Unidades formadoras de colonias

Parámetro (UFC/gramos de suelo)	Sección 1					Sección 2			Valores de referencia
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Bacterias Totales	$2.7X10^6$	$8.9X10^5$	$2.6X10^7$	$8.2X10^5$	$1.9X10^7$	$1.0X10^6$	$1.5X10^5$	$2.6X10^6$	$4x10^6$ a $2x10^9$ (2)
Bacillus	$1.6X10^6$	$1.7X10^7$	$3.7X10^7$	$2.8X10^7$	$5.6X10^7$	$3.4X10^7$	$3.3X10^7$	$1.04X10^{10}$	ND
Hongos	$3.6X10^4$	$5.2X10^4$	$3.9X10^5$	$1.5X10^3$	$3.2X10^3$	$3.1X10^3$	$1.9X10^4$	$1.6X10^3$	$1x10^5$ a $1x10^6$ (1)

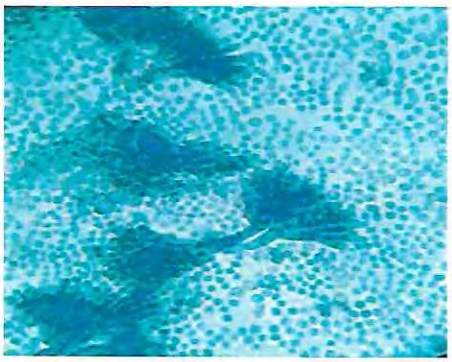
() Numero entre paréntesis corresponde a la bibliografía citada.

- **Análisis Microscópico de Hongos.**

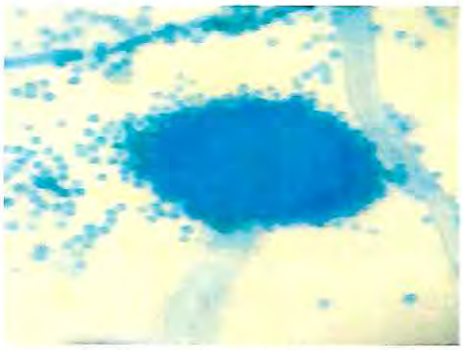


Mucor

Paecilomyces



Penicillium



Aspergillus

Resultados de la Tercera Sección

En este apartado se presentan los resultados correspondientes a la tercera sección. En este caso el esfuerzo de muestreo fue mayor, por lo tanto se muestran los resultados de 150 muestras. Además, para la tercera sección se tienen resultados de mesofauna de suelo, así como pruebas de fertilidad. Se trata de un esfuerzo de muestro de toda la Tercera Sección y se puede tomar como base para el resto de las secciones.

Cuenta total de hongos en muestras de suelos

Para el conteo total de hongos se utilizó agar PDA, Agar Saboraud y rosa de bengala (Gráfica1).

En las gráficas 1, 2 y 3 se presentan los resultados de la cuantificación hongos de 150 muestras de suelos y 4 muestras de suelos como controles, control positivo suelo de Flor del Bosque, control negativo suelo de Cuitláhuac, de referencia suelo de maíz de Canoa y sustrato forestal. Se determinó la concentración de las unidades formadoras de colonias (ufc/g) para hongos en las muestras se encuentran en un rango de 1.5x10 – 4.6 $X10^{-4}$ ufc/g de suelo.

De las 150 muestras analizadas, las muestras que tiene mayor número de unidades formadoras de colonia de hongos se encuentra la muestra 24, 47, 83, 113 y 119 en un rango de 4.4 X 10^{-4}, y las muestras con menor cantidad de ufc/ g de suelo son 11, 22 y 138 con 1.2 $X10^{-1}$

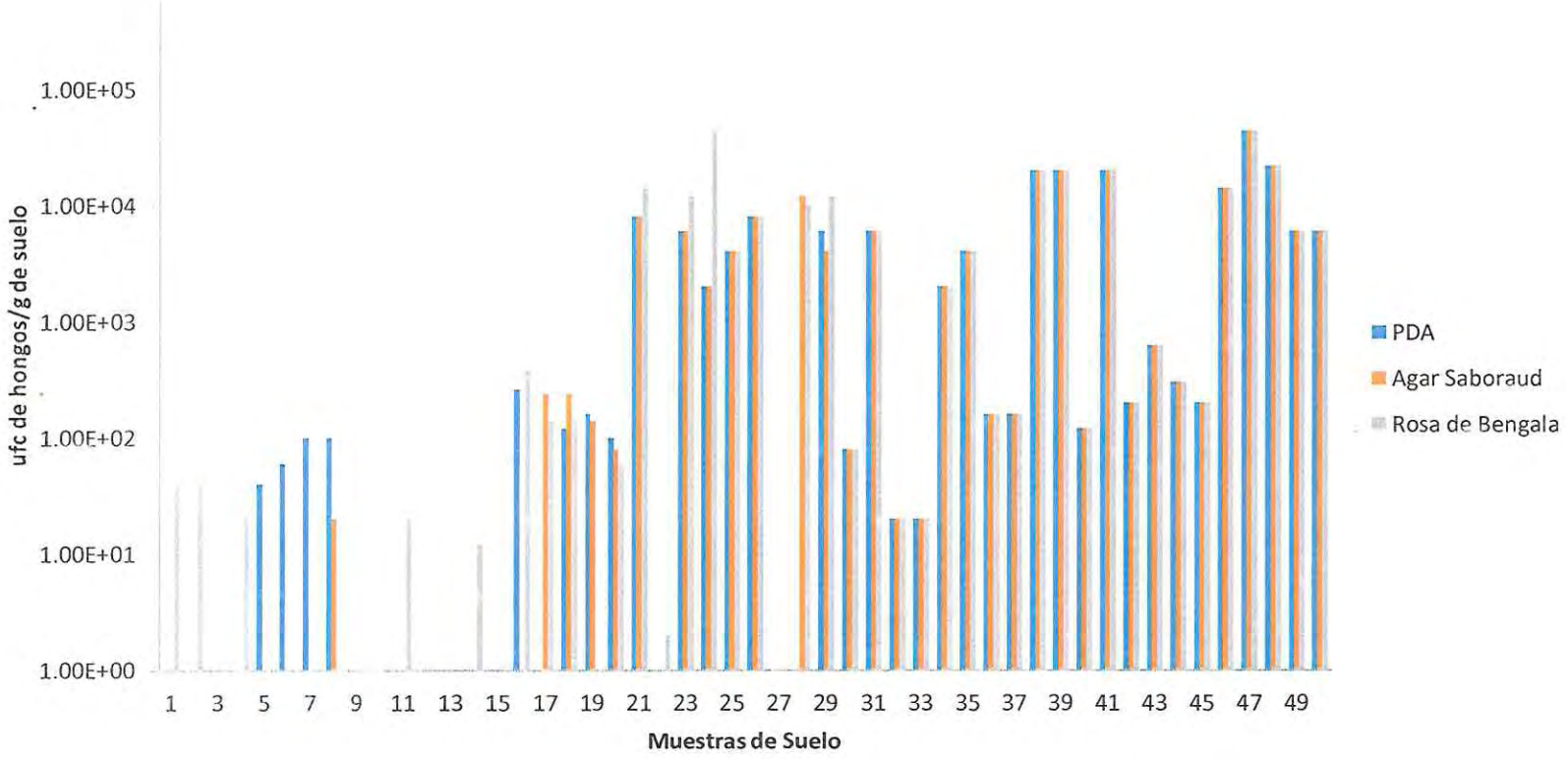
Para el conteo total de hongos fueron utilizados 3 medios PDA, Agar Saboraud y Rosa de bengala.

El agar de papa y dextrosa es el medio más utilizado para el crecimiento de hongos y levaduras que atacan a las plantas vivas o materia vegetal muerta en descomposición. Este medio es adecuado para la detección y conteo de hongos.

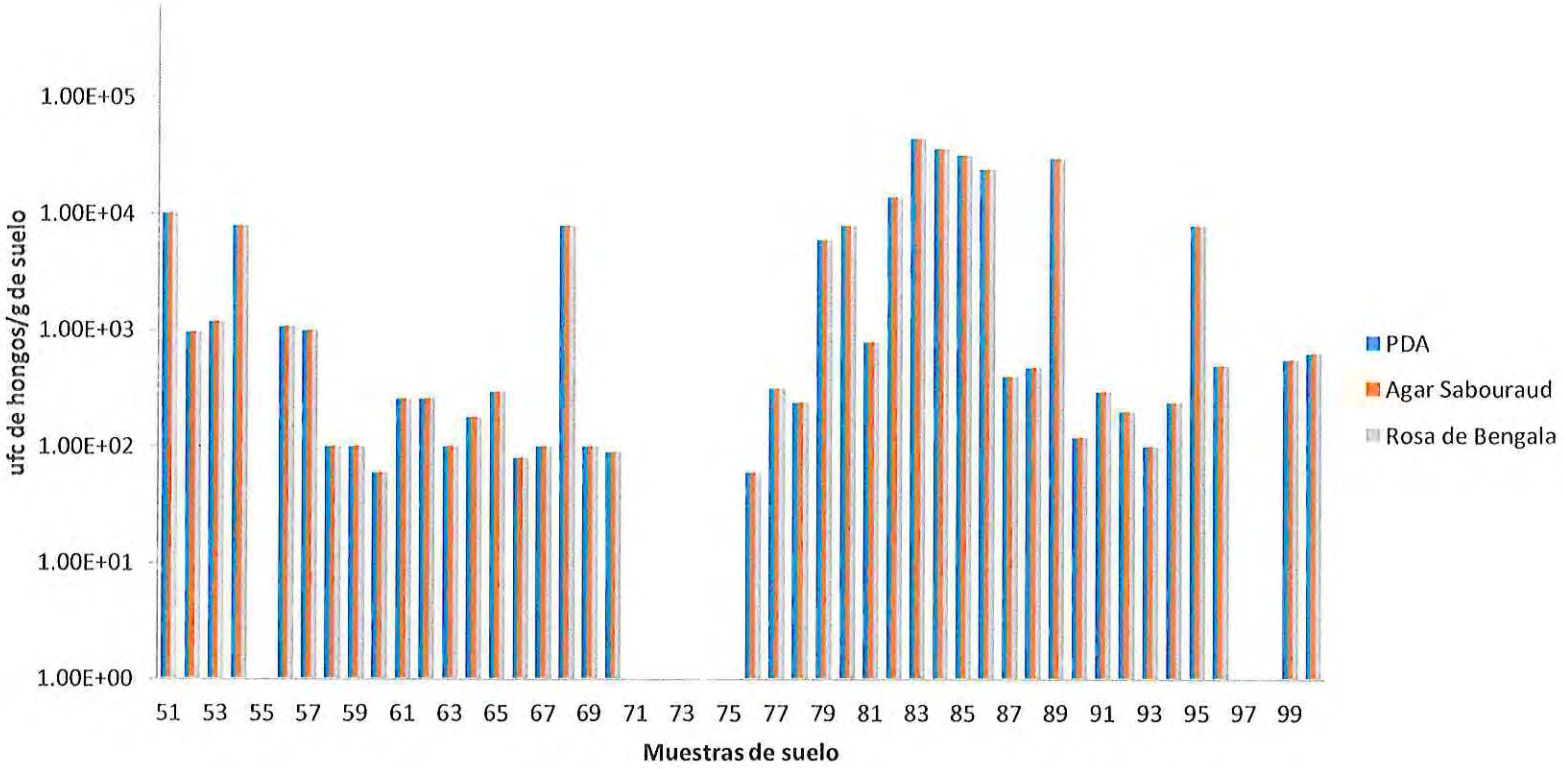
El agar Sabouraud es un medio de cultivo que por sus características funciona como medio de enriquecimiento para hongos. Es utilizado para el cultivo de hongos, especialmente dermatofitos. El medio Rosa de Bengala es un medio para el aislamiento de hongos porque reduce la extensión de las colonias sin afectar la

germinación de las esporas, el antibiótico adicionado al medio inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias. La peptona que contiene este medio proporciona la fuente nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos, la dextrosa es el carbohidrato fermentable como fuente de carbono y energía. En las muestras de suelo analizadas se obtuvo un mejor conteo de hongos en el medio agar rosa de bengala, ya que proporciona un mayor aporte nutricional para el cultivo de los hongos de muestras de suelos.

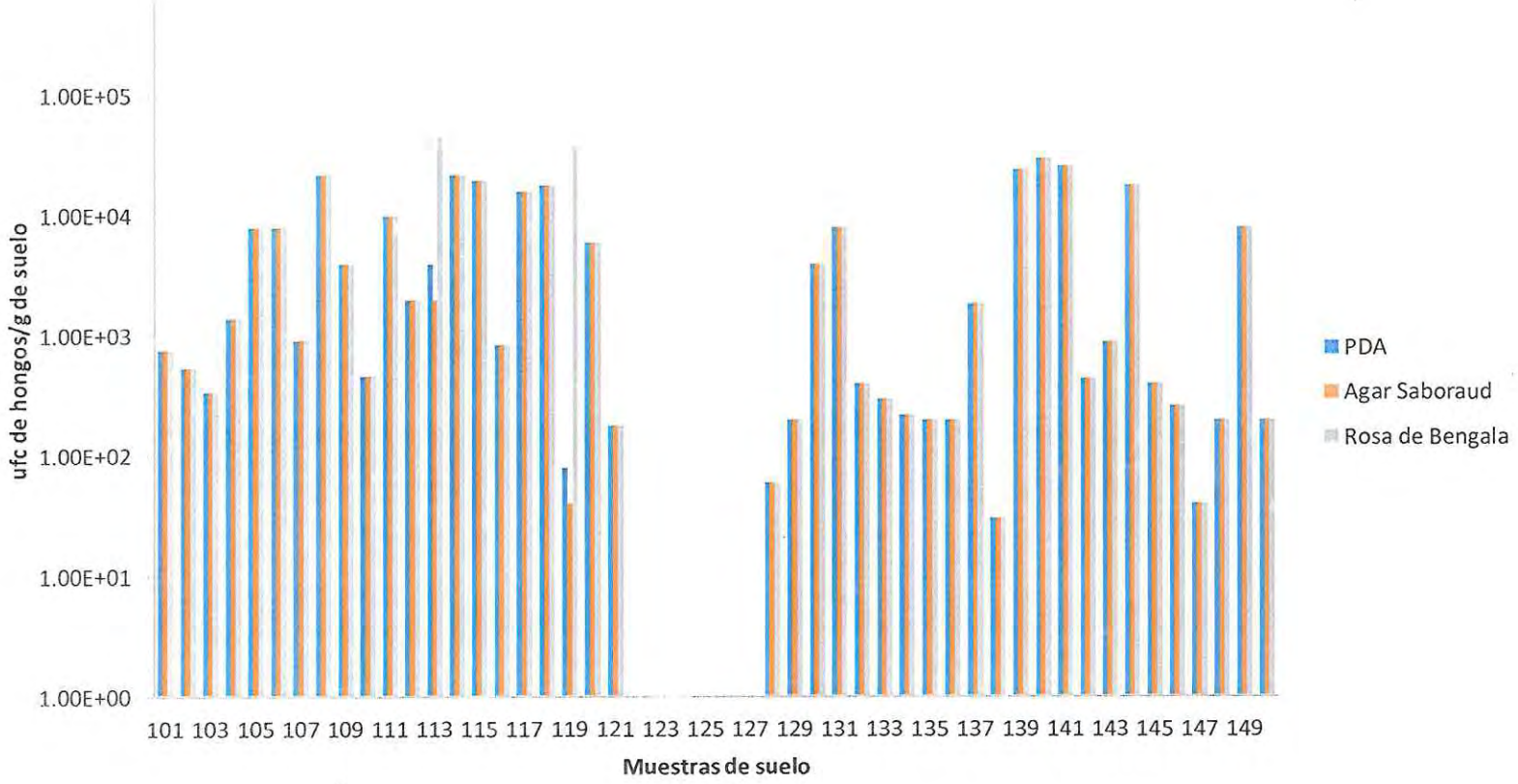
Los hongos aportan más del 50% de la biomasa en el suelo, en principio por el diámetro de sus filamentos y extensa red que generan el lecho en descomposición en los estratos orgánicos de suelos boscosos o selváticos en general, son los principales agentes de la mineralización de materia orgánica en ambientes ácidos, los hongos filamentosos establecen una red de micelio constituida por cadenas de hifas independientes. En la naturaleza las conidias o esporas asexuales son abundantes, se diseminan con facilidad en cualquier ambiente adheridas a microscópicas arcillas, restos de materia orgánica, polen, insectos voladores, etc. Las esporas sexuales no son comunes.



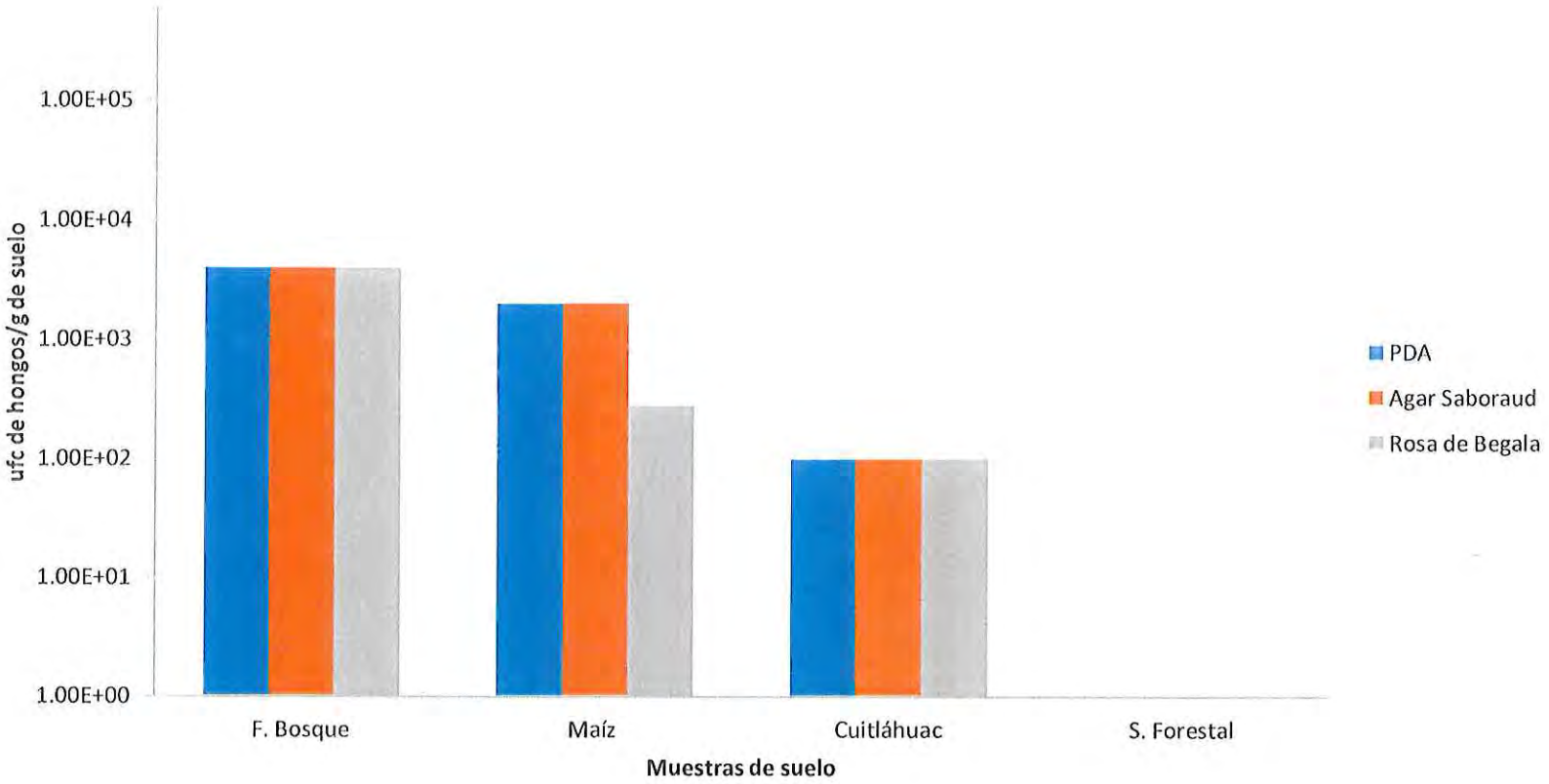
Gráfica 1. Cuenta total de hongos por gramo de suelo de la muestra 1 a la 50.



Gráfica 1b. Cuenta total de hongos por gramo de suelo de la muestra 51 a la 100.



Gráfica 2. Cuenta total de hongos por gramo de suelo de la muestra 101 a la 150.



Gráfica 3. Cuenta total de hongos por gramo de suelo de la muestra, Flor del bosque, suelo de maíz de Canoa, suelo de Cuitláhuac y sustrato forestal.

En la gráfica 3, se muestra cuatro muestras de suelo Flor del bosque, Suelo de cultivo de maíz, suelo de Cuitláhuac y un sustrato forestal, se utilizó el suelo de Flor del bosque como control positivo, en donde se encontró un conteo total de ufc/g de hongos en una concentración de $4.4X10^{-4}$. La composición de las especies arbóreas determina la naturaleza de los restos vegetales que deben ser reciclados por el suelo, la caída de los árboles y hojarascas cubre el piso forestal y este desempeña un importante rol.

En los ambientes boscosos, los suelos desarrollan una mayor capacidad de infiltrar y almacenar agua. La cobertura boscosa, en primer lugar, aporta protección al suelo en cuanto al impacto de la lluvia, pues disminuye la cantidad y energía del agua que llega al suelo. Pero al mismo tiempo, aporta biomasa y condiciones ambientales (humedad, temperatura) para el desarrollo de una biodiversidad del suelo que favorece a procesos de mantenimiento y mejoramiento del suelo (estabilidad de la estructura, porosidad, aireación).

El análisis del suelo de cultivo de maíz se obtuvo una concentración de ufc/g de hogos en un rango de $2x10^{-2} – 2x10^{-3}$.

La característica del suelo de cultivo de maíz, que es un suelo de cultivo con una textura más fina, cuando un grupo de partículas funciona como una sola, aumenta la porosidad y mejora la permeabilidad del agua.

El suelo de Cuitláhuac se utilizó como control negativo, es un suelo pobre de nutrientes, en donde se obtuvo una concentración de ufc de hongos de $1X10^{-2}$.

En el sustrato forestal no se obtuvieron colonias de hongos.

Cuenta total de actinomicetos en muestras de suelos

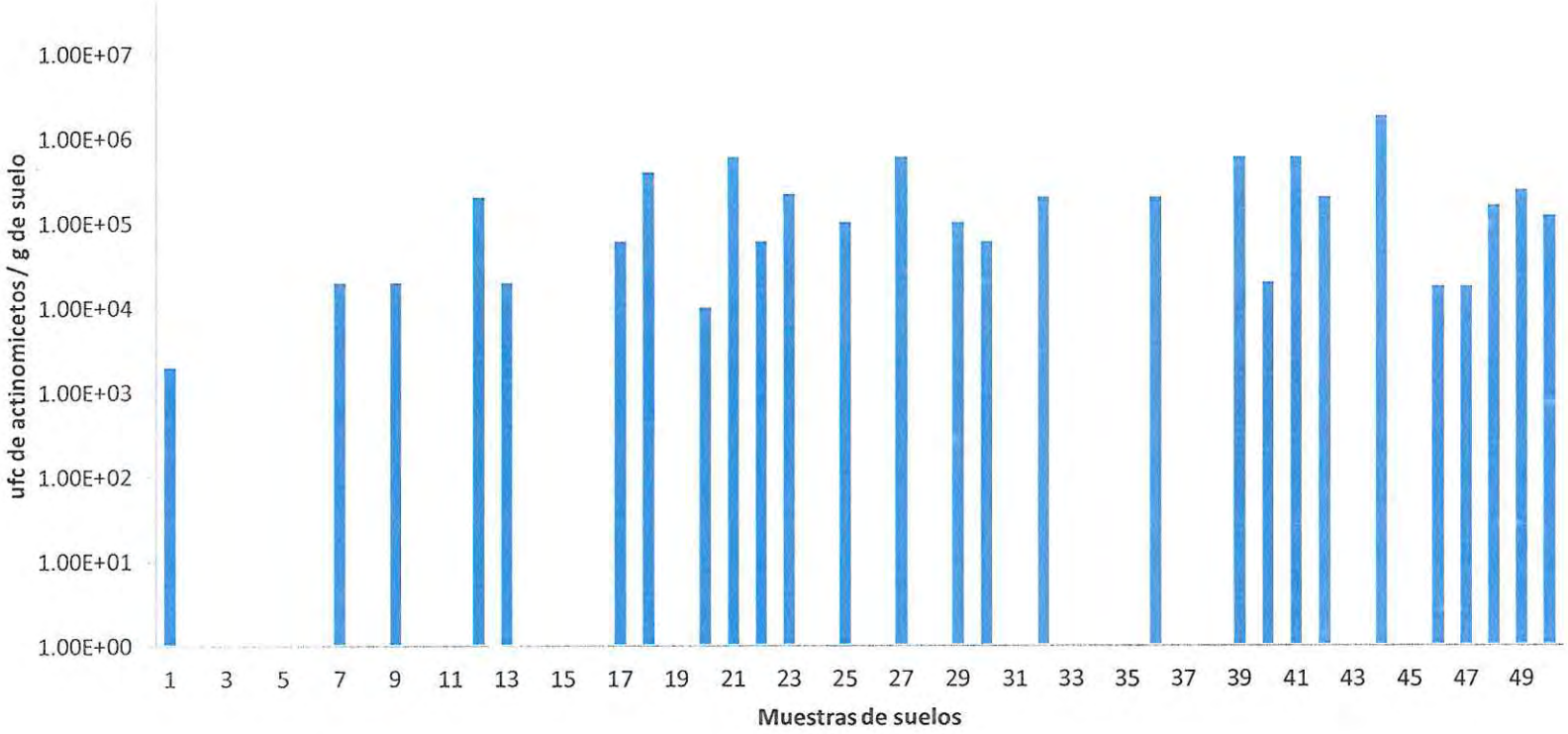
Los actinomicetos son los microorganismos de suelo que desempeñar un papel importante dentro de la dinámica del suelo, son abundantes en la rizósfera; entre las sus actividades fundamentales es la descomposición de la materia orgánica.

Se determinó el conteo de ufc de actinomicetos de 150 muestras de suelo y 4 muestras de referencia.

En las gráficas 4, 5 y 6 se muestran los resultados del conteo total de unidades formadoras de colonias (ufc/g) de actinomicetos. El análisis demostró que los actinomicetos se encuentran en un rango de $2X10^{-2}$ – $8.8X10^{-7}$ ufc/g de suelo.

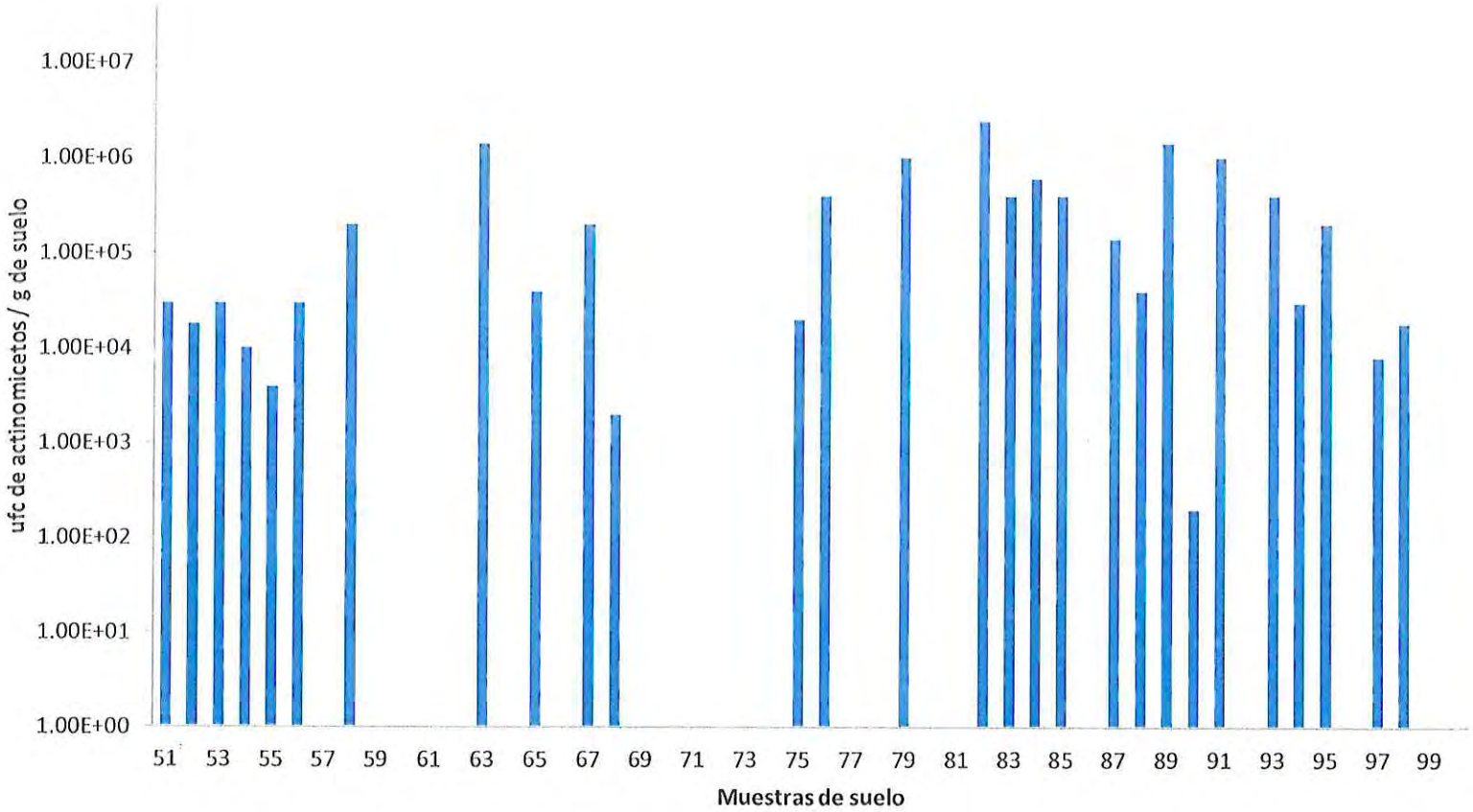
Los actinomicetos son importantes porque sintetizan metabolitos que inhiben el crecimiento de bacterias levaduras y hongos. La cantidad de actinomicetos que producen antibióticos depende del tipo de suelo. Como en el caso de *Streptomyces* que libera enzimas extracelulares que atacan bacterias, tales enzimas son consideradas claves del equilibrio microbiológico del suelo.

Encontramos que los microorganismos en general prefieren un pH cercano a la neutralidad, en un rango de 6 a 7, debido a que la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Principalmente los actinomicetos prefieren condiciones en la neutralidad y no toleran muy bien las condiciones acidas.



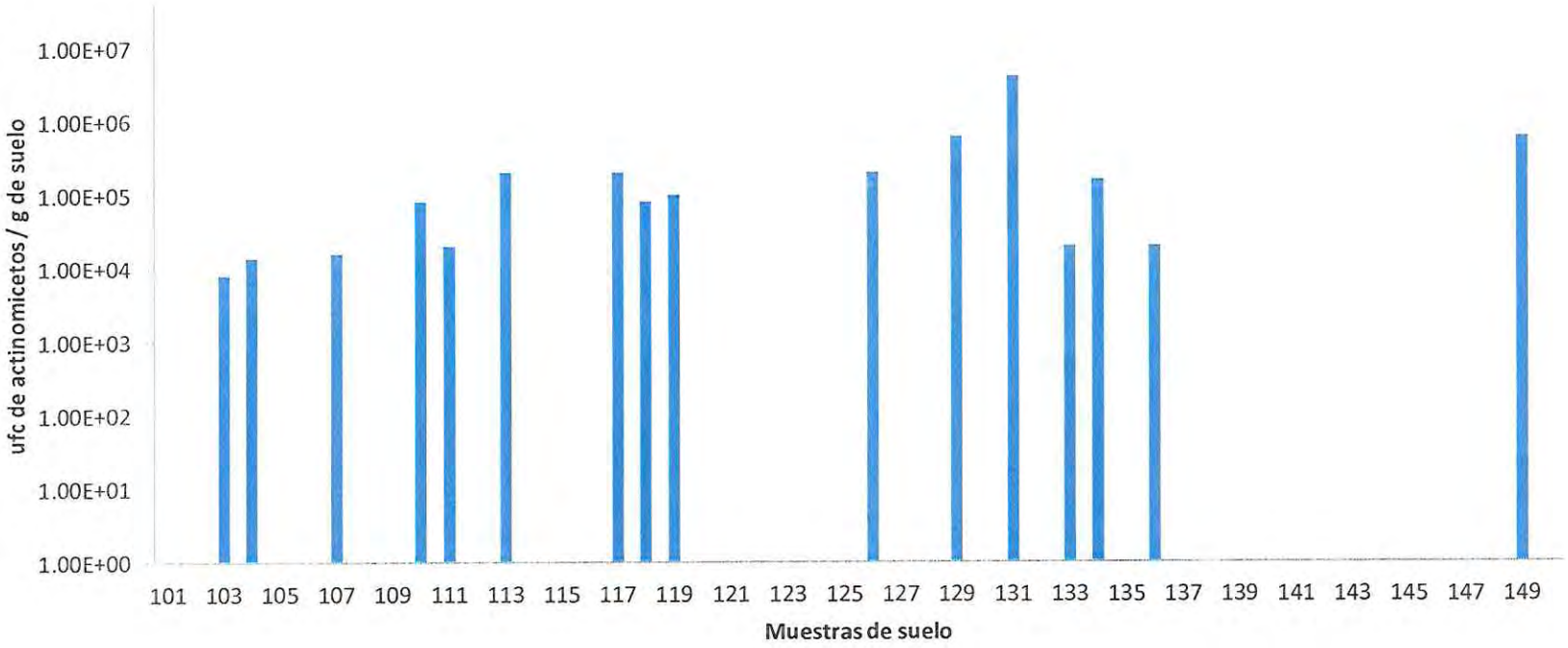
Gráfica 2. Cuenta total de actinomicetos por gramo de suelo de la muestra 1 a la 50.

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Púe.



Gráfica 3. Cuenta total de actinomicetos por gramo de suelo de la muestra 51 a la 100.

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Púe.



Gráfica 4. Cuenta total de actinomicetos por gramo de suelo de la muestra 101 a la 150.

Gráfica 5. Cuenta total de actinomicetos por gramo de suelo de la muestra de Flor del bosque, suelo de maíz de Canoa, suelo de Cuitláhuac y sustrato forestal

En las gráficas 4, 5 y 6 se muestran las ufc de actinomicetos. se encontró mayor abundancia de actinomicetos en las muestras 131,151, 82, 63 y 44 con una concentración de $4X10^{-6}$,

En la gráfica 7, las muestras de suelo que se utilizaron como control positivo y negativo, el suelo de Flor del bosque (control positivo) se obtuvo una concentración total $2.8 X 10^{-6}$ ufc de actinomicetos por gramo de suelo. En suelo de cultivo de maíz, suelo de Cuitláhuac y sustrato forestal, no se encontraron ufc de actinomicetos.

Los actinomicetos representan un grupo ubicuo de microorganismos ampliamente distribuido en ecosistemas naturales y tienen gran importancia en la participación de la degradación de materia orgánica, además de ciertas propiedades fisiológicas que los hacen particulares. En un principio los actinomicetos se incluyeron entre los hongos porque su morfología y desarrollo presentaban gran similitud, dotados de un micelio verdadero; debido a esto se les denominó "hongos radiados". Sin embargo, hoy en día, y dado su carácter procariótico, se sustenta muy bien su clasificación como bacterias.

Dentro de sus características particulares presentan un olor típico a suelo húmedo por la producción de un metabolito llamado geosmina, adicionalmente presentan una actividad metabólica alta, producen terpenoides, pigmentos y enzimas extracelulares con las que son capaces de degradar la materia orgánica de origen vegetal y animal. Como la gran mayoría de bacterias que son abundantes en suelo, presentan un importante papel ecológico en el mismo. Su número varía en gran proporción según el caso, pero es común encontrarlos en suelos fértiles con concentraciones de 10^6 ufc/g de suelo seco. Por lo general se aíslan cepas de actinomicetos en la superficie del suelo y en profundidades entre 2 y 15 cm, más allá de esta profundidad disminuye la cantidad de éstos. El tamaño de la comunidad depende del tipo del suelo, particularmente de algunas de las características físicas, del contenido de materia orgánica y del pH del medio ambiente.

Cuenta total de bacilos en muestras de suelos.

Un grupo importante dentro de la dinámica del suelo son los bacilos. En este análisis se determinó el conteo total de los bacilos termoduricos en muestras de suelo de 150 muestras y 4 muestras de referencia.

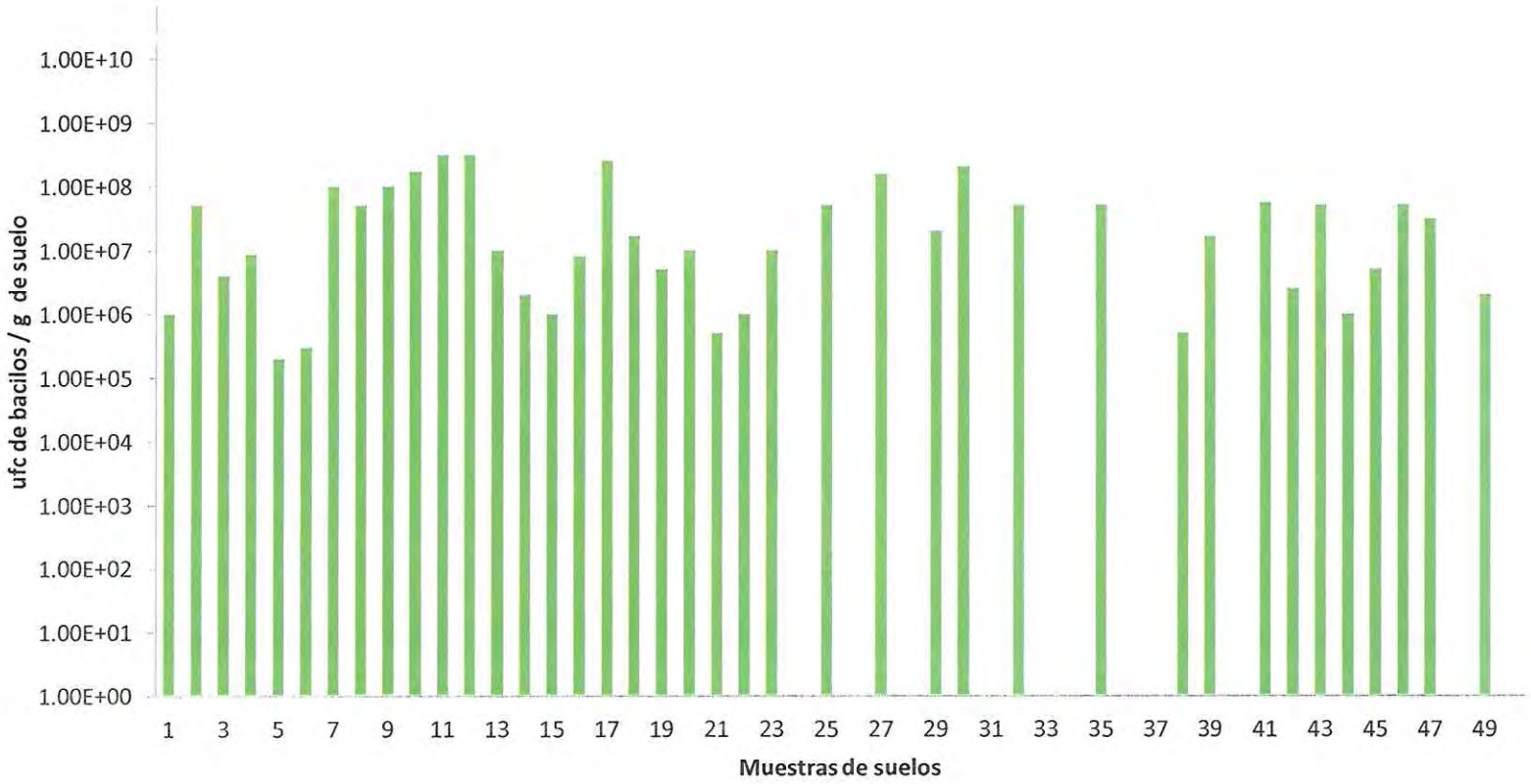
En las gráficas 8, 9 y 10 se presentan los resultados de la cuantificación bacilos de las muestras de suelo. La concentración de ufc/g para bacilos temoduricos se encuentra en un rango de $1.0 \times 10^{-1} - 4.5 \times 10^{-9}$ ufc/g de suelo.

Las muestras que tuvieron mayor abundancia de bacilos son las muestras 107, 123 y 130 se encontró en concentración de 1.6×10^{-9} a 4.5×10^{-9}.

La gráfica 11 muestra los resultados de las muestras de suelo control, donde en la muestra de suelo de maíz no se encontró la presencia de *Bacillus.*

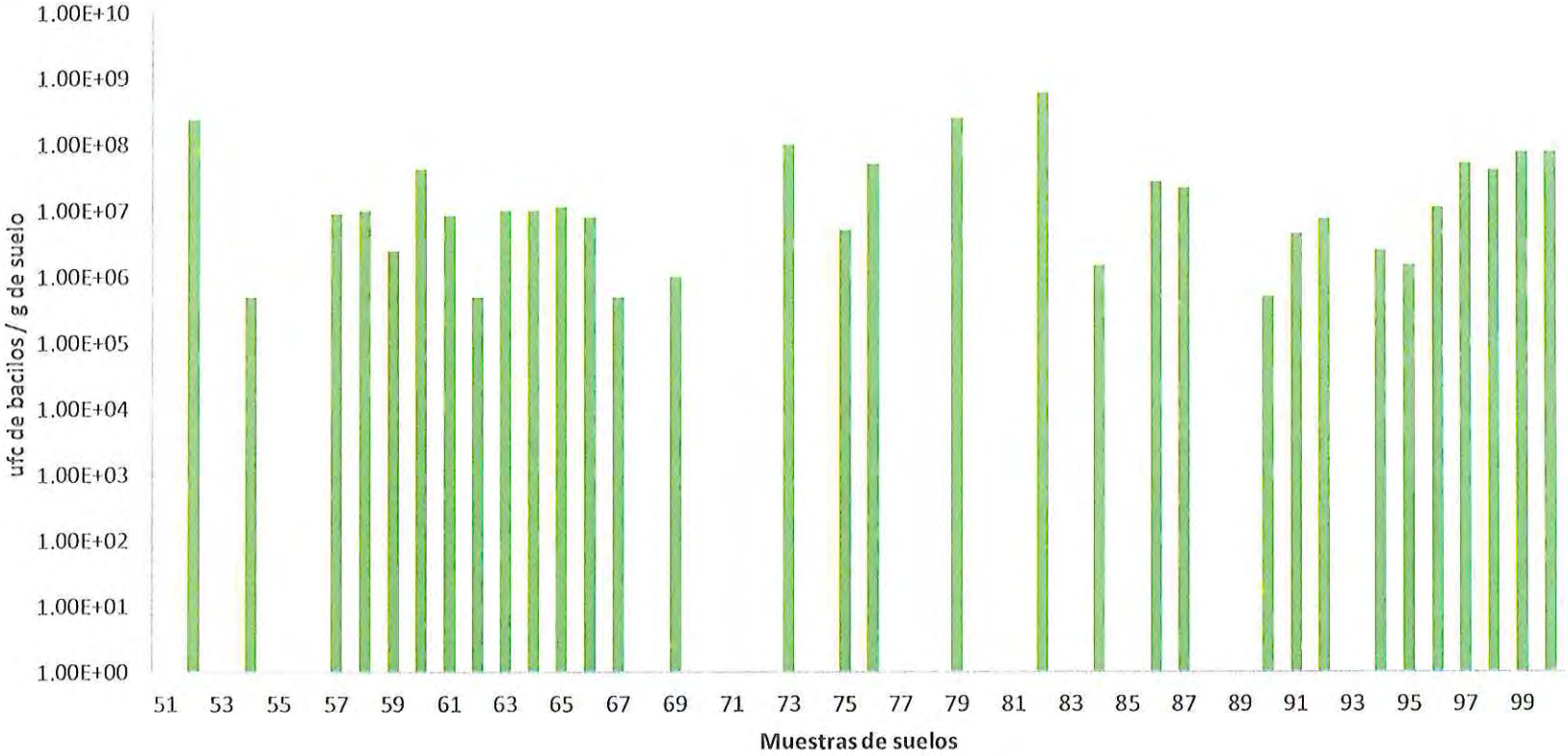
La presencia de esporas bacterianas puede sobrevivir en tratamientos térmicos. Estas bacterias formadoras de esporas son capaces de sobrevivir a diferentes tipos de estrés y luego germinar, soportan distintos valores de pH, temperatura. Estos microorganismos esporulados pueden ser anaerobios estrictos como *Clostridium* o anaerobios facultativos pertenecientes al género *Bacillus.*

Los *Bacillus subtilis* actúan como promotores del crecimiento de la planta. Son capaces de propagarse por la rizosfera que es el entorno en el que influyen las raíces de la planta. Este entorno es muy competitivo debido a que hay un amplio rango de compuestos ricos en nutrientes que se desprenden de las células de las raíces y de los tejidos, mucilagos, y exudados solubles procedentes de las raíces.

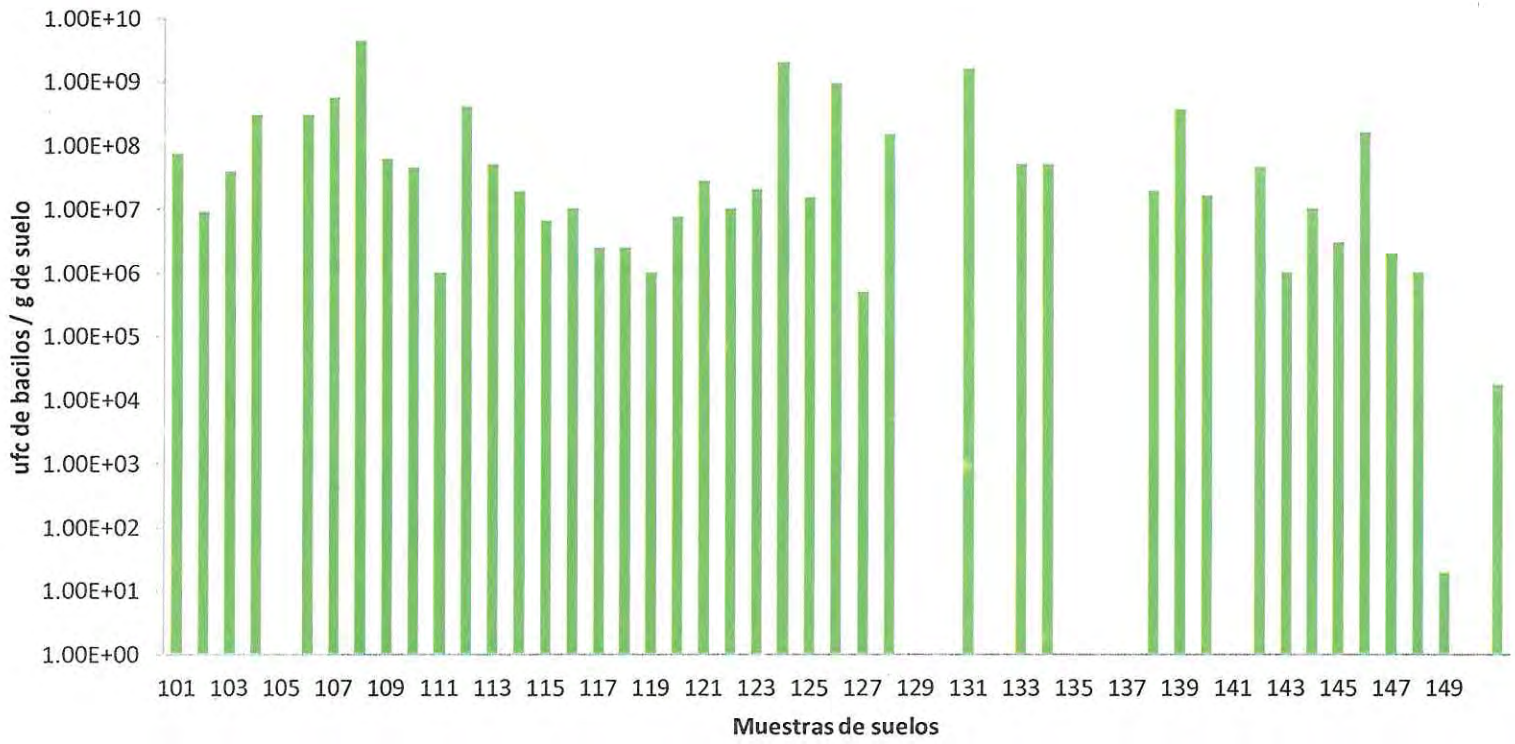


Gráfica 6. Cuenta total de bacilos termoduricos por gramo de suelo de la muestra 1 a la 50.

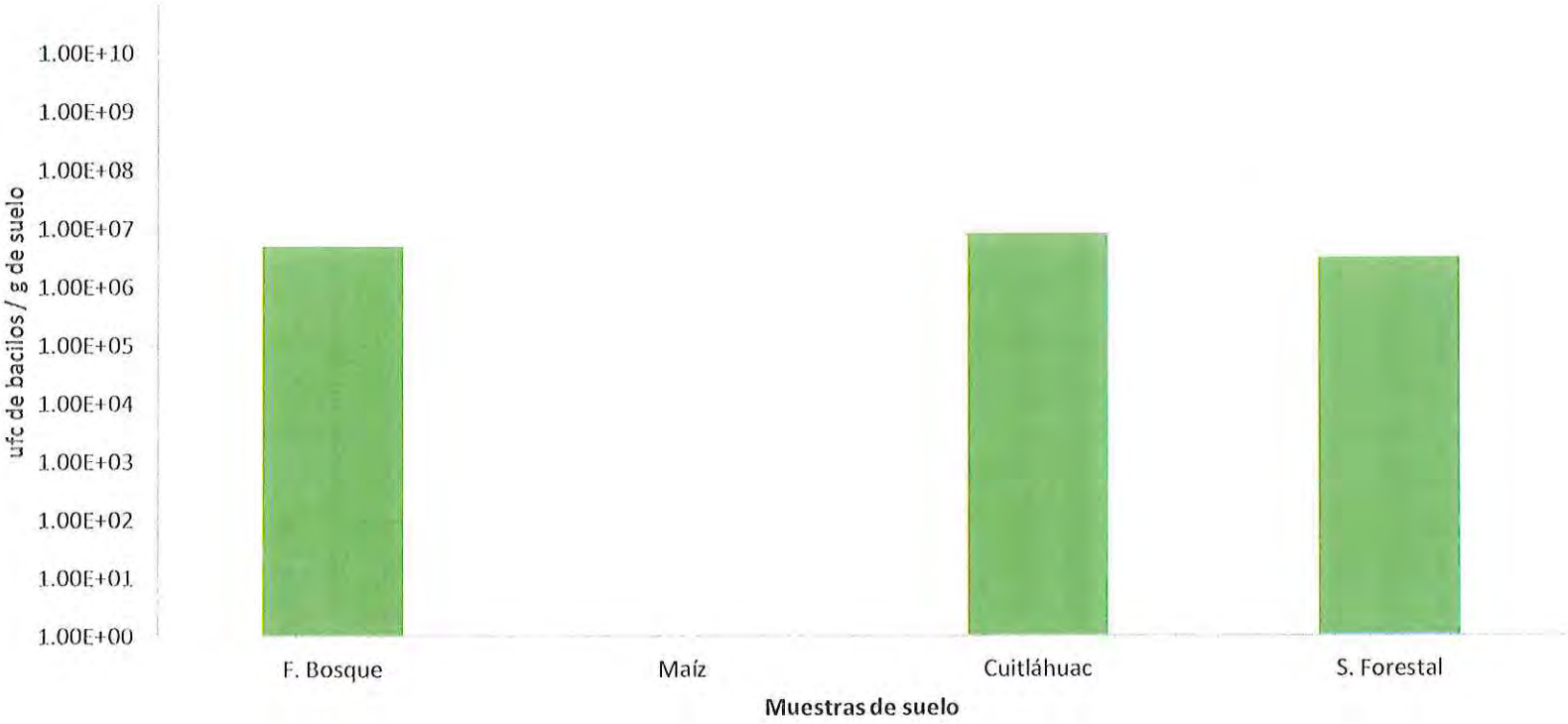
http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Púe.



Gráfica 7. Cuenta total de bacilos termoduricos por gramo de suelo de la muestra 51 a la 100.



Gráfica 8. Cuenta total de bacilos termoduricos por gramo de suelo de la muestra 101 a la 150.



Gráfica 9. Cuenta total de bacillus por gramo de suelo de la muestra de Flor del bosque, suelo de maíz de Canoa, suelo de Cuitláhuac y sustrato forestal.

Nematodos

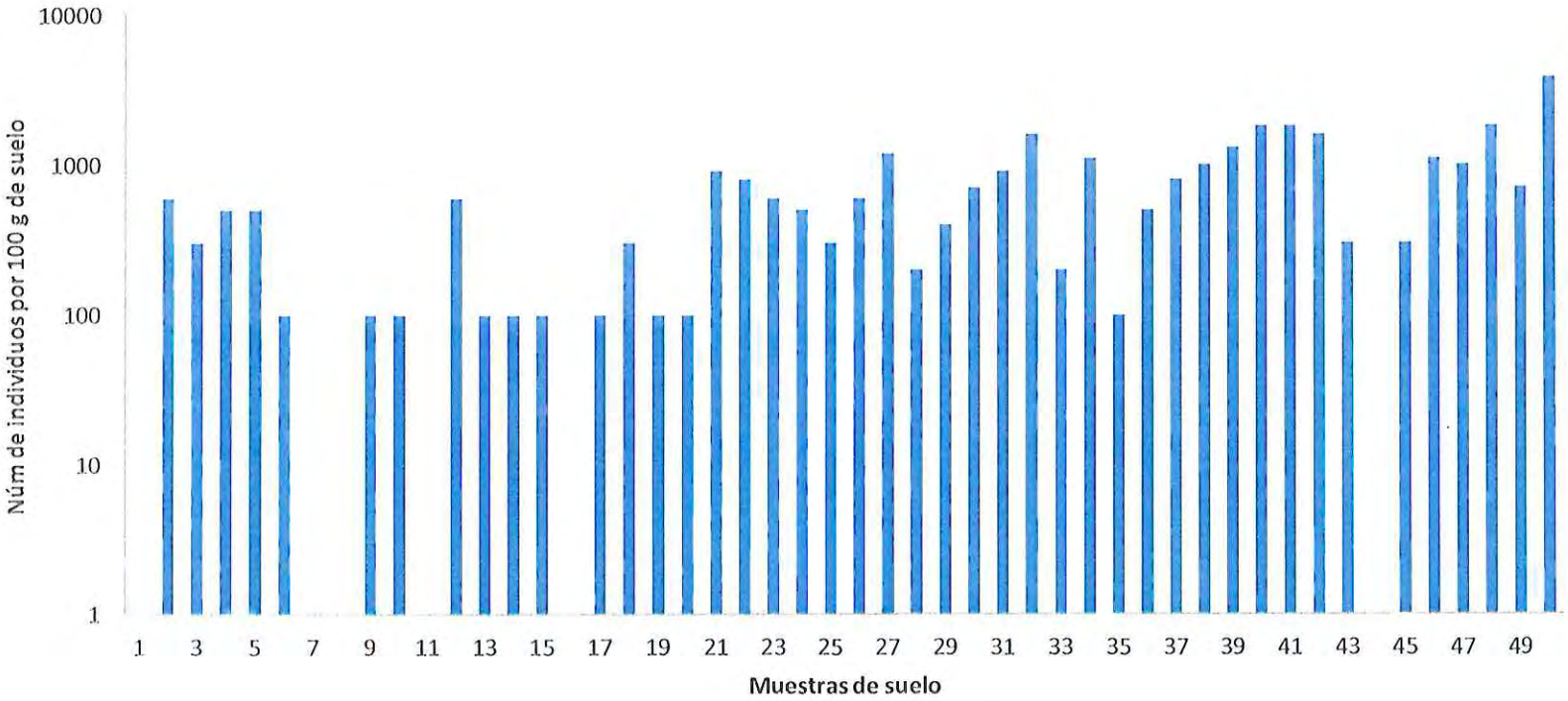
Los nematodos del suelo son pequeños invertebrados dependientes del agua, los cuales se consideran uno de los grupos de animales más abundantes y diversos en el planeta. Debido a su gran capacidad de adaptación, los nematodos están presentes en cualquier lugar donde exista carbono orgánico, en todas las latitudes del planeta y desde fondo del mar hasta la cima de las montañas. Los nematodos en una primera aproximación son conocidos como una amenaza para la salud humana, animal y de plantas; sin embargo, ellos juegan un papel importante como agentes de ciclado de nutrientes y como reguladores de la fertilidad del suelo mediante el flujo de energía y la movilización y utilización de nutrimentos. Son responsables del 10 a 15% de la respiración de los animales del suelo; además de estos beneficios para el ecosistema, también participan en importantes servicios del agroecosistema al fungir como agentes de control biológico de plagas de insectos.

Se realizo el conteo de individuos por cada 100 g de suelo húmedo de las 150 muestras y 4 muestras diferencia.

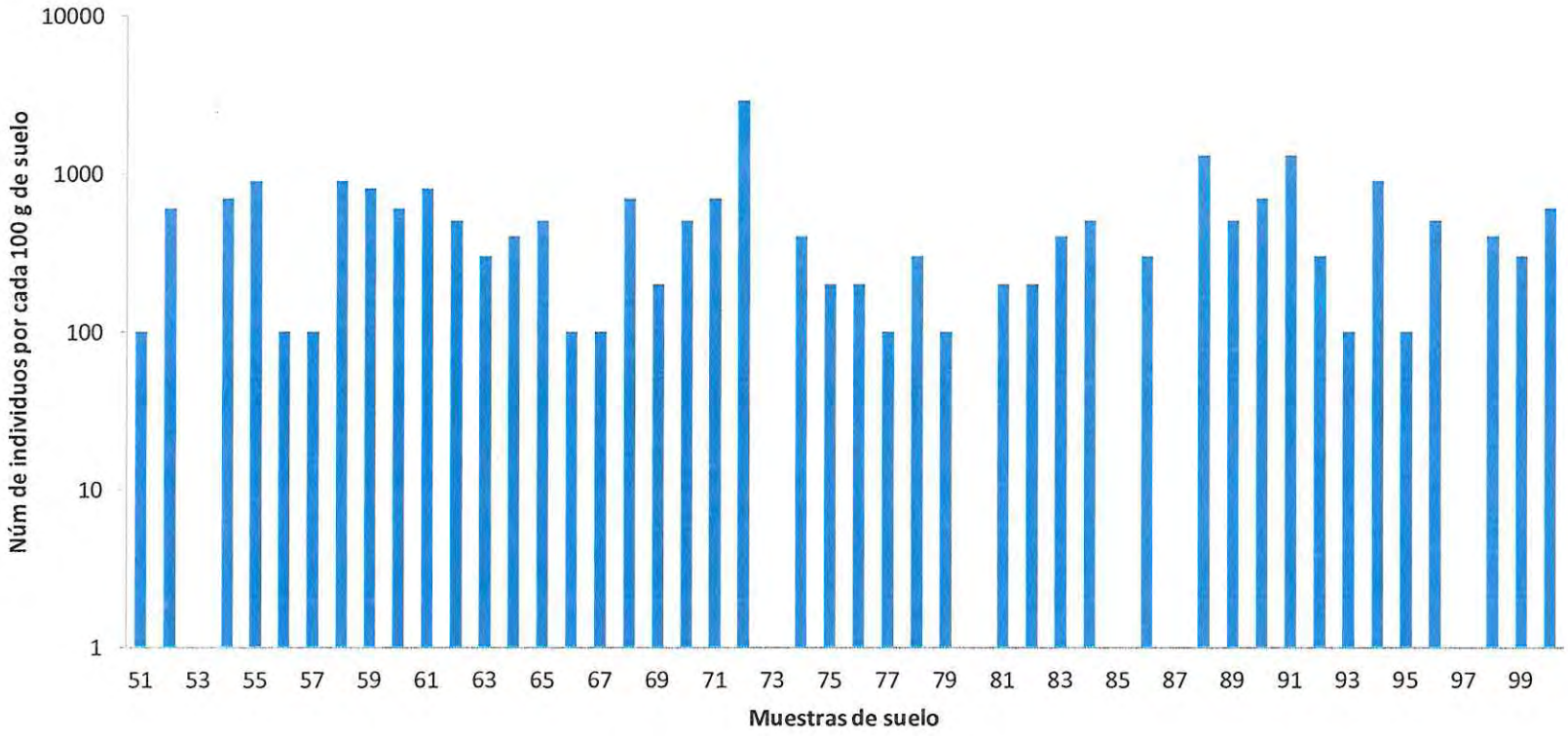
El conteo total de nematodos se observa en las gráficas 12, 13 y 14. Los nematodos se encuentran en un rango de 100-5900 individuos por cada 100 g de suelo húmedo.

Las muestras de suelo que se encontró mayor abundancia de nematodos fueron las muestras 151, 50, 72,133.

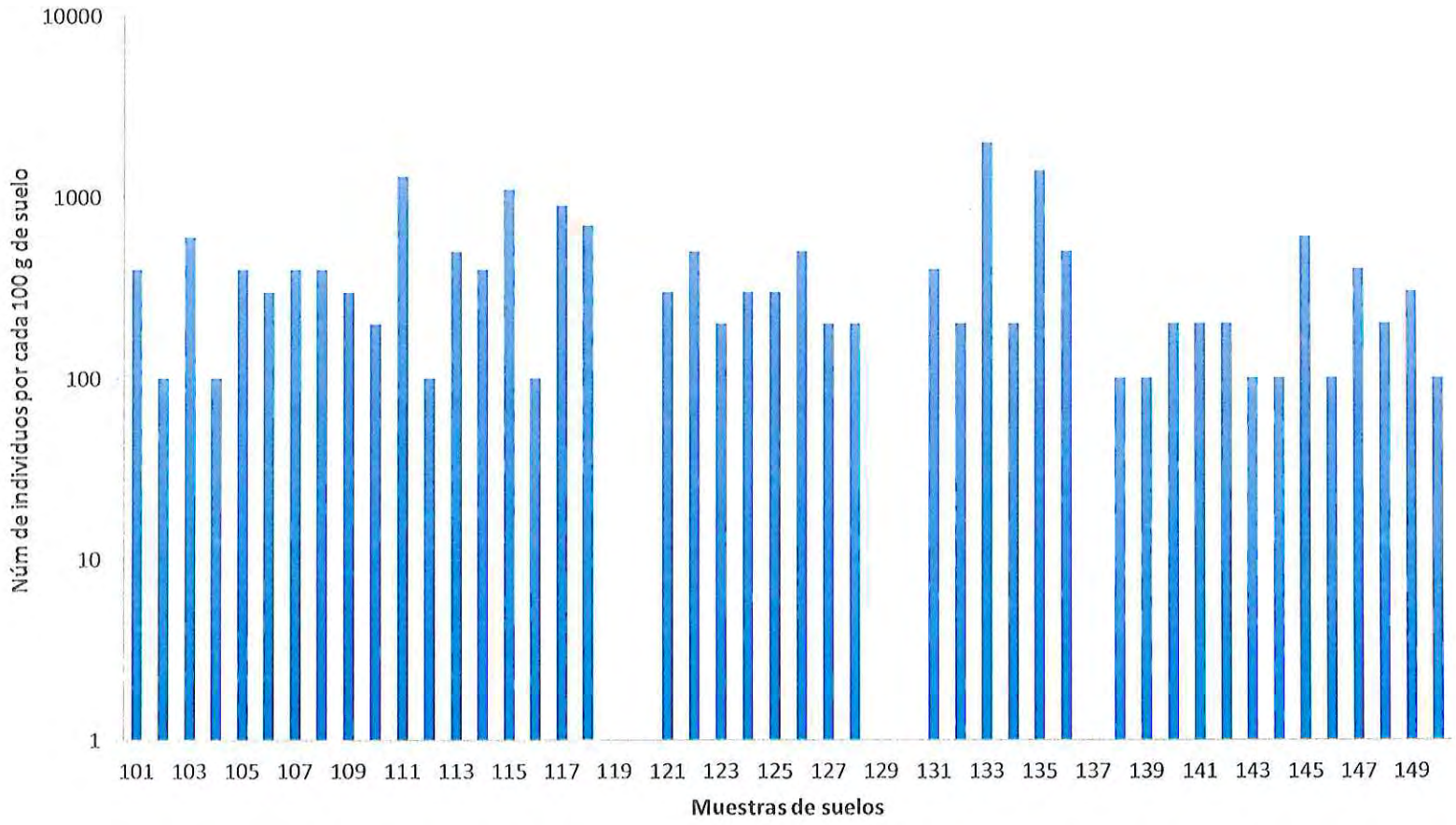
En la gráfica 25 se observa los nematodos presentes en las muestras de suelo control, donde observamos que la mayor presencia de nematodos fue en la muestra de suelo referida como flor de bosque.



Gráfica 10. Cuenta total de nematodos por cada 100 g de suelo húmedo de la muestra 1 a la 50.



Gráfica 11. Cuenta total de nematodos por cada 100 g de suelo húmedo de la muestra 51 a la 100.



Gráfica 12. Cuenta total de nematodos por cada 100 g de suelo húmedo de la muestra 101 a la 150.

Gráfica 13. Cuenta total de nematodos por gramo de suelo de la muestra de Flor del bosque, suelo de maíz de Canoa, suelo de Cuitláhuac y sustrato forestal.

En la gráfica 15 se obtuvo un mayor número de nematodos en una concentración de 5900 individuos seguido del suelo de cultivo de maíz con 200 individuos por cada 100 g de suelo, no se encontró presencia de nematodos en la muestra de suelo de Cuitláhuac y sustrato forestal.

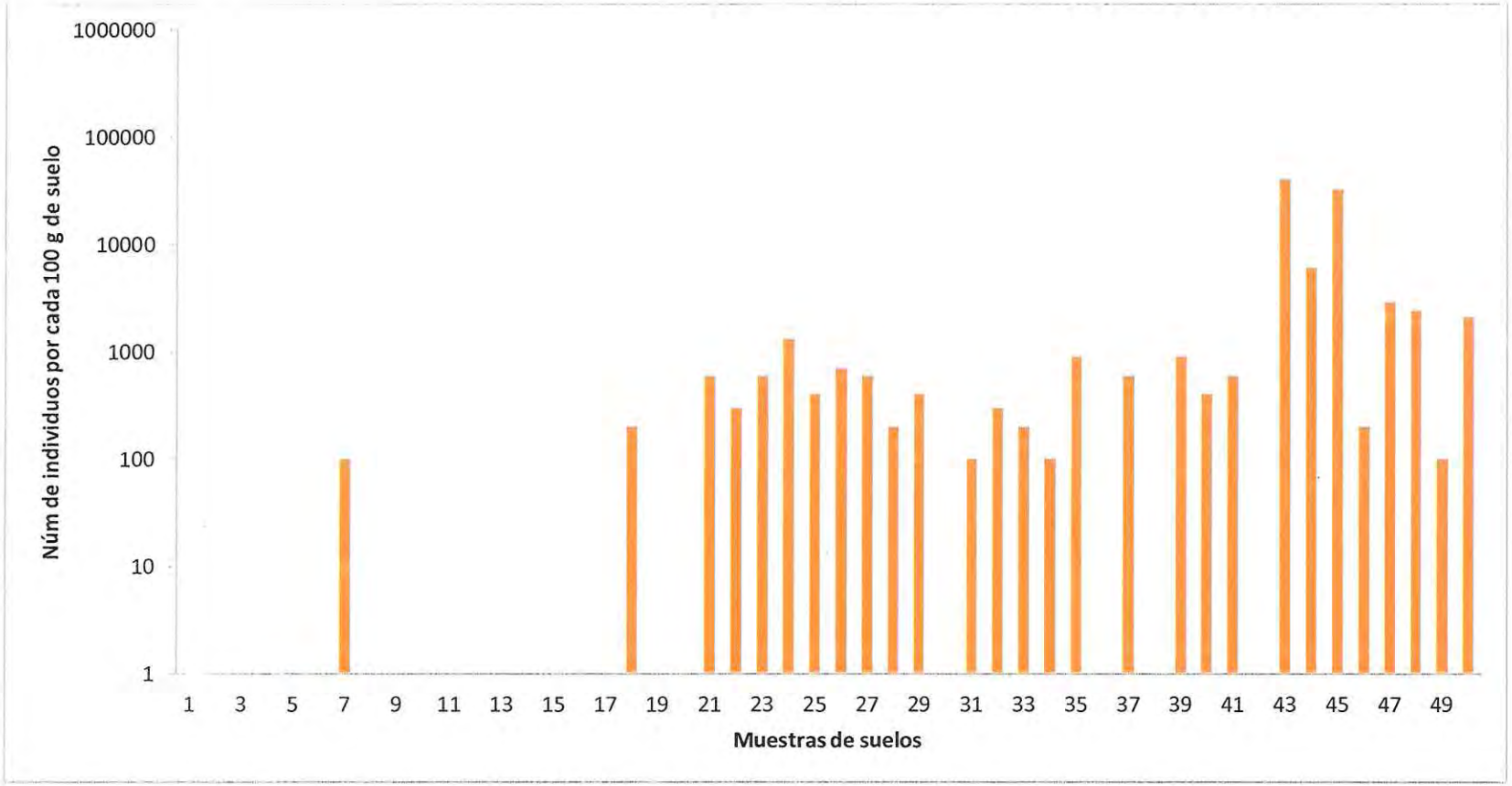
Protozoarios

Una de las funciones de los protozoarios es de regular las poblaciones bacterianas, también contribuyen una fuente de alimento importante para otros microorganismos del suelo, ayudan a suprimir enfermedades compitiendo con patógenos o alimentándose de estos. Se determinó el conteo total de protozoarios en las 150 muestras y 4 muestras de referencia se observan en las gráficas 16, 17 y 18.

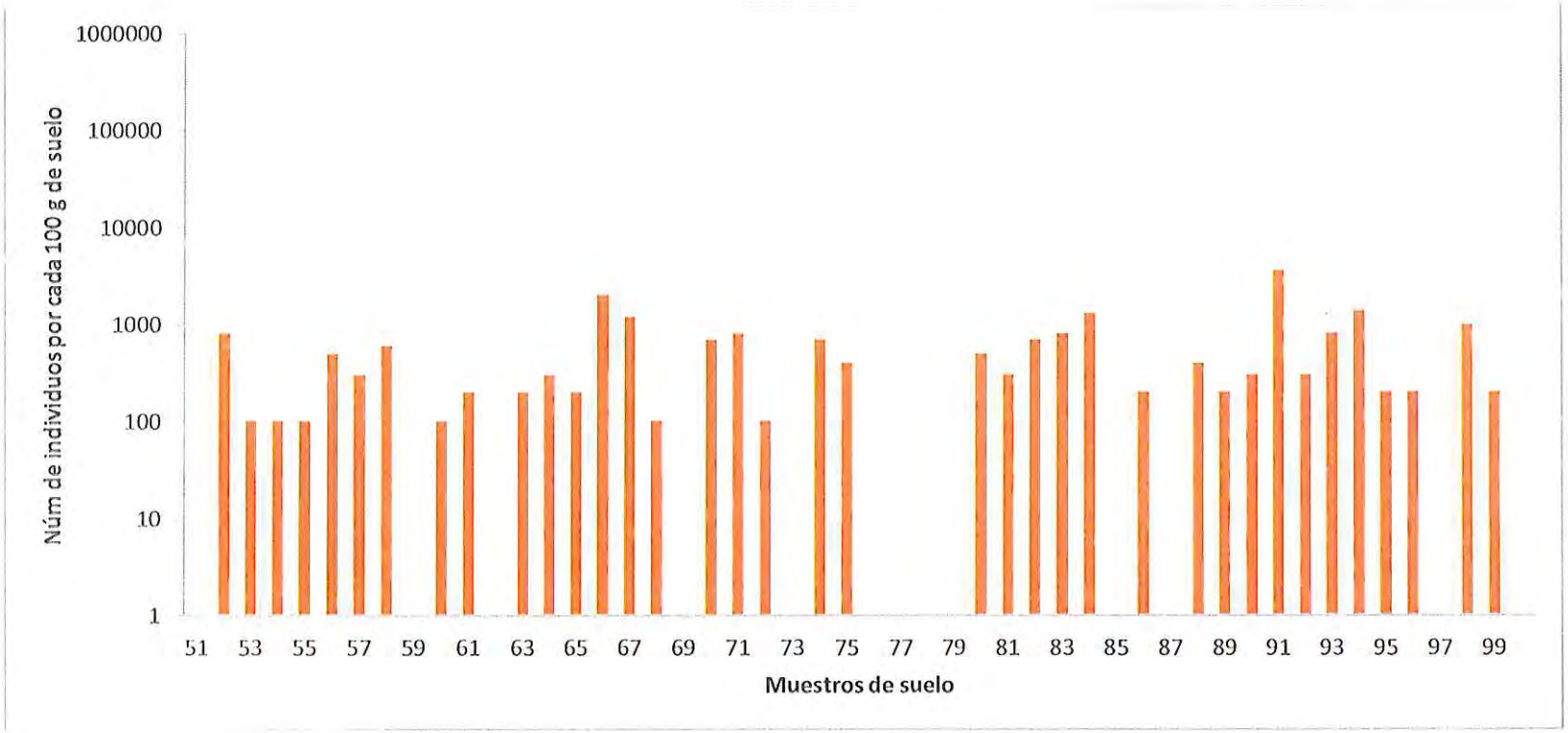
Encontramos una población de protozoarios en un rango de 100 a 120,000 individuos por cada100 g de suelo húmedo.

Las muestras con mayor cantidad de protozoarios son las muestras 139, 135, 43 y 45.

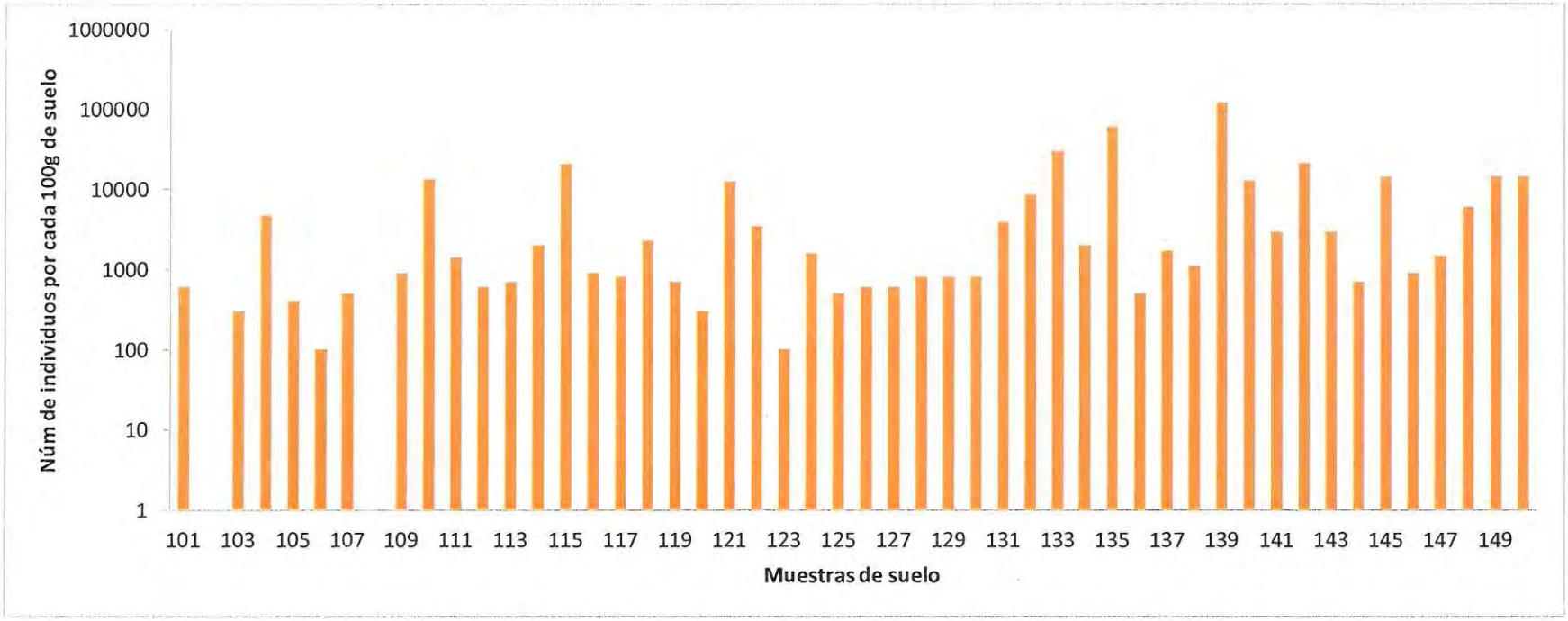
En la gráfica 19 se observan la presencia de protozoarios en las muestras de suelo control, donde observamos que la mayor presencia de protozoarios fue en las muestras referidas como sustrato Cuitláhuac y sustrato forestal.



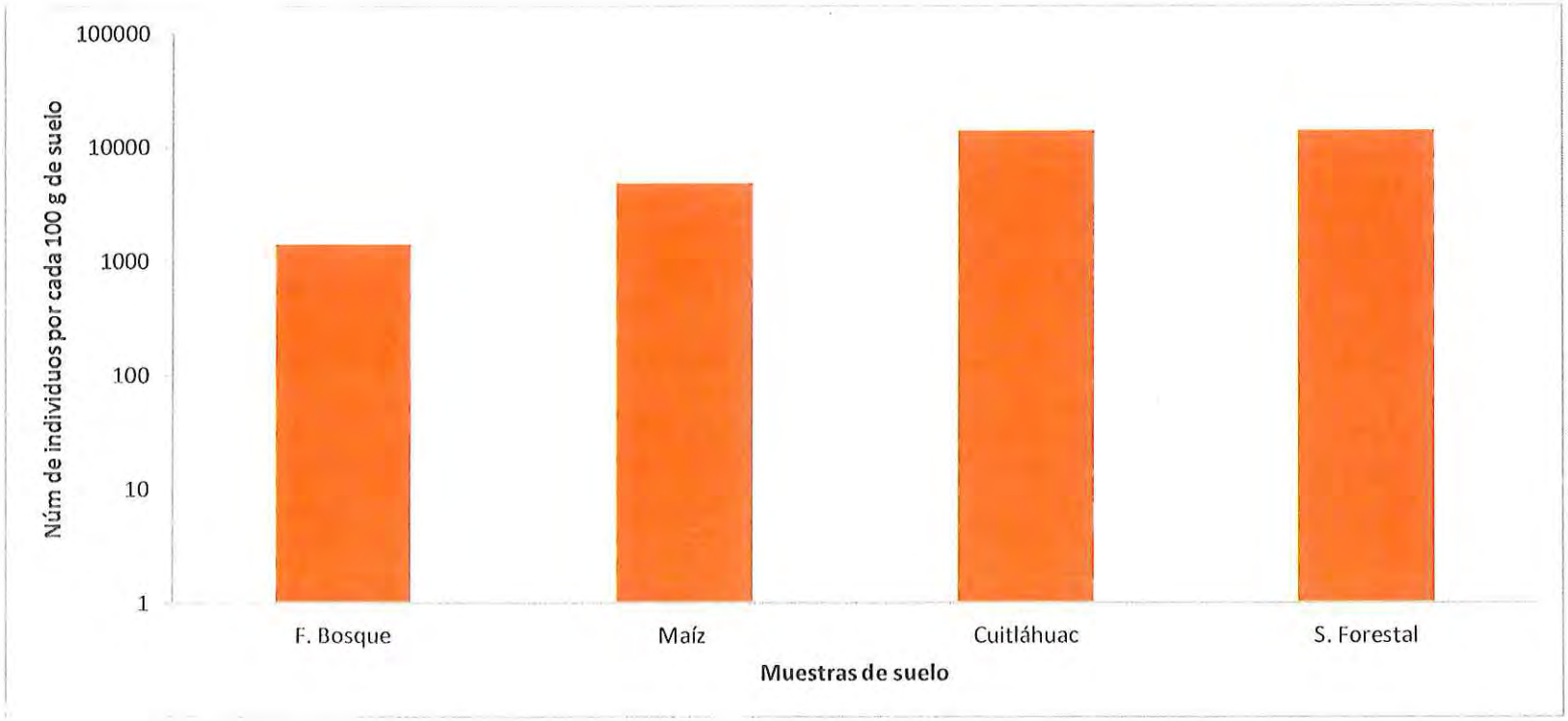
Gráfica 14. Cuenta total de protozoarios por cada 100 g de suelo húmedo de la muestra 1 a la 50.



Gráfica 15. Cuenta total de protozoarios por cada 100 g de suelo húmedo de la muestra 51 a la 100.



Gráfica 16. Cuenta total de protozoarios por cada 100 g de suelo húmedo de la muestra 101 a la 150.

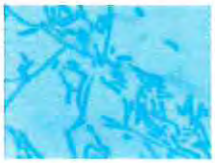


Gráfica 17. Cuenta total de protozoarios por gramo de suelo de la muestra de Flor del bosque, suelo de maíz de Canoa, suelo de Cuitláhuac y sustrato forestal.

Microscopía de los hongos presentes en las muestras de los suelos.

Fueron observadas las características morfológicas al microscopio para determinar el género (Tabla III.14).

Tabla III.14. Microscopia de hongos presentes en las muestras de suelos.

Microscopia de hongos				
Verticillium sp	*Penicilliun sp*	*Rhizopus sp*	*Mucor sp*	*Fusarium sp*
Penicillium sp	*Mucor sp*	*Trichioderma sp*	*Rhizopus sp*	*Pythium sp*
Zygorhychus sp	*Pythium sp.*	*Pullularia sp*	*Mucor sp*	*Alternaria sp*
Paecilomyces	*Cladosporium*	*Paecilomyces*	*Aspergillus sp*	 *Fusarium sp*

sp	*sp*	*sp*		

Se determinaron varios géneros de hongos algunos benéficos y otros patógenos (Tabla III.15).

Tabla III.15. Géneros de hongos benéficos y patógenos en suelos.

Hongo benefico	Hongo patógeno
Paecilomyces sp	*Alternaria* sp
Tricoderma sp	*Fusarium* sp.
	Pythium sp.

Alternaría es un género fúngico muy común, donde se incluyen numerosas especies saprofitas, endofíticas y patógenas ampliamente distribuidas en el suelo y la materia orgánica en descomposición. Incluye especies patógenas que pueden invadir los cultivos vegetales antes y después de la recolección y es responsable de considerables pérdidas económicas, debido a que reduce el rendimiento de las cosechas y produce alteraciones en los vegetales durante su almacenamiento.
Los hongos del genero *Pythium* son de los Ficomicetos, caracterizados por un micelio desprovistos de compartimentos. Estos hongos son obligatoriamente adheridos a los vegetales. Su desarrollo se efectúa en el interior de los tejidos de la planta.

Tabla III.16. Enfermedades forestales causadas por hongos potencialmente fitopatogénicos presentes en muestras de suelos de Chapultepec, tercera sección.

Microorganismos Patógenos	Enfermedad	Nombre de la enfermedad	Especies arbóreas
Fusarium sp.	Pudrición de raíz	pitch canker	*Pinus sp.* *Pinus greggii. P. devoniana. P. pseudostrobus.*

			P. cembroides, P. patula, P. douglasiana, P. montezumae, P. tenuifolia, P. ayacahuite, P. engelmannii, P. maximartinenzii. *Eucalytus grandis.* *Arbutus unedo* *Celtis australis* *Ceratonia siliqua* *Cistus albidus* *Juniperus phoenicea* *Quercus coccifera*
Pythium sp.	Produce la marchites y muerte de las plántulas, cuando éstas todavía tienen sus tejidos suaves y suculentos..	La chupadera fungosa de los almácigos	*Pinus radiata* *Quercus coccifera*
Alternaria sp.	Provocar manchas en hojas, tallos y pétalos muy características por presentar anillos concentricos negros o marrones causados por la esporulación.	damping-off	Las brasicáceas *(A. brassicae, A. brassicicola y A. japonica)*, zanahoria *(A. dauci)*, papa *(A. solani)*, tomate *(A. solani)*, girasol *(A. helianthi),)*, cítricos *(A. citri, A. limicola. A. alternata), cereales, entre ellos el trigo, girasol (A. helianthi), maíz (A. tenuis), manzano (A. mali), papa (A. solani), tomate (A. solani), zanahoria (A. dauci), además de muchas plantas ornamentales y numerosas malezas.*

***Fusarium* sp.**

Fusarium infecta un espectro de tejidos vegetales y plantas muy amplio, que incluye tejidos radiculares, vasculares y reproductores de plantas hortícolas, ornamentales, forestales, etcétera, de diferentes hábitats del mundo, ocasionando muchas veces pérdidas económicas importantes.

En el grupo de las coníferas, y en concreto en el género *Pinus*, debe prestarse atención a la presencia de *Fusarium circinatum*. Este hongo, que ocasiona la enfermedad conocida como "pitch canker" en los pinos, tiene la capacidad de infectar, durante todas las estaciones del año, estructuras vegetativas y reproductivas en diferentes estados de madurez, lo que ocasiona mortalidad de flores, femeninas y piñas maduras, deterioro de semillas, y debilitamiento y muerte de plántulas y árboles jóvenes y adultos (Dwinell *et al.*, 2002). El principal problema que se presenta en los viveros forestales donde se produce pinos, es el hongo pudridor de la raíz *Fusarium oxysporum* Schltdl que causa Damping-off preemergente y postemergente. Llega a causar la muerte hasta en un 40 % de toda la producción (García et al, 2007). Es un patógeno que puede ser transmitido por semilla, por agua de riego o en suelo infectado; llega a causar la muerte de planta en platabandas completas y se manifiesta desde la germinación de la semilla hasta cuando la planta tiene un desarrollo avanzado; causa la pudrición de la radícula y el endospermo (Cibrián, 2001). Los síntomas en la plántula se manifiestan con un cambio de color de verde a amarillento, clorótico; con frecuencia, la base de las acículas presenta una coloración violácea y el sistema radicular una coloración café, con raíces quebradizas; las plantas afectadas tienen el tallo basal endurecido y solo el brote esta tierno, susceptible para que el patógeno penetre; el tejido interno infectado es de color café (en ocasiones la infección es tan severa que se produce micelio de color blanco en el tallo de la planta y bajo condiciones especiales se forman esporodoquios de color blanco a crema.

Pythium sp.

El género *Pythium* incluye especies ubicuas que ocupan variados nichos ecológicos. La mayoría de éstas se comportan como saprótrofas en varios tipos de suelos. Son importantes patógenos de plantas: altamente patógenos o de mediana patogenicidad, causando enfermedades, reduciendo los rendimientos y su calidad. Infectan principalmente almácigos de diferentes cultivos provocando muerte de semillas y plántulas en pre y post emergencia (damping off) por afectar al embrión, hipocótilo y radícula. En plantas herbáceas y adultas causan menor crecimiento, síntomas de deficiencia de nutrientes y reducción del rendimiento, por disminuir la biomasa radicular debido a la destrucción de raíces de absorción y pelos radicales. Preferentemente son atacados los tejidos jóvenes, con humedad, órganos suculentos de vegetales en contacto con el suelo, como frutos de zapallo, pepino (*Cucurbitaceae*), chaucha, frijoles (*Leguminosae*) y tubérculos como la papa (*Solanaceae*).

También infecta encinos, la infección inicial se manifiesta con un marchitamiento, amarillamiento y retención de follaje seco. Estos síntomas son el reflejo del ataque del patógeno sobre las pequeñas raíces absorbentes no lignificadas causando pudrición y, en muchos casos, también invade raíces grandes o el fuste de su hospedante; posteriormente, se desarrolla en la corteza interna y en la región cambial, derivando nutrimentos de los tejidos recién muertos y de tejidos vivos, para finalmente reproducirse en el material muerto. Una planta con raíces dañadas por la infección del patógeno, no tiene la capacidad suficiente para absorber el agua del suelo y consecuentemente puede morir.

Alternaria sp.

Las especies del género *Alternaria* son tanto parásitas de plantas como saprófitas en sustratos orgánicos, éstas últimas están involucradas en la degradación de material vegetal.

Muchos de los hospedantes del género Alternaria son susceptibles a sus respectivas enfermedades en dos estadíos de su desarrollo. El primer pico de

susceptibilidad ocurre en el estadío juvenil, todas las especies de *Alternaria* son transmitidas por semilla, alterando la germinación normal de la misma y causando damping-off. El segundo momento de susceptibilidad se da en el estadío senescente. La susceptibilidad de las hojas o plantas envejecidas ha sido reportada en casi todos los sistemas de Alternaria-hospedante (Rotem 1994). También existe una predisposición a la enfermedad en presencia de heridas. Estas heridas locales producirán un aumento de la infección de todas las especies de *Alternaria* patógenas.

Sumario

Un total de 150 muestras fueron analizadas para la cuenta total de microorganismos como actinomicetos, bacilos y hongos. Tabla III.17. y III.18. de las muestras de suelos control.

Tabla III.17. Comparación de la cuenta total de los microorganismos de muestras de suelos analizados.

Microorganismos	Intervalo		Promedio	Desviación Estándar
	Mínimo	Máximo		
Actinomicetos	2.00E+02	4.00E+06	1.70E+05	5.00E+05
Bacilos	2.00E+02	4.50E+09	1.70E+08	4.26E+07
Hongos	7.00E+01	4.60E+04	5.59E+03	1.03E+04
Nematodos	100	5900	508	6.97E+02
Protozoarios	100	120,000	3,522	1.20E+04

Tabla III.18. Comparación de la cuenta total de los microorganismos de muestras de suelos utilizadas como controles.

Muestra de suelo	Actinomicetos	Bacilos	Hongos	Nematodos	Protozoarios
Flor del bosque	2.80E+06	5.00E+06	4.00E+03	5,900	1,400
Maíz	0	0	2.00E+03	200	4,800
Cuitláhuac	0	8.00E+06	1.00E+02	0	1,400
S. Forestal	0	3.00E+06	0	0	1,400

La microbiota del suelo, puede servir como un bioindicador de la salud de los ecosistemas y agro ecosistemas, reflejando el efecto de los procesos agrícolas y el manejo de los recursos vegetales sobre este componente, afectando tanto su biodiversidad, como la densidad de las poblaciones microbianas (Buckley y Schmidt, 2003; Girvan *et al.*, 2004; Ariena *et al.*, 2006).

La distribución y caracterización de las poblaciones microbiológicas en los suelos del bosque húmedo tropical, reportando que la comunidad microbiana está representada en un 65% por bacterias, un 25 a 30% por hongos y de un 2 a un 14% por actinomicetos. La mayor abundancia de actinomicetos en los suelos de bosque puede relacionarse con la diversidad estructural de la población vegetal. La información de campo de la cobertura de bosque mostró una alta diversidad de especies vegetales, siendo un indicativo de la variedad de sustratos ofrecidos para la actividad de muchos microorganismos en general, entre ellos los actinomicetos. Torsvik et al. (1996) mencionaron que la alta variabilidad de micro-hábitats genera una mayor abundancia de poblaciones microbianas y esta variabilidad puede ligarse directamente con la estructura de la vegetación; además, las características rizosféricas del suelo determinadas en gran medida por la cobertura permiten una acumulación alta y permanente de residuos vegetales a ser descompuestos por este grupo especializado de microorganismos. Todo ello ayuda a entender por qué la cobertura de bosque es la que posee la mayor abundancia de actinomicetos.

Tabla III.19. Comparación de microorganismos presentes en suelo de cultivo de aguacate y bosque mesófilo.

Microorganismos	Suelo cultivo de aguacate	Sistema agroforestal	Bosque mesófilo
Actinomicetos	1.60E+04	8.00E+05	2.10E+04
Bacilos	9.00E+09	1.40E+05	2.42E+05
Hongos	9.00E+02	3.40E+3	8.71E+03

El comportamiento general de la rizósfera se encontró la mayor población de bacterias totales fueron entre 10^6 y 10^8 ufc/g en comparación a la población de hongos que siempre estuvo entre 10^4 y 10^5 ufc/g.

La mayor población de bacterias totales se puede deber entre otros factores al pH del suelo que es más alcalino, una altura menor y temperatura un poco mayor que la región. El pH podría ser determinante en el desarrollo de las poblaciones microbianas sobre todo porque su diferencia con la región de es considerable. Otro factor importante que puede influenciar las poblaciones microbianas es la cantidad de fósforo disponible. En el caso de las poblaciones de hongos se sabe que éstas son más competitivas en suelos ácidos, sin embargo, cuando se habla de rizósfera, los exudados producidos por las plantas pueden jugar un rol tan determinante como el tipo de suelo (Marschner et al., 2004; Reyes y Valery, 2007). Todo esto indica que la dinámica microbiana en la rizósfera puede variar considerablemente de la dinámica poblacional del suelo, y la presencia de microorganismos puede estar altamente influenciada por los exudados vegetales y por otras poblaciones propias de la rizósfera.

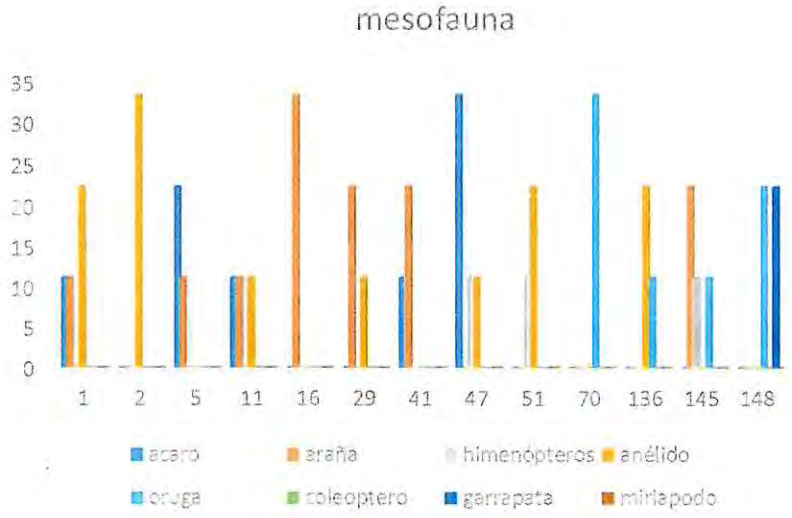
En cuanto a las poblaciones de *Bacillus spp.* se observa una población más alta esto se puede deber a la preferencia de este género por el pH cerca al neutro, sin embargo, su presencia también es significativa que indica que las bacterias de este género presentes en estos suelos están adaptadas y tienen más posibilidad de sobrevivir gracias a su capacidad de formar esporas lo que ayuda a su supervivencia. Los análisis de las poblaciones microbianas representativas de estas regiones brindan importante información del comportamiento de los microorganismos en la rizósfera bajo diferentes condiciones, sin embargo, es importante mencionar que la dinámica de poblaciones en la rizósfera es un aspecto muy complejo y involucra numerosos factores que actuando en conjunto benefician el desarrollo de ciertas poblaciones microbianas. Al hablar de rizósfera también juegan un papel importante las características de las plantas y los exudados producidos. Estos factores hacen que se establezca una relación planta-microorganismo compleja y dinámica en la zona de larizósfera (Persello-Cartieaux et al., 2003; Zúñiga y Gutiérrez-Correa, 1982). Las sustancias o exudados producidos por las raíces sirven como fuente energética y pueden llegar a inducir incluso cambios de pH, disponibilidad de sustratos, nutrientes y factores de crecimiento microbiano en la rizósfera

MESOFAUNA DE LOS SUELOS

RESULTADOS

Se observaron en estereoscopio 150 muestras con 3 controles (Flor del bosque, maíz canoa, forestal) teniendo mayor presencia de arácnidos y anélidos. También hubo presencia de orugas e himenópteros En el 40% de las muestras no hubo presencia de mesofauna.

Se encontraron en total 1900 individuos de los cuales el 35.08 % son anélidos, 28.6 % arañas, 13.4% himenópteros, ácaros 9.8%, 9.9% orugas, 1.7% garrapatas y 0.5% Colémbolos y miriápodos. En la gráfica 20 se muestra las muestras más sobresalientes. En la gráfica 21 se observa que solo hubo presencia de individuos en flor del bosque, en las otras dos muestras control no hubo presencia de individuos.



Gráfica 20. Cantidad de individuos contados en muestras sobresalientes.

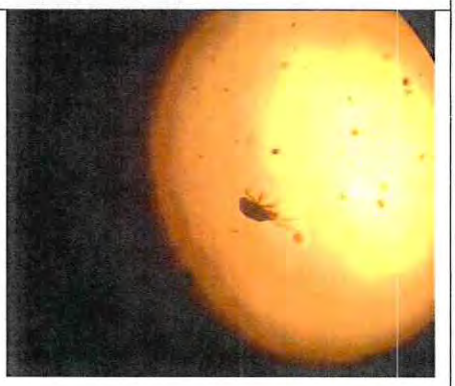
Gráfica 21. Individuos contados en la muestra control.

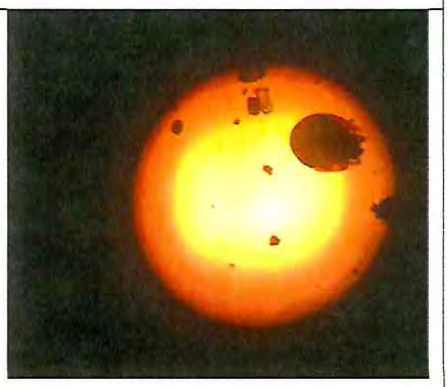
En la tabla III.20. se muestra el total de individuos que se obtuvieron de todas las muestras el promedio y la desviación estándar. En la tabla III.21 se ven imágenes de los individuos encontrados.

Tabla III.20. Total, de individuos contados de todas las muestras.

	# de individuos	promedio	Desviación estándar
Acaro	188.8	1.25	4.5
Araña	544.4	3.6	7.2
Himenoptero	255.5	1.7	4.5
anelido	666.6	4.44	8.4
oruga	188.8	1.25	4.3
colembolo	11.11	0.07	0.9
garrapata	33.3	0.22	2.02
miriapodos	11.1	0.07	0.9

Tabla III.21. Imágenes de los individuos encontrados.

	IMÁGENES
Acaro	
Araña	
Himenoptero	

anelido	
oruga	
colembolo	
garrapata	

miriapodos	

Conclusiones calidad biológica de suelos

De un total de 150 muestras de suelos analizadas se obtuvo una concentración de ufc de hongos en un rango de $1.5x10^{-3}$ – $4.6\ X10^{-4}$ ufc/g en suelo.

Para actinomicetos se encuentra en un rango de $2X10^{-2}$ – $8.8X10^{-7}$ ufc/g de suelo.

Bacilos termoduricos la concentración se encuentra en un rango de 2.0 X 10 – 4.5 $X10^{-9}$ ufc/g de suelo.

La presencia nematodos en de suelos fue en un rango de 100 a 5900 individuos por cada 100 g de suelo húmedo y para protozoarios se encontró en un rango de 100-120,000 individuos por cada 100 g suelo húmedo .

En orden de aparición de los microorganismos los actinomicetos se encuentran con menor frecuencia.

Los hongos que fueron identificados a nivel de género como hongos patógenos de suelos son *Alternaria* sp, *Fusariun* sp, *Pythium* sp.

Las muestras donde no se cuantifico microorganismos fue la muestra 71, 72 y 74. Para estas muestras es indispensable enriquecerlas con microorganismos benéficos para como los actinomicetos que han sido descritos como agentes de biocontrol por la capacidad de producir enzimas biodegradativas como quitinasas, glucanasas, peroxidasas y otras, involucradas en el papel del micoparasitismo que llevan a cabo estos microorganismos. El género *Streptomyces* ha sido descrito

como colonizador de la rizósfera, capaz de ejercer biocontrol sobre hongos fitopatógenos, producir sideróforos, sustancias promotoras del crecimiento vegetal in vitro, promover la nodulación y ayudar a los bacteriodes de *Rhizobium* a la asimilación del hierro en la fijación de nitrógeno en leguminosas, lo cual contribuye indirectamente a la promoción de crecimiento vegetal.

Los grupos de la mesofauna del suelo son muy sensibles a los cambios que ocurren en el medio edáfico por causas naturales o antrópicas, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad; por esta causa son considerados como certeros indicadores del estado ecológico del suelo. El 30% de las 150 muestras no presentaron individuos por lo que es preocupante que en algunas zonas de esta área no tenga presencia de mesofauna debido que no tienen biodegradadores que resultan favorables para el suelo. El análisis cualitativo de los grupos que integran esta categoría zoológica permitirá hacer una evaluación adecuada de la calidad del medio edáfico.

Estos balances permiten predecir y evaluar las transformaciones ocasionadas por el cambio climático y la aplicación de diferentes métodos de producción minera, agrícola y pecuaria, en condiciones edafoclimáticas específicas. Además, contribuyen a considerar integralmente el funcionamiento del ecosistema.

La mesofauna, con énfasis en ácaros y colémbolos, varió en abundancia y distribución entre épocas de muestreo. La mayor presencia de mesoinvertebrados se encontró de 25 cm de profundidad donde abundaron anélidos. La abundancia y presencia de algunos grupos específicos de ácaros, anélidos, arañas y colémbolos, marcaron diferencias con el manejo agroecológico a través del tiempo.

IV. FERTILIDAD BIOLÓGICA EN SUELOS DE LA TERCERA SECCIÓN DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC

INTRODUCCIÓN

El suelo es una mezcla que está formada por materia orgánica, materia inorgánica, gases y agua, y donde se desarrolla la vida vegetal, brindado un lugar donde el desarrollo de las plantas se lleve a cabo. el análisis del suelo es una herramienta muy importante para diagnosticar su estado nutrimental. La fertilidad del suelo es la capacidad que tiene el terreno para sustentar el crecimiento de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos. La efectividad biológica en los 150 suelos, los cuales fueron muestreadas en la tercera sección de Chapultepec el cual se sembraron las semillas de brócoli y maíz.

METODOLOGÍA

Llenado de charolas

Procedimiento de la prueba de germinación:

1. Lavar las charolas germinadoras de unicel.
2. Etiquetar las charolas de unicel con la numero del 1 a 150.
3. Humedecer ligeramente las muestras de suelos.
4. Agregar la muestra de suelo a la charola, llenado 10 pasillos por cada muestra.
5. Se agrega 1 semilla por cada pasillo, con una profundidad de 1 cm.

Materiales

El material necesario para la efectividad biológica del suelo.

- 1,560 semillas de Brócoli
- 1,560 semillas de Maíz
- 12 charolas germinadoras de unicel de 200 cavidades.
- 12 charolas germinadoras de unicel de 338 cavidades.
- Rociador
- Marcadores de tinta indeleble.
- Libreta de notas y bolígrafo.
- Vernier
- Embudos

RESULTADOS

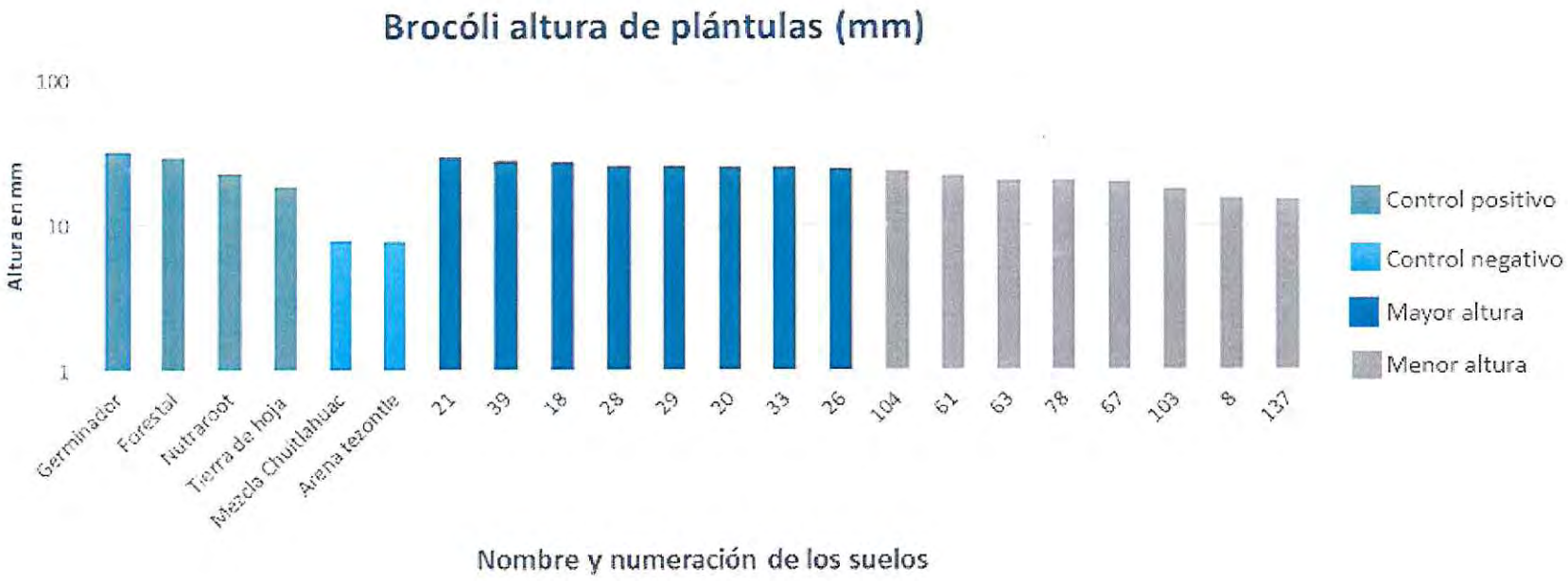
Para el análisis de los resultados de las muestras de suelos, se tomó en cuenta el 10 % de las 150 muestras evaluadas. Se analizaron los parámetros de altura y el porcentaje de germinación, se utilizaron semillas de brócoli y maíz, por ser plantas de germinación rápida y por representar dos grupos de plantas monocotiledoneas y dicotledoneas.

Se utilizaron controles positivos como: un sustrato germinador, Forestal, nutraroot y tierra de hoja, y controles negativos como: una mezcla de suelo de Cuitláhuac que fue años atrás un relleno sanitario y arena tezontle en una proporción 50:50.

El brócoli germinó una semana después de sembrado y el maíz dos semanas después.

Cabe mencionar que solo se midió la altura del brócoli, en el maíz no se tomaron datos de altura debido a que su crecimiento es más lento, y por tiempos no fue posible medirlo.

En la gráfica 22, se presenta el promedio de altura del 10% de plántulas de brócoli sembradas, comparadas con los controles positivos y negativos, donde observamos que la altura es similar a los controles positivos y está arriba de los controles positivos.



Gráfica 18. Altura de las plántulas en (mm) de brócoli.

En la gráfica 23 se presenta la germinación del brócoli del 10% del total. Donde observamos que existe una germinación del 100% hasta una del 10 %, comparado con los controles positivos y negativos.

Gráfica 23. Porcentaje de germinación de plántulas de brócoli.

Tabla IV.1. Altura, número de plantas y porcentaje de germinación de brócoli en el 10 %.

Brócoli altura y porcentaje de germinación de plántulas				
	Nombre o Número	**Altura**	**N° de plantas germinadas**	**Porcentaje de germinación**
Controles	Germinador	32.09	10	100
	Forestal	30.17	9	90
	Nutraroot	23.13	5	50
	Tierra de hoja	18.82	8	80
	Mezcla Cuitláhuac	7.94	3	30
	Arena tezontle	7.89	1	10
Mayor atura y % de germinación	21	30.00	10	100
	39	27.94	10	100
	18	27.50	10	100
	28	26.28	10	100
	29	26.03	10	100
	20	25.72	10	100
	33	25.56	10	100
	26	25.29	10	100
Menor altura y % de germinación	104	24.24	1	10
	61	22.36	1	10
	63	20.76	1	10
	78	20.66	1	10
	67	20.22	1	10
	103	18.05	1	10
	8	15.51	1	10
	137	15.24	1	10

En la gráfica 24 se presenta la germinación de maíz, del 10% del total de muestras analizadas, comparados con los controles positivos y negativos.

Gráfica 19. Porcentaje de germinación de maíz.

Tabla IV.2. Porcentaje de germinación de maíz.

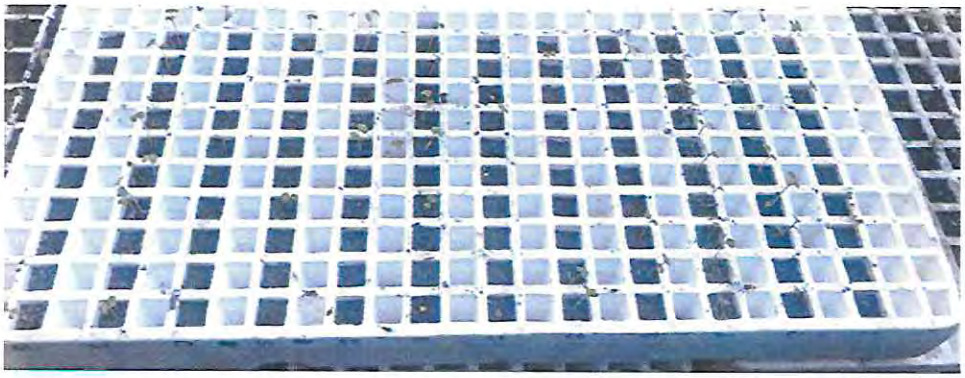
Maíz % germinación de plántulas			
	Nombre o Número	**N° de plantas germinadas**	**Porcentaje de germinación**
Controles	Germinador	7	87.5
	Forestal	8	100
	Nutraroot	7	87.5
	Tierra de hoja	5	62.5
	Mezcla Cuitláhuac	2	25
	Arena tezontle	2	25
Mayor atura y % de germinación	120	22	275
	3	8	100
	14	8	100
	47	8	100
	48	8	100
	89	8	100
	90	8	100
	4	7	87.5
Menor altura y % de germinación	100	1	12.5
	101	1	12.5
	103	1	12.5
	105	1	12.5
	109	1	12.5
	119	1	12.5
	40	0	0
	42	0	0

A

continuación, se ilustra la germinación del brócoli, en la fotografía 1, se utilizó un sustrato germinador como control positivo y se obtuvo el 100% de germinación y un control negativo arena-tezontle 50:50 con un 25% de germinación.

Fotografía 1. Germinación de brócoli en control positivo de sustrato germinador y control negativo de mezcla de (50:50) de arena-tezontle.

En la fotografía 2 se observa los suelos del 61 al 72 de Chapultepec donde se obtuvo un 40 % de germinación en comparación con el control positivo de sustrato germinador donde se obtuvo un 100 % de germinación.



Fotografía 2. Germinación de brócoli en las muestras de suelos del 61 al 72.

En la fotografía 3 se observa los suelos del 20 al 31 de Chapultepec donde se obtuvo un 60 % de germinación en comparación con el control positivo de sustrato germinador donde se obtuvo un 100 % de germinación

Fotografía 3. Germinación de brócoli en las muestras de suelos del 20 al 31.

A continuación, se ilustra la germinación de maíz, en la fotografía 4 se observa un control positivo de sustrato forestal donde se obtuvo un 100 % de germinación, y otro control negativo de mezcla de (50:50) de arena-tezontle donde el porcentaje fue de 25%.

Fotografía 4. Germinación de maíz en control positivo de sustrato germinador y un control negativo de arena-tezontle 50:50.

En la fotografía 5 se observa los suelos de Chapultepec donde se obtuvo un 45 % de germinación en comparación con el control positivo de sustrato germinador donde se obtuvo un 100 % de germinación.

Fotografía 5. Germinación de maíz en suelos e Chapultepec.

8.1. CONCLUSIÓN

Las muestras de Tercera Sección de Bosque de Chapultepec resultaron con efectividad biológica variable como sustratos de germinación bajo condiciones controladas.

Alrededor del 60% de las muestras permitieron germinación de brócoli y maíz al 100%. Un 30% de las muestras permitió un índice de germinación de 50 a 70%; el 10% de las muestras de suelo, dieron una germinación inferior al 50%.

En general, las plántulas germinadas en sustratos derivados de suelos de Chapultepec, tuvieron menor talla, y con evidente clorosis.

Alrededor del 40% de las muestras compuestas de suelos de Chapultepec, resultan con baja o nula fitotoxicidad, y constituyen suelos muy conducentes a germinación y efectividad biológica.

V. REFERENCIAS CONSULTADAS

- 2017., FAO. (2017). Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- Acosta, A. (Abril de 2015). determinación de azufre disponible en forma de sulfato en muestras de suelos por espectrofometría de uv-vis utilizando monofosfato de calcio como extractante". Nicaragua.
- Bereta, A. et al. (2014). Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. Ciencia e investigacion agraria, 263-271.
- Bonfante, A., Terribile, F., & Bouma, J. (2019). Refining physical aspects of soil quality and soil health when exploring the effects of soil degradation and climate change on biomass production: an Italian case study. SOIL EGU.
- Brady, N. C. (2008). The nature and properties of soils.
- Carrero, A. & et al. (2015). Comparación de dos métodos de extracción de fósforo disponible. avancesenquimica.
- Eyherabide, M. et al. (2014). COMPARISON OF METHODS FOR DETERMINING SOIL ORGANIC CARBON. Cienc Suelo.
- Oficial, D. (31 de diciembre de 2002). NOM-21-RECNAT-2000. México.
- ALCERRECA, C., J. CONSEJO, O. FLORES, D. GUTIERREZ, E. HENTSCHEL, M. HERZIG, R. PEREZ-GIL, J. M. REYERS & V. SANCHEZ-CORDERO. 1989. Fauna Silvestre y Áreas Naturales Protegidas. Universo Veintiuno. México, D.F. 193 pp.
- CASTRO-CAMPILLO, A. & S. T. ÁLVAREZ-CASTAÑEDA. 2006. La AMMAC y su
- Papel en las colecciones mastozoológicas. Cap. 1, pp.27-56 En: Colecciones Mastozoológicas de México (Lorenzo, C., E. Espinoza, M. Briones & F. Cervantes, eds.). Instituto de Biología, UNAM y Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México, 572 pp.
- CONABIO (comp.) 2020. Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México. Base de datos SNIB-CONABIO, México.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 6 marzo 2002. Norma Oficial Mexicana NOM 059-ECOL-2001. Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres. México.
- MARTÍNEZ-MAYER, E. & V. SANCHEZ-CORDERO. 2006. Uso de datos de las colecciones mastozoológicas. Pp. 177-187. En: Colecciones Mastozoológicas de México. (Lorenzo C, E. Espinoza, M. Briones & F. Cervantes, eds.). Instituto de Biología, UNAM y Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. 572 pp.
- Por referencia geográfica. HTTP, Por referencia taxonómica. Http
- RAMMAMORTHY, T. P., R. BYE, A. LOT & J. E. FA (eds.). 1993. Biodiversity of Mexico: Origins and Distribution. Oxford University Press. 812 pp.
- REAKA-KUDLA, M., D. E. WILSON & E. O. WILSON (eds). 1997. Biodiversity II. Undestanding and Protecting Our Biological Resources. Joseph Henry Press. Washington, D.C. E.U.A.

- TOLEDO, V., J. CARABIAS, C. TOLEDO & C. GONZALEZ-PACHECO. 1989. La Producción Rural en México: alternativas ecológicas. Ed. Universo Veintiuno. 402 pp.
- Castro Cañedo Marcela, 2004 "Conservación Y Recuperación De Barrancas Del Poniente De La Ciudad De México". Secretaría del Medio Ambiente y Protección Civil del Distrito Federal.
- INEGI. Conjunto Nacional de Información Edafológica. Serie II. INEGI. México. 2007.
- IUSS Working Group WRB. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO. Roma. 2016.
- López-Sandoval J., S. Koch., L., Vázquez-García, G. Munguía-Lino y E. Morales-Rosales. 2010. Estudio florístico de la parte central de la Barranca Nenetzingo, municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México. Polibotánica 30:9-33.
- SEDEMA http://data.sedema.cdmx.gob.mx/biodiversidadcdmx/flora.html
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski. 2004. Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Flora del Bajío y Regiones adyacentes. CONABIO-Instituto de Ecología-CONACyT. Xalapa. 315 pp.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México.2 ed. Instituto de Ecología y CONACyT. Pátzcuaro. 1406 pp.
- Arguedas, M. 2008. Problemas fitosanitarios del ciprés (Cupressus lusitanica Mill) en Costa Rica. Revista Forestal. 5(13):1-8.
- Benavides Meza H. y D. Fernández Grandizo. 2015. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del bosque de Chapultepec. Madera y Bosques 18(2):51-71.
- Cárdenas, V. 2014. Alternativas de control para el manejo de Cladocolea loniceroides (Van Tiegh) Kuijt y Struthanthus interruptus (Kunth) Blume presentes en la zona urbana del Distrito Federal, México. Tesis de Maestría en fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 145 pp.
- Cervantes Bautista, M., R. Ortiz Barrios y J. Reséndiz Martínez. 2019. Condición fitosanitaria del arbolado de la tercera sección del bosque de Chapultepec. Revista Mexicana de Agroecosistemas 6(1):122-135.
- Elliot, M. 2011. First report of Fusarium Wilt Caused by Fusarium oxysporum f. sp. palmarum on Canary Island Date Palm in Florida. Plant Disease Vol 95 (3)
- Galindo-Bianconi, A. y R. Victoria-Uribe. 2012. La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones para el Valle de Toluca. Quimera 1:98-108.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) Fichas tecnológicas sistema producto. Paquete tecnológico para el control integral del psílido de eucalipto (Glycaspis brimblecombei). Disponible en: < http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/12.%20Forestales/PAQUETE%20TECNOL%C3%93GICO%20PARA%20EL%20CONTROL%20INTEGRAL%20DEL%20PS%C3%8DLIDO%20DEL%20EUCALIPTO%20(Glycaspis%20brimblecombei).pdf >

- Kuchelmeister, G. 2000. Árboles y silvicultura en el milenio urbano. Unasylva. 200. 51:49-55.
- MEA (Millennium Ecossystem Assesment). 2005. Ecosystems and human well-being. Cap. 27.
- Mizerit, T. 2006. Situación y características del arbolado e las áreas verdes de las delegaciones Cuauhtémoc y Venustiano Carranza., Distrito Fedeeral. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. 76 p.
- Nail. S. 2006. Bosques Urbanos en América Latina: usos, funciones y representaciones. Universidad Externado de Colombia. Colombia 345 p.
- Nowak, D. y J. Dwyer. 2007. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. En: Kuser (ed). Urban and Community Forestry in the Northeast. 2 ed. Springer. Estados Unidos. 25-46 p.
- Nowak, D., M., Noble, S. Sisinni y J.Dwyer. 2001. People and trees. Assesinng the urban forest resource. Journal of Forestry. 99:37-42.
- Parsons, S. E. y S. D. Frank. 2019. Urban tree pests and natural enemies respond to habitat at different spatial scales. Journal of Urban Ecology. 5(1): 1-15.
- Plascencia-González, A., D. Cibrián-Tovar, C. Llanderal-Cázares, I. López-Pérez y V. Arriola-Padilla. Biología del parasitoide Psyllaephagus bliteus (Hymenoptera: Encyrtidae). Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. 11(1):11-17.
- Raupp, M. J., P. M. Shrewsbury y D. A. Herms. 2010. Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. Annual Reviews. 55: 19-38.
- Reséndiz-Martínez, J. L. Guzmán Díaz, A. Muñoz Viveros, C. de Pascual Pola y L. Olvera-Coronel. 2015. Enfermedades foliares del arbolado en el Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc, Azcapotzalco, Distrito Federal. Revista Mexicana de ciencias forestales. 6(30): 106-123.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. El muérdago en el arbolado urbano. Foro temático de Sanidad Forestal D. F. disponible en:<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/18/19027_Mu%C3%A9rdago%20en%20arbolado%20urbano.pdf>
- Uribe-Salas, M. V. Rocha-Ramírez, R. Gregorio-Cipriano, S. Fernández y D. Alvarado-Rosales. 2018. Declinamiento y muerte de los encinos (Quercus spp.) en México. Estado actual de conocimiento. Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. 13(1):50-59.
- Welch, J. 1994. Street and park trees of Boston: a comparison or urban forest structure. Landscape and Urban Planning. 29:131-143.
- Arriola-Morales, J., Batlle-Sales, J., Mendoza Hernández, J C., 2012. Estado de saludactual del suelo en la ladera norte del Cerro Gordo del Parque Estatal Flor del Bosque, Amozoc, Puebla, México. Tecnología, Ciencia, Educación, vol. 27, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 17-23.
- Bachelier, G. (1978) "La faune des sols, son écologie et son action", Initiations et Documents Techniques, no 38, ORSTOM, Paris.
- Begon, M.; Townsend, C. and Harper, J. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Fourth edition. Oxford. Blackwell publishing. 738 p.

- Bonilla N, Cazorla F, Martínez M, Hermoso J, González J, Gaju N, Landa B & Vicente A. 2012. Organic amendments and land management affect bacterial community composition, diversity and biomass in avocado crop soils. Plant soil, 357:215-226.
- Buckley D & Schmidt T. 2003.Diversity and dynamics of microbial communities in soils from agro-ecosystems. Environment microbiology, 5:441-452.
- Dindal, D. L. (1990) Soil Biology Guide, John Wiley & Sons, New York.
- Eisenbeis, G. 2006. Biology of soil invertebrates. In: KÖNIG, H. AND VARMA, A. (Editors.) Soil Biology vol. 6: Intestinal microorganism of soil invertebrates. Berlin. Springer-Verlag. pp. 3 - 53.
- Espinoza-García, A. C. Mazari-Hiriart M., 2006. Atlas de cultura del agua en América Latina y el Caribe. Pueblos indígenas de México y agua: Xochimilcas México. Instituto de Ecología de la UNAM, 1-30.
- Frioni, L. 2011. Microbiología: básica, ambiental y agrícola. 1a ed. 768 p. ISBN 978-987-9260-85- 2. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.
- García-Álvarez, A. & Bello, A. 2004. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost. León, España. p. 211.
- Girvan M, Bullimore J, Ball A, Pretty J & Osborn A. 2004. Responses of active bacterial and fungal communities in soils under winter wheat to different fertilizer and pesticide regimens. Applicate Enviroment Microbiology, 70:2692-2701.
- Gliessman, S. R. 2000. Agroecology: Ecological process in sustainable agriculture. First Edition. Chelsea. Ann Arbor Press. pp. 22 - 68.
- Greenslade, P., Deharveng, L., Bedos, A. y Suhardjono, Y. R. (2008) Handbook to Collembola of Indonesia, Fauna Malesiana, Brill, Leiden (in press).
- Kucey, R., Janzen, H. y Leggett, M. (1989). Microbially mediated increases in plant-available phosphorus. Adv. Agron.42:199-228.
- Lavelle, P.; Spain, A.; Blanchart, E.; Martin, A.; Martin, S. and Schaesfer, R. 1992. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Myths and Science of Soil of the Tropics. Washington. Soil Science Society of America, Special publication 29: 157 - 185.
- Lindo, Z. y Visser, S. 2003. Microbial biomass, nitrogen and phosphorus mineralization and mesofauna in boreal conifer and deciduous forest floors following partial and clearcut harvesting. Canadian Journal of Forest Research 33: 1610 - 1620.
- Márquez M., M. Martínez, & M. Franco. 2003. Aislamiento de Trichoderma sp. y actinomycetes a partir de suelos de clavel (Dianthus caryophyllus) y evaluación de su capacidad antagónica in vitro sobre Fusarium oxysporum f. sp. dianthi. Revista Agronomía Colombiana. XIX (1-2): 81-88
- Meliani A, Bensoltane A, Mederbel K. Microbial diversity and abundance in soil: related to plant and soil type. Am J Plant Nutr Fert Technol. 2012; 2: 10-18.
- Narchi, N. E. 2013. Deterioro Ambiental en Xochimilco: Lecciones para el cambio climático global. Veredas, Revista Del Pensamiento Sociológico, 27(November), 177–197.

- Peredo, S., C. Barrera, E. Parada and Ramos B, Garcia C., Andrade E., Solis C., Murilo G., Rocha M.F. 2002. Multielemental analysis by pixe of chinampa soil in Mexico City. International Journal of PIXE, 12:237-243.
- Richter B, Ivors K, Shi W & Benson DM. 2011. Cellulase activity as a mechanism for suppression of Phytophthora root rot in mulches. Phytopathology, 101:223-230.
- Rubio, G. (2002). Conectando el fósforo del suelo con la planta. Informaciones agronómicas del cono sur.16: 19:23.
- Saavedra-Romero.L., Alvaro-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T., Hernández- de la Rosa. 2002. Propiedades físicas y quiicas del suelo urbano del Bosoque de San Juan de Argón Ciudad de Mexico. Tierra Latinoamericana. (38)3:529-540.
- Sieghardt, M., E. Mursch-Radlgruber, E., Paoletti, E., Couenberg, A., Dimitrakopoulus, F. Rego, A., Hatzistathis,. Barfoed T. 2005. The abiotic urban environment: Impact of urban growing conditions on urban vegetation. pp. 281-323. In: C. C. K. Konijnendijk, K. Nilsson, T. Randrup, and J. Schipperijn (eds.). Urban forest and trees. Springer. Berlin, Heidelberg.
- Terrones, M. E. 2004. A la orilla del agua. política, urbanización y medio ambiente. Historia de Xochimilco en el siglo XX. Ciudad de México: Gobierno del Distrito Federal, Delegación Xochimilco.
- Tokala K., C. Strap, D. Jung, et al. 2002. Novel plant-microbe rhizosphere interaction involving Streptomyces lydicus WYEC108 and the pea plant (Pisum sativum). Applied and Environmental Microbiology. 68:2161–2171
- WRB. 2007. Base Referencia Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. No. 103.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

Propuesta de Métodos y Sistemas de cuantificación de la mejora de Servicios Ecosistémicos.

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Pue

INTRODUCCIÓN

Los servicios ecosistémicos están ampliamente definidos como aquellos beneficios que pueden obtener los humanos de la naturaleza, de manera directa o indirecta, pueden incluir productos, funciones y contribuciones al bienestar humano; y que surgen de interacciones de procesos bióticos y abióticos (Boerema *et al.* 2016; Newton *et al.,* 2018).

Métodos de cuantificación y unidades de medida correctamente definidas, permiten la integración, comparación y evaluación del estado de un ecosistema, sus contribuciones y servicios, sirviendo como base para mejorar las políticas ambientales.

La cuantificación de los servicios es un paso fundamental para la gestión y la toma de decisiones en proyectos relacionados con el medio ambiente. Sin embargo, la amplitud del término, la falta de acceso a herramientas de cuantificación, la poca o nula de exigencia normativa para su cuantificación y el poco rigor científico de algunos métodos, los han convertido, de acuerdo con (Newton *et al.,* 2018) en un concepto muy general, ambiguo y poco definido.

La incorporación de métodos cuantitativos, con mediciones de campo, puede ayudar a responder cuestionamientos sobre un espacio, tales como: ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos que brinda?, ¿En qué cantidad?, ¿Podría incrementarse la cantidad de servicios ecosistémicos brindados?, ¿Qué factores tienen la mayor influencia sobre la cantidad y calidad de servicios ecosistémicos existentes? La respuesta a estas preguntas contribuirá a generar bases técnicas para la toma de decisiones y la implementación de las políticas ambientales que en mayor medida beneficien a la sociedad. Y el establecimiento de métodos de cuantificación constantes, permitirán evaluar de manera precisa el efecto de las acciones ejecutadas y las políticas ambientales aplicadas.

CLASIFICACIÓN

De acuerdo con diversos autores (Boerema *et al.*, 2016; Casanovas y Di Rienzo, 2011), los servicios ecosistémicos pueden clasificarse en 3 categorías principales: provisión de bienes, regulación y culturales.

a) *De aprovisionamiento*: bienes producidos o proporcionados por los ecosistemas que pueden ser aprovechados directamente por los seres humanos, como son alimentos, combustibles, madera, fibra, recursos genéticos, o medicinas naturales.
b) *De regulación:* servicios derivados de la regulación de los procesos ecosistémicos como la calidad del aire, regulación del clima, regulación hídrica, control de erosión, mitigación de riesgos relacionados con incendios, inundaciones, tormentas, etc.; regulación de las enfermedades, control biológico y polinización de plantas útiles, eliminación de necromasa y desechos; provisión de hábitat para animales de importancia económica o simbólica. Algunos autores incluyen aquí a la capacidad de los sistemas de absorber perturbaciones (resistencia) o de recuperar su capacidad funcional luego de sufrirlas (resiliencia).
c) *Culturales:* beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida, tales como los valores estéticos, educaciones, religiosos y espirituales, las oportunidades de generar conocimiento (tradicional y formal), inspiración, sentido de pertenencia, recreación y turismo asociado a la naturaleza (Casanovas y Di Rienzo, 2011)

En la tabla 1 se enuncian algunos de ellos.

Tabla 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos. **Fuente:** Elaboración propia con información de Boerema *et al.* 2016.

Tipo de servicio	Ejemplos
Provisión	
Producción de alimento	Producción de frutos, bellotas, alimentos vegetales y animales
Provisión de agua	Agua potable o para irrigación

Producción de materiales y fibras	Materias primas, fibras, madera
Energía	Combustibles, biomasa
Recursos genéticos	Conservación de biodiversidad
Regulación	
Purificación de agua	Mejora de la calidad de agua
Regulación de ciclos de agua	Captación de agua de lluvia, infiltración, prevención de inundaciones, retención de agua
Regulación de la calidad del aire	Disminución de contaminantes en el aire, partículas suspendidas, captación de carbono
Regulación de la calidad de suelo	Procesos de formación de suelo, incremento de la fertilidad, mejora de procesos microbianos
Retención de suelo	Control de erosión, conservación, sedimentación
Polinización	Producción de flora nectarífera, atracción y fomento de insectos polinizadores.
Control biológico	Control de pestes, disminución de la propagación de enfermedades, mejora de la salud.
Cultural	
Recreación y turismo	Entretenimiento, ecoturismo, disfrute de naturaleza.
Científico y educacional	Servicios de educación ambiental, disfrute de naturaleza, descubrimiento
Herencia y cultura	Apreciación de naturaleza, inspiración

CUANTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS COMO HERRAMIENTA PARA EL BOSQUE DE CHAPULTEPEC

La cuantificación de servicios ecosistémicos reales, debe ser una herramienta a considerar dentro de las estrategias que permitan generar bases técnicas para la toma de decisiones en materia de rehabilitación y restauración del Bosque de Chapultepec en todas sus secciones.

Por la naturaleza no enfocada a explotación agrícola o forestal del bosque de Chapultepec, los servicios ecosistémicos que mayor relevancia tiene cuantificar en el bosque, son aquellos que caen en la clasificación de regulación y culturales.

A continuación, de manera general, se describen alternativas viables para la cuantificación de algunos servicios ecosistémicos, que permitirán cuantificar, de manera comparativa, un antes y un después los efectos de ejercicios de restauración para encaminar estrategias futuras.

Tabla 2. Servicios ecosistémicos, indicadores y métodos de medición. **Fuente:** elaboración propia con información de Layke et al 2012; Boerema et al 2016, INECC s/f; Boyde et al 2007, Busch et al 2012.

Servicio	Indicador	Métodos de determinación
Regulación de la calidad de suelo	Calidad biológica de suelos	Cuenta de Bacterias totales
		Cuenta total de Bacilos esporulados
		Cuenta total de Mesofauna
		Cuenta total de Nemátodos
		Cuenta total de Hongos
		Cuenta total de Actinomicetos
	Calidad fisicoquímica de suelo	Conductividad eléctrica
		Determinación de contenido y capacidad de retención de humedad por gravimetría
		Densidad
		Capacidad de campo
		pH de solución de suelo

		Alcalinidad titulable
		Materia y carbono orgánico
		Minerales totales
		Contenido de nitrógeno
		Contenido de fósforo
		Carbonatos totales
Mejora de la calidad de aire Calidad de aire	Partículas suspendidas	Muestreador de alto volumen y determinación gravimétrica.
	Captura de carbono	Tasa fotosintética, Fluorescencia de clorofila
	Niveles de contaminantes en el aire como Bióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono, plomo.	Colorimetría, absorción infrarroja, quemiluminiscencia, espectrofotometría de absorción atómica.
Regulación del clima	Captura, acumulación y reservorio de carbono	Tasa de crecimiento de la planta, longevidad, altura
	Tasa fotosintética	Tasa fotosintética, conductancia estomática, área foliar. Fluorescencia de clorofila
	Consumo de CO2 y evolución de Oxígeno	Concentración interna de CO2, tasa fotosintética
	Disminución de temperaturas anuales	Monitoreo climatológico en sitio (temperatura, humedad)

	Evapotranspiración	Forma y tasa de crecimiento, área foliar específica (SLA) o masa foliar por área (LMA)
Regulación de agua	Infiltración de agua al subsuelo	Tasa de descomposición potencial de hojas y tallos, y arquitectura y profundidad de raíces. Infiltrometría
	Almacenamiento de agua en el subsuelo	Forma y profundidad de la raíz, porosidad del suelo, tipo de suelo
Regulación de erosión	Frecuencia de deslaves	Frecuencia de deslaves
	Área con suelo expuesto	Área con suelo expuesto
Control de enfermedades	Presencia de vectores de transmisión	Abundancia relativa de vectores de transmisión
	Susceptibilidad de un área	Porcentaje de individuos suceptibles a una enfermedad sobre la población total del área

La aplicación de este tipo de metodología permitirá generar información puntual de los servicios ecosistémicos que brinda el Bosque de Chapultepec. Además, se puede generar información para la toma de decisiones, ya que se pueden detectar ventanas de oportunidad para mejorar la funcionalidad del Bosque, así como para el establecimiento de especies, con miras a mejorar los servicios brindados a la ciudad.

Bibliografía

Newton A., Brito A., Icely J., Derolez V., Clara I., Angus S. (2018). "Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons". Journal for Nature Conservation, Volume 44, 2018.

Boyde J., Banzhaf S. (2007). "What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecologícal Economics. Volume 63.

Boerema A., Rebelo A., Bodi M., Esler K., Meire P. (2016). "Are ecosystem services adequiately quiantified?". Journal for Applied Ecology, Volume 54, Issue 2.

Casanovas, Pla y Di Rienzo, 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional

y su relación con los servicios ecosistémicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE Turrialba, Costa Rica

Layke C., Mapendembe A., Brown C., Walpole M., Winn J. (2012). "Indicators from the global and sub-global Millennium Ecosystem Assessments: An analysis and next steps". Ecological Indicators, Volume 17, 2012.

INECC (Sin fecha). "Manual 1 Principios de Medición de la Calidad del Aire". Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC disponible en: 1-Principios de Medición de la Calidad del Aire.pdf (inecc.gob.mx)

Busch M., La Notte A., Laporte V., Erhard M. (2012). "Potentials of quantitive and quialitative approaches to assessing ecosystem services. Ecological Indicators, Volume 21.

bioagrovía biotecnología para la producción sustentable

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES

http://bioagrovia.com.mx - enlacebioagrovia@gmail.com – 01 (222) 234-65-24
18 oriente 3007 Col. Humboldt, C.P. 72370, Puebla, Púe.

INTRODUCCIÓN.

Los estudios de factibilidad se pueden definir como una serie de análisis que permiten conocer las características de un sitio en particular, con la intención de caracterizarlo previo a una intervención. Con esta base, se pueden generar propuestas sustentadas y enfocadas a las características puntuales del sitio, lo que permite generar propuestas y plantear estrategias con un enfoque sustentable y además aumenta de forma considerable la posibilidad de éxito. En este sentido, a continuación se presentan una serie de recomendaciones basadas en los resultados de los estudios desarrollados en el Bosque de Chapultepec.

Recomendaciones en materia de suelos

El suelo juega un rol primordial en la salud de un ecosistema forestal, el cual, a su vez, tiene una contribución muy importante en cuanto a cambio climático, servicios ecosistémicos, y emisiones de carbono. Por ejemplo, se estima que aproximadamente la tercera parte de todo el carbono almacenado en sistemas terrestres, están capturados en bosques, dentro de 5 componentes principales: Biomasa por arriba del suelo, biomasa por debajo del suelo, madera muerta, hojarasca forestal, y el carbono orgánico del suelo. Dentro de estos, el carbono almacenado en el suelo representa más del 56% del total contenido en los bosques (EPA, 2018).

Para la conservación y la mejora de un suelo se requieren esquemas de manejo sustentables, enfocados a controlar procesos de degradación, pérdida de nutrientes, disminución de su calidad biológica y erosión. El establecimiento de vegetación con buenas practicas de manejo contribuye a estabilizar laderas, procurar sombra, conservar humedad y mejorar la calidad de suelo (FAO, 2015).

La calidad de suelo encontrada en el bosque de Chapultepec, varía de manera importante de acuerdo a la sección y cuadrante específico estudiado. El estudio de las condiciones generales del suelo, en sitios donde se plantea desarrollar proyectos de fomento de vegetación, es un paso prioritario para la generación de bases

técnicas que permitan la toma de decisiones. Estudios recomendados que pueden ayudar a generar un diagnóstico técnico enfocado a conservación incluyen:

- Calidad fisicoquímica de suelo
- Calidad biológica de suelo
- Estudio de indicadores de servicios ecosistémicos como: áreas con suelo sin cobertura vegetal (suelo expuesto), frecuencia de deslaves, tasa de descomposición potencial de hojas y tallos, infiltrometría.

Los estudios de factibilidad de restauración, en materia de calidad de suelo, permitirán generar un primer acercamiento a las condiciones generales del sitio, sus limitantes, necesidades y oportunidades de mejora. La generación de esta información deberá ser aprovechada para la selección de especies adecuadas al sitio, que aportarán beneficios al suelo que pueden incluir: fijación de nitrógeno, adición de materia orgánica en forma de hojarasca, desarrollo de raíces que permitan controlar erosión, e incrementar la infiltración y la conservación de agua.

Una metodología general para el estudio de suelos de un área destinada para mejora de forestación, se describe a continuación:

1. Revisión documental de estudios previos e información disponible para el área de intervención. Puede incluir: historial de intervenciones y sus resultados, cartas edafológicas, condiciones fisiográficas generales del área, y toda la información disponible a manera de antecedentes.
2. Zonificación del área de intervención basado en recorridos prospectivos que permitan identificar diferencias visuales, en cuando a vegetación, cobertura forestal, geografía y uniformidad aparente del suelo.
3. Ejecución de un muestreo sistemático. Se pueden usar como guía la NOM-021-SEMARNAT-2000 o las Guías para muestreo de suelo del USDA.
4. Ejecución de análisis de calidad fisicoquímica y calidad biológica de suelos, tales como los descritos en el apartado XXX del presente documento.
5. Interpretación de resultados basados en literatura técnica disponible para el mejoramiento de ecosistemas forestales y la selección de especies basados en el tipo de suelo existente.

6. Ejecución de evaluaciones relacionadas con los servicios ecosistémicos del área, para la identificación de necesidades, limitantes y oportunidades de mejora.
7. Diseño de políticas y proyectos de restauración tomando como base los estudios aquí mencionados.
8. Generación de esquemas que permitan el monitoreo constante de la evolución de la intervención y su efecto relacionado con indicadores de servicios ecosistémicos.

Recomendaciones para el manejo fitosanitario

De acuerdo con los resultados, hay una escasa diversidad florística (51 especies), este patrón de poca diversidad ya ha sido reportado en otras áreas verdes de la Ciudad de México como el parque Tezozómoc y peor aún la estructura está dominada por unas cuantas especies: *Ligustrum lucidum*, *Cotoneaster pannosus, Fraxinus uhdei* y *Eucalyptus camaldulensis* lo que la hace susceptible del ataque de plagas. Sin embargo, es importante destacar que conforme se haga una revisión exhaustiva de la bibliografía o un muestreo más intensivo y dirigido a conocer la florística completa del bosque -incluidas las herbáceas- este número de especies incrementará considerablemente.

Respecto a la duración de las hojas se registró que 16 son especies caducifolias por lo que es importante tomar en cuenta la temporalidad en que se muestrea pues muchos individuos ya habían tirado sus hojas y estaban empezando a sacar nuevas hojas. Por otro lado, se registraron 18 especies exóticas que como ya es sabido, pueden convertirse en invasoras y finalmente en plagas lo que redunda en una pérdida de la biodiversidad pues estas especies desplazan a las nativas, compiten con ellas y pueden modificar su hábitat.

Derivado de lo anterior se recomienda:

- Promover una mayor diversidad de especies arbustivas y arbóreas esto con la finalidad de que una plaga o enfermedad que sea específica como el caso

de *Glycaspis brimblecombei* que afecta a los *Eucalyptus camaldulesis* no afecte de manera tan severa a los individuos de una población, es decir, al haber mayor diversidad florística, la plaga tendrá menos hospederos y por lo tanto su población irá en detrimento.

- En la medida de lo posible, que estas nuevas especies introducidas sean nativas

En cuanto a las especies que mostraron un grado de enfermedad se observó que *Eucalyptus camaldulensis* es la especie más abundante y con mayor grado de infestación por *Glycaspis brimblecomenbei* (y también se tiene registro de muerte descendente). El ataque de este psílido hace vulnerables al ataque de otros patógenos que fueron visibles en las manchas de las hojas, estos otros patógenos como *Kirramyces epicicloides*. El ataque del psílido a los eucaliptos del Valle de México se reportó en el 2001 y ha tenido gran repercusión económicamente (Plascencia-González et al, 2005). Desde entonces la estrategia que se ha seguido y se recomienda para su implementación en este proyecto es:

- El control biológico con el uso del parasitoide *Psyllaephagus biliteus* debido a que ya ha sido ampliamente utilizado en México y ha mostrado un rápido establecimiento y gran dispersión de las poblaciones liberadas. De acuerdo con el INIFAP la liberación del parasitoide tiene efecto por varios años pues estos liberan solo en ciertas zonas y posteriormente se autoreproducen y autodispersan con lo que se espera una mejora sustancial en la sanidad de la población de eucaliptos.

Otra de las especies importantes por su abundancia fue el fresno (*Fraxinus uhdei*) cuya principal afectación es la que le ocasiona el muérdago *Cladocolea loniceroides*. El ataque de una planta parásita afecta a los hospederos al competir por agua y nutrientes e impiden el buen funcionamiento de los hospederos e incluso, cuando la planta parásita llega a ser abundante puede provocarla muerte de su hospedero. En el caso de los fresnos registrados en el bosque se observó que algunos están debilitados al grado de presentar hongos en su follaje. Es importante destacar que la incidencia de muérdago se registró casi de manera exclusiva en los

fresnos que estaban adyacentes a las calles, es decir, en las zonas abiertas y con escasa cobertura vegetal.

En el caso de este muérdago se han desarrollado estudios para establecer su control biológico identificando y utilizando los hongos que crecen en su follaje como *Pestaloia sp.*, *Phoma sp.* y *Fusarium sp*, así como insectos que pueden ser considerados como depredadores: la avispa agalladora *Eurytoma sp.* es un enemigo natural de *Cladocolea loniceroides.* En estos estudios se concluye que estos mecanismos de control tuvieron un efecto en la reducción sobre el crecimiento del muérdago en *especial F. foae, F. lateritium, F. solani* y *P. longicola* (Cárdenas 2014; SEMARNAT, 2007). En este proyecto se recomienda:

- Podas de saneamiento periódicas principalmente en las calles y zonas muy abiertas del bosque donde se detectó la mayor incidencia de muérdago.
- Tomar con reserva los estudios antes mencionados pues especies de hongos de los mismos géneros que afectan al muérdago también afectan a otras dicotiledóneas.

El resto de las especies de hospederos registrados mostraron manchas en el follaje que indican afectación por diversas especies de hongos por lo que en medida de lo posible y accesible de la zona se recomienda:

- Poda de ramas afectadas por los hongos
- Aplicación de fungicidas antes de la época de lluvias y repetirlo quincenal o mensualmente.

Finalmente, y a manera de conclusiones se señala que, para reducir el efecto de las plagas en el arbolado urbano, no solo es necesario considerar la densidad de árboles y de especies de plantas en el sitio, si no también, aumentar la complejidad estructural (aumentar el número de estratos vegetales con especies rasantes, arbustivas, de estrato medio y alto). Los hábitats con una mayor complejidad vegetal aumentan la abundancia y diversidad de enemigos de las plagas que afectan al arbolado urbano, así como otras fuentes recursos alimenticios (Parsons y Frank, 2019; Raupp et al., 2010). En el bosque de Chapultepec la dominancia de pocas especies arbóreas, la baja riqueza de especies y la ausencia de más de dos estratos

vegetales en gran parte del área no favorecen la complejidad vegetal por lo que deberá ser prioritario: (i) aumentar el número de especies de árboles y arbustos, (ii) favorecer condiciones para el establecimiento de especies herbáceas nativas y (iii) transplantar árboles nativos de porte medio que acompañen a las especies arbóreas ya establecidas.

Además de las recomendaciones planteadas, se pueden establecer ensayos a a manera de parcelas demostrativas, en donde se utilicen productos químicos orgánicos aprobados por las autoridades correspondientes, que permitan evaluar su eficacia y, a partir de ello, poder generar estrategias para ampliar su aplicación sistemática.

Consideraciones y recomendaciones en materia de abundancia y diversidad florística.

Consideraciones y Recomendaciones

El Bosque de Chapultepec actualmente está dividido en tres secciones y cuenta con una superficie de 686.05 ha lo que lo hace el parque urbano más grande de América Latina (SEDEMA, 2011).

La primera sección del Bosque de Chapultepec cuenta con una superficie total de 278. 08 ha de las cuales 182 ha son consideradas área verde (SEDEMA, 2011). De acuerdo con López-López et. al (2018) durante los inventarios del arbolado de la primera sección del Bosque de Chapultepec realizados entre 2008 y 2014 por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se estima que el arbolado de dicha sección está conformado por 55,000 ejemplares pertenecientes a 110 especies arbóreas de las cuales *Ligustrum lucidum, Fraxinus uhdei* y *Cupressus lusitanica* son las más abundantes, este patrón se repitió en el estudio realizado por López-López en el 2018 en donde en 49.73 ha de la primera sección se registraron 14,223 individuos de los cuáles las especies mejor representadas fueron *Fraxinus uhdei* (3,675 individuos), *Ligustrum lucidum* (3,735) y *Cupressus lusitanica* (2,384 individuos) el resto de las especies (99) estuvo representad por

menos de mil individuos y se registraron 229 árboles muertos en pie. Finalmente, de acuerdo con los datos propios este patrón se repitió y en 5000 m^2 se registraron 111 individuos de los cuales las especies mejor representadas fueron *Ligustrum lucidum* (44 individuos), seguido de *Fraxinus uhdei* (29 individuos) y *Cupressus lusitanica* con 10 individuos y el resto de las especies (17) estuvieron representadas por menos de 10 individuos. Con esta información se estima que la densidad de árboles de aproximadamente 302/ha.

La segunda sección tiene una vocación recreativa y cuenta con una superficie de 168.03 ha y cuenta con un estimado de 38,825 individuos de tipo leñoso y lo más abundantes pertenecen a las especies *Eucalyptus camaldulensis*, *Ligustrum lucidum* y *Cupressus lusitanica* de acuerdo con el inventario realizado durante el 2009 por el INIFAP (Benavides-Meza y Fernández-Grandizo, 2012). En el estudio realizado por Benavides-Meza y Fernández-Grandizo, 2012 se determinó una densidad promedio de árboles de 295/ha en 111 sitios de muestreo de 500 m2 pertenecientes a 41 especies. De acuerdo con los datos propios. Finalmente, de acuerdo con los datos propios este patrón se repitió y en 5000 m^2 se registraron 158 individuos de los cuales las especies mejor representadas fueron *Fraxinus uhdei* (50 individuos), *Ligustrum lucidum* (24 individuos), *Casuarina equisetifolia* y *Pinus halapensis* con 13 individuos cada una y el resto de las especies (17) estuvieron representadas por menos de 10 individuos.

La tercera sección tiene una vocación ambiental y cuenta con 243.90 ha de las cuáles 137.71 corresponden a barrancas. Es la zona menos estudiada del bosque y se estima que cuenta con 85,550 árboles en donde predominan los individuos de *Eucalyptus camaldulensis* y *Pinus* spp (SEDEMA, 2011). Finalmente, de acuerdo con los datos propios este patrón se repitió y en 9500 m^2 se registraron 837 individuos de los cuales las especies mejor representadas fueron las especies que presentaron un mayor número de individuos fueron *Cotoneaster pannosus* con 239 individuos y *Eucalyptus camaldulensis* con 235 individuos. El resto de las especies estuvieron representadas por menos de 50 individuos. Con esta información se estima que la densidad de árboles de aproximadamente 351/ha.

Si bien la densidad del arbolado por hectárea es muy variable y depende de muchos factores como las condiciones ambientales, la especie dominante, la intervención humana al realizar acciones de manejo o actividades que provoquen perturbación entre otras, en el caso de las densidades observadas para las tres secciones del Bosque se podría decir que es baja comparada con otras zonas forestales en condiciones ambientales similares a las de la Ciudad de México en donde se han registrado valores de hasta 1174/ha o de 510-1340/ha en bosques mesófilos con algún grado de perturbación en Xalapa, Veracruz (Benavides-Meza y Fernández-Grandizo, 2012). En el caso del Bosque de Chapultepec esta baja densidad puede estar relacionada con la vocación del bosque que no está destinado a aprovechamiento forestal, sino que es un sitio de recreación y esparcimiento para los casi 15 millones de visitantes que recibe al año y esta característica es más evidente en la primera y segunda sección en la que el estrato arbustivo está escasamente representado y el sotobosque es más bien un campo abierto para el disfrute de los visitantes. Además, las condiciones del bosque como la baja calidad del suelo, el suministro de agua, vandalismo y la inseguridad hacen que la densidad de los árboles sea menor.

Aunado a esta baja densidad arbórea es muy importante destacar que, aunque se tenga un listado florístico de más de 100 especies arbóreas para el bosque en las tres secciones solo tres o cuatro especies dominan la comunidad arbórea lo que lo hace en este sentido pobre florísticamente y susceptible del ataque de plagas y enfermedades. Además, dos de ellas (*Eucalyptus camaldulensis* y *Ligustrum lucidum*) son especies exóticas, lo que evidencia la necesidad de la introducción o el incremento de individuos de especies nativas ya que estas se establecen un microclima favorable no solo para mejorar las condiciones de suelo, el humus, contenido de nutrimentos, temperatura, etc., incrementando su fertilidad, sino que favorece la colonización y dispersión de semillas de vegetación arbórea por otros agentes en un mayor porcentaje y ayuda a conservar la diversidad de plantas y animales locales (Beita, 2003; Vázquez-Yanes et al., 1999). De este modo, se recomienda el incremento de individuos de especies nativas tomando en

consideración a las leguminosas y especies caducifolias que ayuden a mejorar la calidad del suelo.

En este sentido, un incremento de la densidad de árboles por hectárea se traduce en diversos beneficios -o servicios ecosistémicos- tanto para el hombre como para las comunidades vegetales y animales. Un claro ejemplo de ello es la captura de carbono pues actualmente muchas regiones del mundo el aumento de la densidad forestal aumentó significativamente el almacenamiento de carbono a pesar de la poca o nula expansión de la superficie forestal (Rockefeller University, 2011).

Además, un incremento en la densidad de la vegetación leñosa por ejemplo en la tercera sección del Bosque de Chapultepec cuyo terreno es más accidentado y con pendientes pronunciadas ayudará a proteger al suelo de la erosión hídrica y eólica y en cualquiera de los casos otro servicio ecosistémico que se vería beneficiado es la infiltración del agua de lluvia y con ello un balance en el ciclo hidrológico de la zona (Layke, 2012; Vázquez-Yanes et al., 1999).Otros de los servicios ecosistémicos que se verían incrementados con una mayor densidad arbórea son el mejoramiento de la calidad del aire a través del aporte de oxígeno, la dilución de los contaminantes y la retención de los mismos (Chacalo-Hilú y Nava Esparza, 2009) todos estos beneficios a su vez repercuten en la mejora de la salud y calidad de vida de los habitantes de la zona.

La baja densidad arbórea del Bosque de Chapultepec ha provocado zonas en la que la cobertura de la copa ha ocupado grandes extensiones formando espacios sombreados, sin embargo, hay que recordar que esta cobertura del dosel está dominada por pocas especies y unas de ellas con serios problemas fitosanitarios como es el caso de la conchuela del eucalipto o del muérdago en los fresnos, lo que pone en riesgo los individuos circundantes por lo que es recomendable el establecimiento de especies tolerantes a la sombra o media sombra (Cook, 2016) que a su vez puedan mejorar las condiciones del suelo al adicionar materia orgánica a través de la pérdida de sus hojas y que sean poco susceptibles a las plagas y enfermedades de las especies ya establecidas.

Por otro lado, y también derivado de la baja densidad, hay zonas que más bien tienen una alta exposición a los rayos solares lo que incrementa la temperatura y evaporación de la humedad del suelo reduciendo así la disponibilidad de agua necesaria para los procesos fisiológicos básicos de las plantas y si bien la cantidad de luz es el factor ecológico más limitante, especialmente para la regeneración de árboles y otras plantas un incremento en la densidad de árboles a largo plazo representa que el dosel se "se cierre" más rápido y que la temperatura del suelo disminuya y se contribuya a su vez a la conservación de la humedad en el mismo y quede disponible para las comunidades vegetales (Cook, 2016).

Finalmente, no solo es necesario considerar un incremento en la densidad de árboles, si no también, aumentar la complejidad estructural (aumentar el número de estratos vegetales con especies rasantes, arbustivas y de estrato medio) y aumentar las especies para sean más de cuatro las especies dominantes. Esto no solo contribuirá a un incremento de servicios ecosistémicos, sino que hará menos susceptible al ataque de plagas y enfermedades al Bosque ya que los hábitats con una mayor complejidad vegetal aumentan la abundancia y diversidad de enemigos de las plagas que afectan al arbolado urbano, así como otras fuentes recursos alimenticios (Parsons y Frank, 2019; Raupp et al., 2010). En el anexo 1 se muestra una lista de especies arbóreas recomendadas para este fin.

Anexo1. Especies recomendadas para la reforestación en el Bosque de Chapultepec

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Estatus Migratorio	Requerimientos de luz solar	Resistencia a enfermedades
Ahuehuete	*Taxodium mucronatum*	Arbóreo	Nativa	Prefiere sol pleno	Es una especie susceptible a hongos de géneros *Epicoccum, Sclerotium,* y *Alternaria* los cuales ocasionan la pudrición de la raíz. Sin embargo, en los muestreos del Bosque no se registraron individuos enfermos.
Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	Arbóreo	Nativa	Sol y media sombra	Susceptible a descortezadores. Sin embargo, en los muestreos del Bosque no se registraron individuos enfermos.
Fresno	*Fraxinus uhdei*	Arbóreo	Nativa	Sol y media sombra	No recomendable para zonas con muérdago. En la Tercera Sección se registraron individuos con infestación por muérdago, sin embargo, en las secciones 1 y 2 no se observó la presencia de muérdago probablemente por el manejo que se les da a estas secciones.
Palo prieto	*Pinus greggii*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	Especie resistente a enfermedades. Se tiene registro bibliográfico de que

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Estatus Migratorio	Requerimientos de luz solar	Resistencia a enfermedades
					las estructuras reproductivas de los árboles pueden ser afectadas por insectos como Coleopteros, Dipteros e Hymenopteros, pero en los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.
Carpinus	*Carpinus caroliniana*	Arbóreo	Nativa	Sombra y media sombra	Especie resistente a enfermedades. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas
Pino piñonero	*Pinus cembroides*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	Susceptible al daño por insectos. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.
Ocote	*Pinus montezumae*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	Especie resistente a plagas y enfermedades. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.
Acer	*Acer negundo*	Arbóreo	Nativa	Sol y Media sombra	Especie resistente a plagas y enfermedades. En los muestreos del bosque los

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Estatus Migratorio	Requerimientos de luz solar	Resistencia a enfermedades
					ejemplares evaluados estuvieron sanos
Colorín	*Erythrina coralloides*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	Follaje susceptible a presentar hongo Fusarium. Sin embargo, en los muestreos del bosque los ejemplares evaluados estuvieron sanos
Sabino	*Juniperus deppeana*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	Susceptible a insectos, arañas rojas, nematodos y hongos. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.
Tepehuaje	*Lysiloma acapulcense*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	Especie resistente a plagas y enfermedades. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.
Aile	*Alnus acuminata*	Arbóreo	Nativa	Sol y media sombra	Se ha reportado que *Eotetranychus carpini* (ácaro) ataca el follaje y puede llegar a ser de consideración. Sin embargo, en los muestreos del bosque los individuos evaluados estuvieron sanos

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Estatus Migratorio	Requerimientos de luz solar	Resistencia a enfermedades
Liquidambar	*Liquidambar styraciflua*	Arbóreo	Nativa	Sol y media sombra	Especie resistente a plagas y enfermedades. Los individuos observados en el Bosque se registraron sanos
Tejocote	*Crataegus mexicana*	Arbóreo	Nativa	Sol y media sombra	Susceptible a bacterias, hongos y algunos insectos. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.
Capulín	*Prunus serotina*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	No recomendable para zonas con muérdago, susceptible al ataque de roya *Tranzschelia pruni-spinosae* registrada en la tercera Sección del Bosque.
Sicomoro	*Platanus occidentalis*	Arbóreo	Nativa	Sol y media sombra	Árbol considerado resistente a variedad de plagas. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.
Encino blanco	*Quercus laurina*	Árbol	Nativa	Sol y media sombra en individuos juveniles	Especie resistente a plagas y enfermedades. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Estatus Migratorio	Requerimientos de luz solar	Resistencia a enfermedades
					de ataque de plagas para la zona.
Tronadora	*Tecoma stans*	Árbol	Nativa	Sol y media sombra	Especie susceptible a la agalla de la tronadora *Prospodium transformans* reportada en la Tercera Sección del Bosque.
Tepozán	*Buddleja cordata*	Árbol	Nativa	Sol y media sombra	*Acronyctodes mexicanaria* (oruga) afecta el follaje. En los muestreos del Bosque se registró herbivoría probablemente producto de esta oruga. Sin embargo, esta no es considerada una plaga grave que comprometa la supervivencia, o desarrollo de la especie
Izote	*Yucca periculosa*	Arbóreo	Nativa	Prefiere Sol pleno	La cochinilla lapa, Dactylopius sp es un insecto parásito en forma de lapa que ataca las hojas. En los muestreos del Bosque no se registró esta especie por lo que no se tiene registro de ataque de plagas para la zona.

Bibliografía

- Benavides-Meza, H. y D. Fernández-Grandizo. 2012. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. Madera y Bosque 18(2):51-71
- Beita, 2003. Efecto de la reforestación con especies nativas sobre la recuperación de bosques secos en Costa Rica. FAO. Disponible en: http://www.fao.org/3/XII/0279-B3.htm
- Chacalo-Hilú A. y V. Nava-Esparza. 2009. Árboles y arbustos para Ciudades. 1 ed. Universidad Autónoma Metropolitana. 600 pp.
- Cook, B. 2016. How dense can you get?. Michigan State University. Disponible en: https://www.canr.msu.edu/news/how_dense_can_you_get
- Layke, C., A. Mapendembe, C. Brown, M. Walpole y J. Winn. 2012. Indicators from the global and sub-global Millennium Ecosystem Assessments: An analysis and next steps. Ecological Indicators 17:77-87.
- López-López, S., T. Martínez-Trinidad, H. Benavides-Meza, M. García-Nieto y G. Ángeles Pérez. 2018. Reservorios de biomasa y carbono en el arbolado de la primera sección del Bosque de Chapultepec, Ciudad de México. Madera y Bosque 24(3):1-14
- Parsons, S. E. y S. D. Frank. 2019. Urban tree pests and natural enemies respond to habitat at different spatial scales. Journal of Urban Ecology. 5(1): 1-15.
- Raupp, M. J., P. M. Shrewsbury y D. A. Herms. 2010. Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. Annual Reviews. 55: 19-38.
- Rockefeller University. 2011. Higher density means world forests are capturing more carbon. Disponible en: https://www.sciencedaily.com/releases/2011/06/110606113413.htm
- SEDEMA (Secretaria del Medio Ambiente) 2011. Lineamientos para el Uso de espacios en el Bosque de Chapultepec. Disponible en: http://data.sedema.cdmx.gob.mx/bosquedechapultepec/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=89
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la

restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.