

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD
XOCHIMILCO**

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Informe final de servicio social por actividades relacionadas con la profesión

Título:

Efecto de biocostras en la agregación de partículas de suelo de Zapotitlán

Salinas, Puebla

Autora:

Daniela de Jesús Villarreal Benitez

2202033450

Asesores:

Dra. Angélica Jiménez Aguilar (Depto. El Hombre y su Ambiente)

Número económico: 38202

Dr. Gilberto Vela Correa (Depto. El Hombre y su Ambiente)

Número económico: 27970

Lugar de realización: Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica,

Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco

Fecha de inicio: 12/2/2024

Fecha de conclusión: 16/8/2024

RESUMEN

El presente servicio social se desarrolló en el Laboratorio de Edafología y Adsorción Atómica de la UAM-X. El objetivo fue analizar el efecto de tres morfotipos de biocostra (BC) diferentes en el proceso de agregación de partículas de suelo bajo condiciones semiáridas de Zapotitlán Salinas, Puebla. Se registró la aparición de la biocostra en función del tiempo, y la medición de los parámetros físicos y químicos del suelo se realizó dos veces para comparar los valores iniciales, sin biocostra, y los valores finales, después de la aparición de la BC. Como parte mi formación profesional, me permitió obtener un mayor conocimiento sobre la conformación del suelo, al igual que los métodos correspondientes para evaluar su función y estructura.

Palabras clave: biocostra, estabilidad del suelo, ecosistemas semiáridos, cianolíquenes, líquenes

ÍNDICE

MARCO INSTITUCIONAL	4
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	6
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	6
OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	7
ESPECIFICACIONES Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DE ACUERDO AL CALENDARIO PROPUESTO	8
IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL	9
APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS	9
FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL	9
REFERENCIAS	16

1. MARCO INSTITUCIONAL

El presente servicio social se desarrolló en el Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica, en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco (UAM-X). Tuvo como objetivo analizar la capacidad de tres diferentes morfotipos de biocostra (BC) en la agregación de partículas y su relación con propiedades fisicoquímicas de suelo de una región semiárida.

La UAM, en su Ley Orgánica se define como un organismo descentralizado del Estado que tiene por objeto impartir educación superior que procure la organización y desarrollo de profesionales, docentes, técnicos e investigadores que correspondan, primordialmente, a los problemas nacionales y las necesidades de la sociedad. Su planificación institucional está enfocada en la transferencia de conocimientos de la mano con la innovación tecnológica y la preservación de la cultura. Entre sus objetivos destaca la integración de los alumnos a la comunidad nacional como participantes activos de las problemáticas sociales y ecológicas.

En su Marco Institucional, la UAM, como institución pública y autónoma dedicada a servir a la sociedad, se identifica por su capacidad de adaptación y respuesta a la velocidad de cambio actual en la sociedad del conocimiento, reorientando sus capacidades actuales hacia aquellas que serán necesarias en el futuro. En este sentido, el presente servicio social pretende contribuir al conocimiento el efecto de diferentes morfotipos de BC en la agregación de partículas de suelo que pueda favorecer la estabilidad del mismo, lo que es de gran importancia en la recuperación y conservación del suelo de ecosistemas áridos y semi-áridos, así como de los servicios ecosistémicos que estos proporcionan.

El desarrollo del servicio social me permitió aprender a elaborar bases de datos, búsqueda de literatura especializada, técnicas para determinación de propiedades fisicoquímicas de suelo, el uso de materiales y dispositivos de laboratorio especializados en edafología, reforzando así los conocimientos adquiridos en mi formación académica en la carrera de Biología en la UAM-X.

2. INTRODUCCIÓN

Por mucho tiempo se consideró a los suelos como partes “sin vida” de los ecosistemas, pero durante las últimas décadas se ha reconocido que son sistemas que albergan una gran cantidad de microorganismos, son dinámicos y tienen un importante papel en los servicios ecosistémicos (García et al., 2021). Sin embargo, el cambio de uso de suelo ha llevado a su alteración, acelerando los procesos de degradación del suelo y del ecosistema en general.

Las costras biológicas del suelo (CBS) también llamadas biocostras (BC) son comunidades complejas de cianobacterias, algas, líquenes, briofitas, hongos y diferentes bacterias, arqueas y bacteriófagos que colonizan la superficie del suelo (Samolov et al., 2020). Son de gran importancia en los ecosistemas semiáridos, ya que pueden llegar a cubrir hasta un 70% del suelo sin vegetación (Rivera-Aguilar et al., 2006). Las BC promueven múltiples beneficios ecosistémicos como: la retención de agua, la fertilidad y la estabilidad del suelo (Antoninka et al., 2016); el nitrógeno (N) es fijado al suelo por las cianobacterias y posteriormente incorporado al suelo, y el carbono (C) es fijado y adicionado al suelo hasta en un 300% más con respecto a suelos sin BC (Belnap y Lange, 2003). Además, las BC favorecen la agregación y mejoran la estructura del suelo evitando su erosión (Eldridge y Leys, 2003), contribuyendo a aumentar la infiltración del agua durante los periodos de lluvia y a incrementar la humedad y estabilidad del suelo (Jimenez-Aguilar et al., 2009), ya que aumentan rápidamente su actividad metabólica en respuesta a los pulsos de lluvia utilizando diferentes estrategias para hacer frente a los ciclos de desecación/rehidratación en su hábitat (Hai-Feng et al., 2021).

En años recientes, las BC han recibido un interés particular como estabilizadoras de los agregados del suelo especialmente en regiones áridas, donde son los principales agentes biológicos para consolidar y conectar los agregados del suelo (Belnap y Büdel, 2016). La influencia de las BC en la porosidad y estabilidad del suelo es variable y depende de la etapa sucesional y composición de la BC (Jiménez-Aguilar et al., 2009; Riveras-Muñoz et al., 2022), esto gracias a los exopolisacáridos o filamentos estructurales de los distintos organismos presentes en las comunidades de la costra biológica (García-Pichel et al., 2016). Por lo que, el objetivo del presente trabajo es analizar diferentes morfotipos de biocostra, también conocida como costra biológica del suelo, y su efecto en el proceso de agregación

de partículas de suelo en condiciones de invernadero, similares a la región semiárida de Zapotitlán Salinas, Puebla.

3. ANTECEDENTES

La Universidad Autónoma de Chapingo (2011) estimó que las regiones áridas y semiáridas de México ocupan aproximadamente 101.5 millones de hectáreas, más de la mitad del territorio, y de acuerdo con el INEGI (2010), alrededor del 30% de la población del país habita en alguna zona árida, semiárida o subhúmeda de México. Estas zonas son uno de los sistemas socioecológicos más diversos y, al mismo tiempo, de los más vulnerables del planeta, amenazadas por las sequías frecuentes, la sobreexplotación de los recursos naturales y el crecimiento poblacional (Sánchez-Cano, 2019).

Conocer los elementos de bióticos de los ecosistemas áridos y semiáridos que pueden favorecer la recuperación de suelo brinda una ventaja frente a la desertificación, y favorece el funcionamiento de estos ecosistemas, por lo que el objetivo del presente servicio social fue responder la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto de tres diferentes morfotipos de biocostra en el proceso de agregación de partículas de suelo? Para ello, se utilizó suelo y biocostras previamente colectados en Zapotitlán Salinas, Puebla, por estudiantes de los módulos de Ciclos Biogeoquímicos y Análisis de Sistemas Ecológicos de la Licenciatura de Biología, de la UAM-X. Actualmente en esta región, se presenta una degradación importante del suelo causada por el uso y manejo inadecuado de los recursos naturales (Hernández-Arzate, 2005)

4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Zapotitlán Salinas se encuentra al sureste del estado de Puebla, y forma parte de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, México (Figura 1). La Reserva está entre dos complejos montañosos, la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Zongolica. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima del Valle de Zapotitlán es seco semiárido (BS₀hw (e) gw), con una marcada estación de lluvias en verano, con cuatro meses lluviosos del periodo de junio a septiembre. La precipitación media anual es de 480 mm y su temperatura promedio anual es de 21 °C (Arias-Toledo et al., 2001). Históricamente, Zapotitlán Salinas ha sido ampliamente reconocida por su diversidad biológica, por lo que a lo largo de los años se han impulsado

proyectos de desarrollo para promover el uso de los recursos y el equilibrio entre conservación y usos tradicionales (Cortés-Márquez, 2022).

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

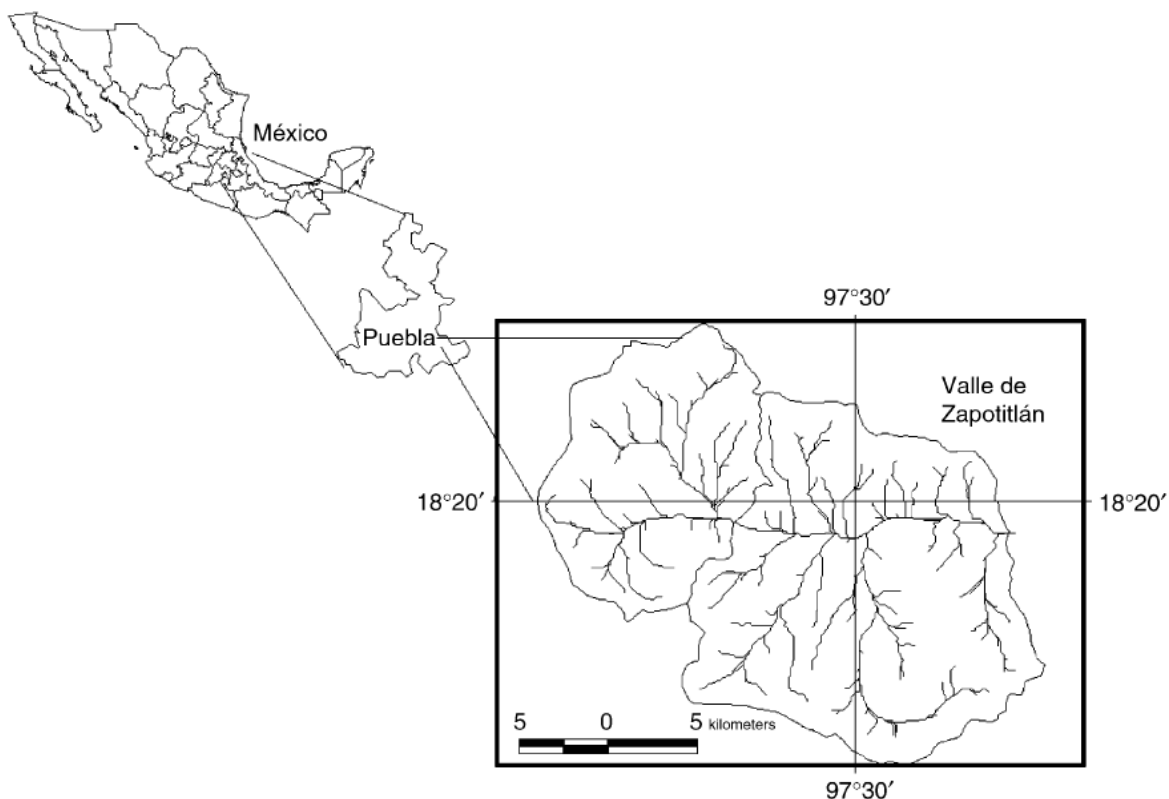


Figura 1. Mapa de la región (Rivera-Aguilar et al., 2006)

5. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Analizar el efecto de diferentes morfotipos de biocostras en el proceso de agregación de partículas de suelo bajo condiciones semiáridas de Zapotitlán Salinas, Puebla

6. ESPECIFICACIONES Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DE ACUERDO AL CALENDARIO PROPUESTO

A continuación, se presenta el calendario de actividades que se realizaron en el servicio social (Tabla 1). Las actividades se desarrollaron durante seis meses.

Tabla 1. Calendario de actividades realizadas durante el servicio social.

Objetivo	Actividades a realizar	Mes I	Mes II	Mes III	Mes IV	Mes V	Mes VI
Elaboración de protocolo	Revisión bibliográfica y diseño de experimento						
Registrar la aparición de cobertura de biocostra en función del tiempo	Sembrar las biocostras						
Analizar la relación entre la agregación de partículas de suelo, las propiedades físicas y químicas del mismo y la cobertura de la biocostra	Evaluar la cobertura total de biocostras						
Comparar el nivel de agregación de partículas de suelo conferida por distintos morfotipos de costra biológica del suelo	Evaluar los parámetros físicos y químicos de los cultivos						
Análisis de resultados	Evaluar los agregados estables, densidad y porosidad del suelo						
Elaboración de reporte final de Servicio social							

7. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL

La presencia de biocostras en ecosistemas áridos y semiáridos implica cambios edáficos, tanto físicos, como químicos (Belnap et al., 2001). Después de una perturbación (pisoteo, trituración, agricultura), las biocostras tienen tasas de recuperación y patrones de sucesión que dependen de muchos factores, como el tipo de perturbación, tipo del suelo, vegetación, condiciones climáticas, entre otras (Weber et al., 2016).

Conocer el tiempo y las condiciones de propagación en invernadero de las BC después de una perturbación, puede representar una ventaja para las comunidades de estas regiones, siendo usadas en la restauración ecológica de tierras degradadas por el uso. Entre sus funciones se incluye su papel en el establecimiento y crecimiento de plantas vasculares, ya que se ha demostrado que la reducción de la cobertura de biocostras reduce la germinación de las semillas, su desarrollo, la productividad de las plantas, y su supervivencia (Harper y Belnap, 2001). Además, debido a que son altamente sensibles a los cambios ambientales, son indicadores útiles de las funciones del ecosistema, especialmente de las propiedades del suelo como la estabilidad (Copeland et al., 2023).

8. APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS

El trabajo realizado en el servicio social me permitió tener un acercamiento mayor a los reactivos, material, y dispositivos del laboratorio de Edafología, ya que fueron usados para el análisis de los parámetros físicos y químicos del suelo. También pude relacionarme con estudiantes de posgrado y conocer sobre su trabajo y especialidades.

Mejoré mis habilidades para la búsqueda de literatura especializada y pude ampliar mi conocimiento sobre los ecosistemas áridos y las costras biológicas de suelo.

9. FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL

De acuerdo con Zaady et al. (2016), las biocostras son especialmente vulnerables a las perturbaciones mecánicas como el pisoteo o enterramiento. Debido a su importancia en ecosistemas áridos y semiáridos, el objetivo del servicio social fue aportar información sobre las condiciones de recuperación en invernadero de las BC después de una perturbación mecánica.

En el invernadero, la temperatura ambiental máxima se alcanzó a las 12:00 horas, con un promedio de 36 °C. El promedio de la humedad relativa fue de 20%.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del servicio social fueron los siguientes: la aparición de la biocostra se registró en los primeros cinco días. Sin embargo, en los siguientes quince días, las submuestras con el morfotipo de musgo no sobrevivieron.

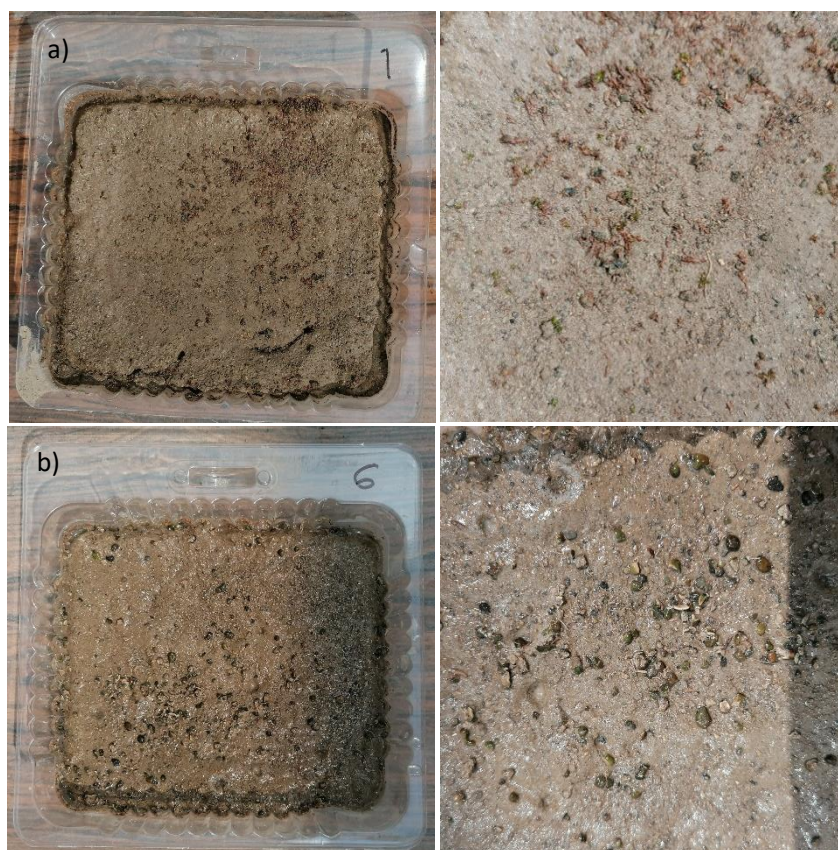


Figura 2. a. Submuestra de musgo en los primeros 5 días de cultivo. b. Submuestra de talos de cianolíquenes en los primeros 5 días de cultivo.

Los parámetros físicos y químicos del suelo fueron evaluados al inicio del servicio social y a los seis meses. La textura del suelo fue Franco-arcillo-arenosa. El color del suelo en húmedo se registró DYZ 3/1 (tabla de colores de Munsell).

Al final del experimento se tomó el suelo por debajo de la biocostra para los análisis. La cantidad de alófanos fue muy alta (Figura 3).



Figura 3. Análisis de alófanos en la muestra inicial de suelo

El promedio de pH inicial fue de 9.47, al final del experimento el pH disminuyó, quedando entre 8.6 y 8.7 (Figura 4a), categorizado como fuertemente alcalino de acuerdo con Vázquez (1997).

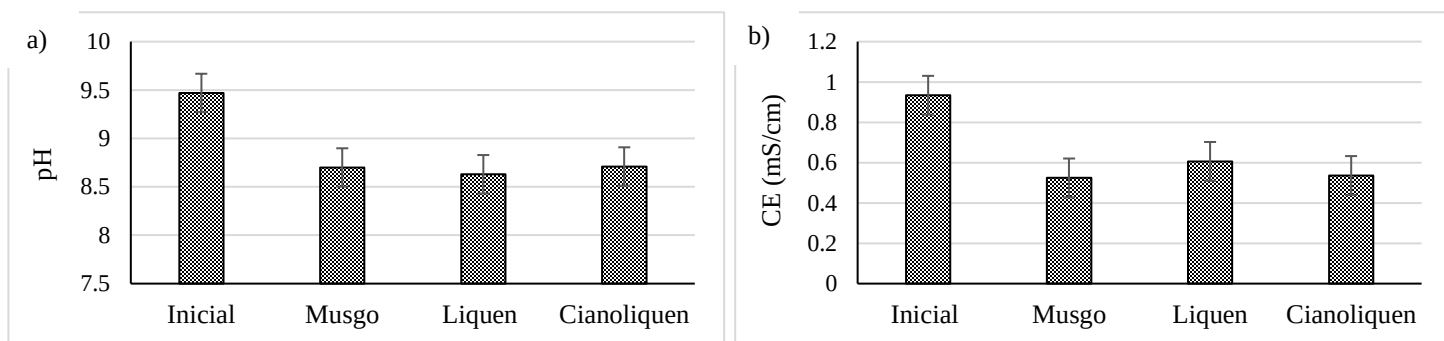


Figura 4. a. pH b. Conductividad eléctrica de los diferentes morfotipos en la muestra final de suelo

La conductividad eléctrica inicial fue de 0.93 (mS/cm), en las muestras con BC después de seis meses disminuyó, estando entre 0.5 y 0.6 (Figura 4b).

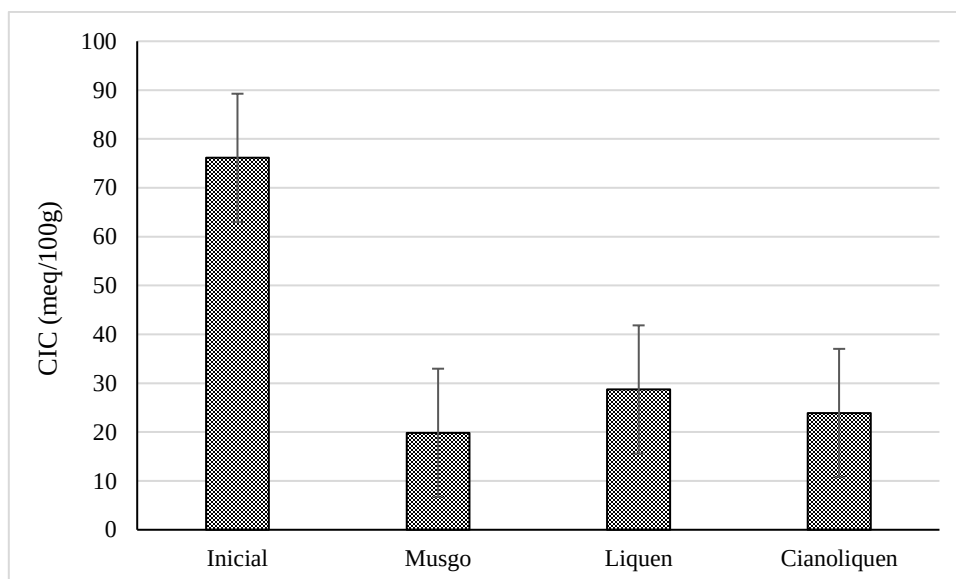


Figura 5. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los diferentes morfotipos en la muestra final de suelo

La cantidad de cationes intercambiables Ca^{+2} disminuyó al final del experimento, siendo el valor inicial de 44.09 meq/100. Al contrario, la cantidad de Mg^{+2} aumentó (inicial: 11.7) (Figura 6).

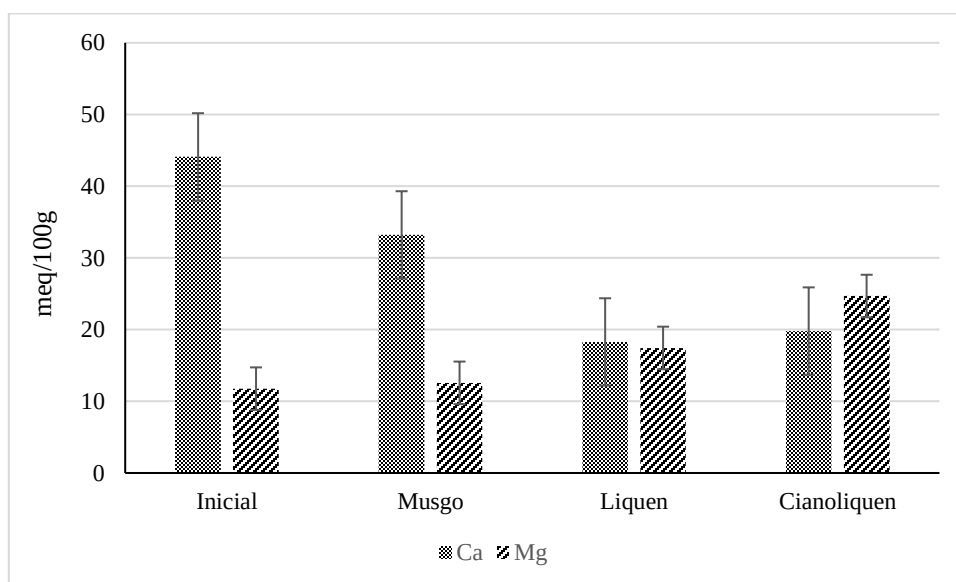


Figura 6. Bases intercambiables Ca^{+2} y Mg^{+2} de los diferentes morfotipos en la muestra final de suelo

El porcentaje de materia orgánica (MO) inicial fue de 2.71, este porcentaje aumentó en los siguientes seis meses en los tres morfotipos (Figura 6a). Este porcentaje de MO está clasificado como muy bajo. El carbono total (%) inicial fue de 1.35, y el nitrógeno total (%) de 1.01; la relación C:N fue de 1.16. Al finalizar el experimento ambos valores (C y N) aumentaron en los tres morfotipos (Figura 7b), y la relación C:N se mantuvo igual (Figura 7b).

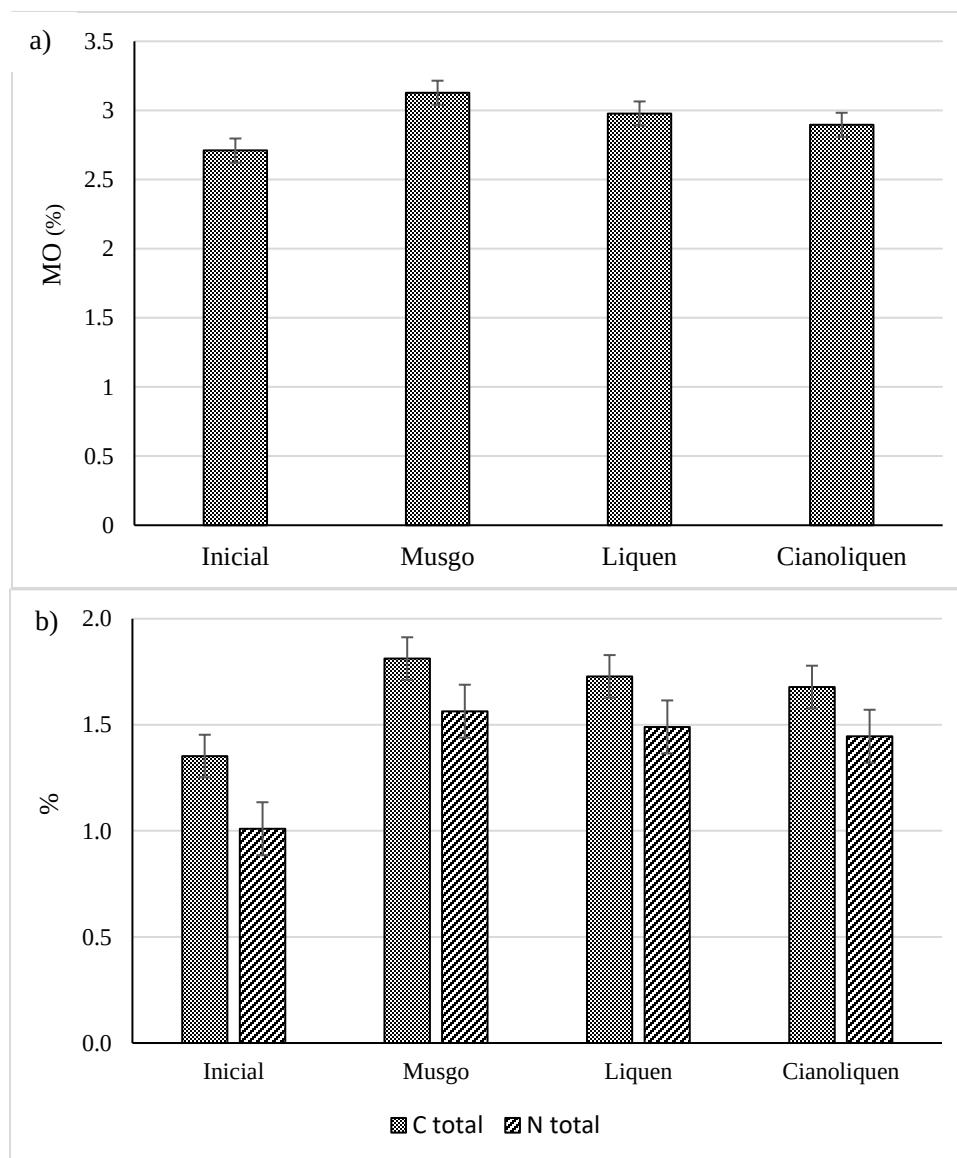


Figura 7. a. MO = materia orgánica b. Relación Carbono:Nitrógeno de los diferentes morfotipos en la muestra final de suelo

La densidad real inicial fue de $2.19 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$ y la densidad aparente de $1.34 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$, los valores al final del experimento se muestran en la Figura 8, que muestra una disminución de la densidad aparente.

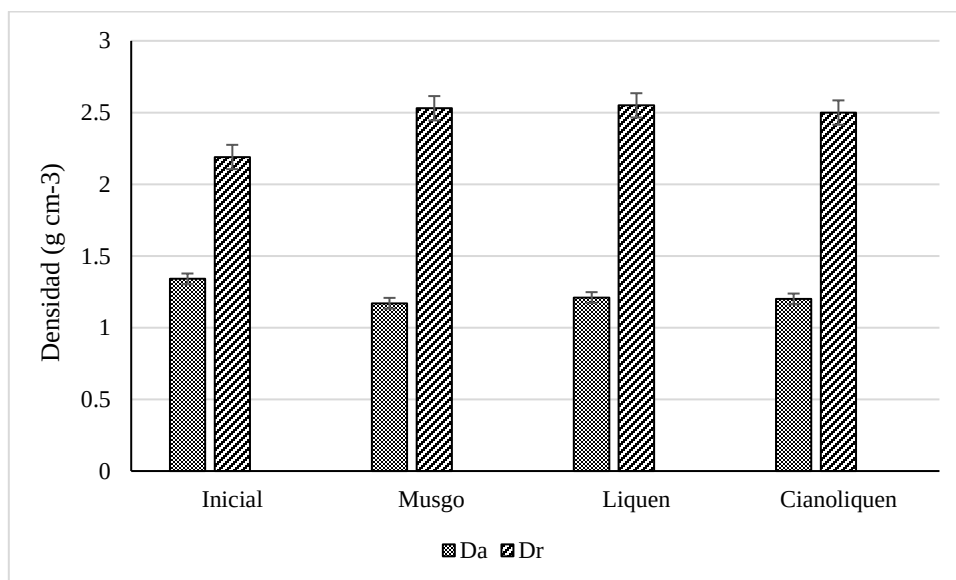


Figura 8. Densidad aparente (Da) y real (Dr) de los diferentes morfotipos en la muestra final de suelo

La porosidad al inicio del experimento fue de 37.54%, al finalizar aumentó en los morfotipos (mayor de 50% en los tres) (Figura 7).

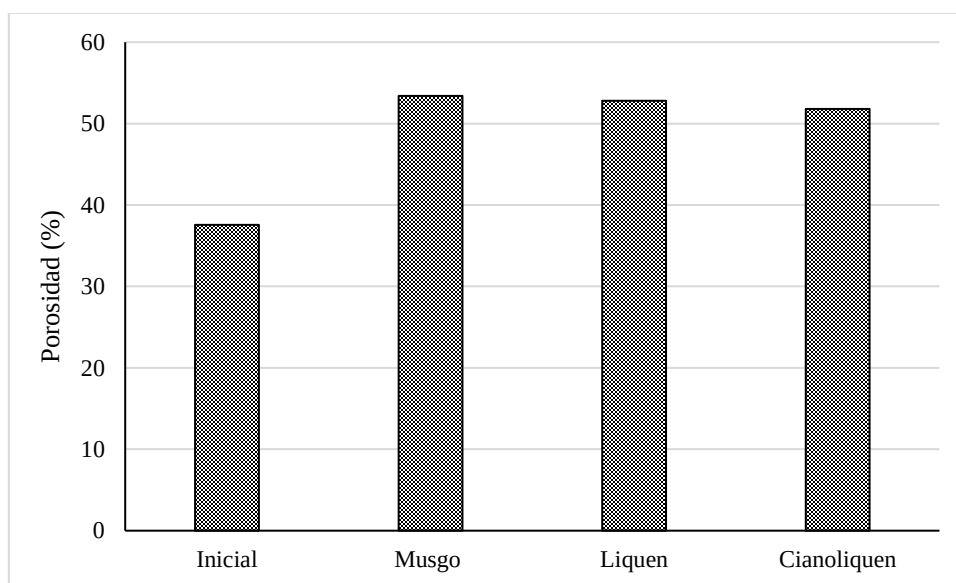


Figura 7. Porosidad de los diferentes morfotipos en la muestra final de suelo

En la Figura 8 se observa que para los tres morfotipos hay un porcentaje de más de 50% de macroagregados de más de 2 mm.

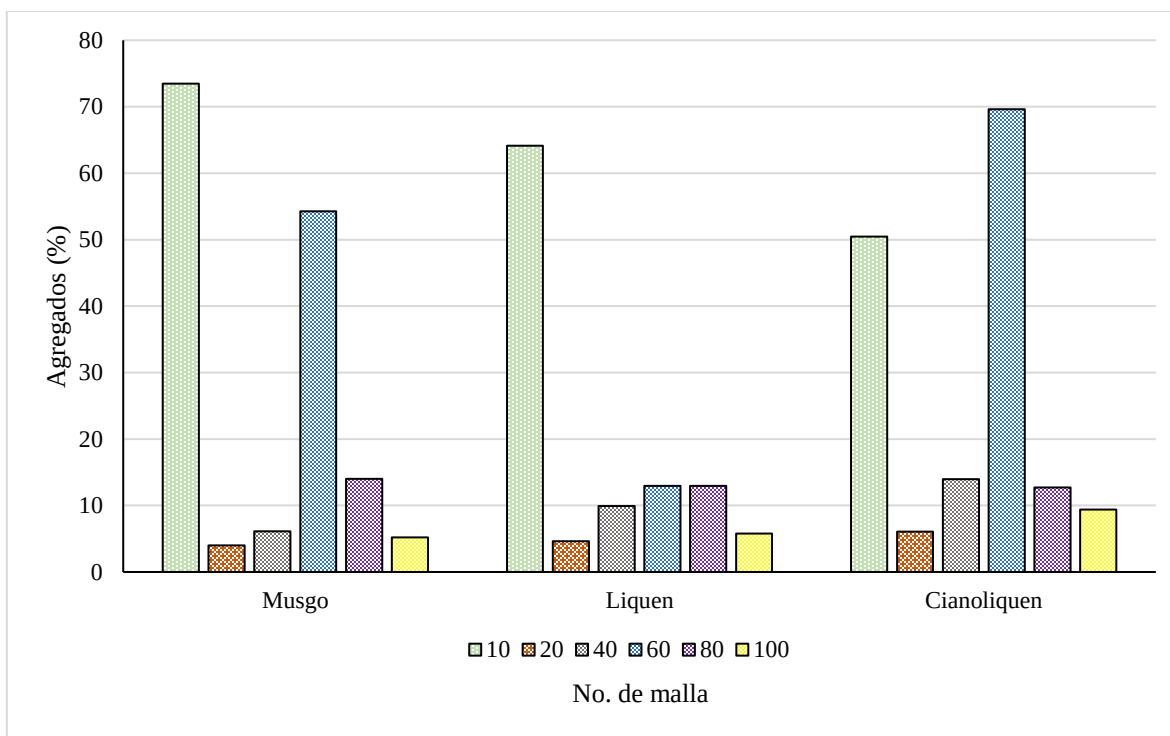


Figura 8. Porcentaje de agregados de la muestra final de suelo de cada morfotipo por no. de malla: 10 (2 mm), 20 (0.85 mm), 40 (0.425 mm), 60 (0.25 mm), 80 (0.18 mm), 100 (0.15 mm)

Las cianobacterias, al ser relativamente móviles, son las más resistentes a las perturbaciones, a diferencia de los musgos y los líquenes, que requieren superficies de suelo estables para su crecimiento (Belnap et al., 2001). Es por esto que las muestras con el morfotipo de musgo murieron en los primeros días del experimento.

Los efectos de la biocostra en la estabilización del suelo están relacionados con su capacidad para unir partículas mediante la excreción de exopolisacáridos (Belnap y Lange, 2003). Así, aunque al final del experimento no se observó una cobertura total de la biocostra en el suelo, se registró la aparición y establecimiento de talos de líquenes y cianolíquenes, además, los parámetros químicos del suelo sí cambiaron y, especialmente, el porcentaje de macroagregados fue mayor en las muestras con los diferentes morfotipos, lo que podría

indicar una mejora en la estabilidad del suelo; proceso que ya ha sido reportado por Jiménez-Aguilar et al. (2009) y Belnap et al. (2016).

10. REFERENCIAS

- Aguilar Noyola, S. R. (2011). *Actualización de la delimitación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx>
- Antoninka A., Bowker M.A., Reed S.C. y Doherty K. (2016). Production of greenhouse-grown biocrust mosses and associated cyanobacteria to rehabilitate dryland soil function. *Restoration Ecology* 24(3):324-335. <https://doi.org/10.1111/rec.12311>
- Arias-Toledo A., Valverde V.M y Reyes S.J. (2001) Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 80 pp.
- Baver D.L., Gardner H.W. y Gardner R.W. (1980). *Física de suelos*. Uthea.
- Belnap J. y Lange O.L. (2003) Biological soil crust: structure, function, and management. Springer-Verlag. New York, 503 pp.
- Belnap, J., Prasse R. y Harper K.T. (2001). Influence of biological soil crusts on soil environments and vascular plants. En: Belnap, J. y Lange O.L. (Eds.). *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management* (pp. 281-299). Springer-Verlag.
- Belnap, J., Weber B. y Büdel, B. (2016) Biological soil crusts as soil stabilizers, En: Weber, B., Büdel, B., and Belnap, J (Eds) *Biological soil crusts: An Organizing Principle in Drylands* (pp. 305–320). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30214-0_16
- Copeland S. M., Condon L. A., Rosentreter R., Miller J. E. D. y Kahn-Abrams M. (2023). Biocrusts Indicators of Livestock Grazing Effects on Soil Satbility en Sagebrush Steppe: A Case Study from a Long-Term Experiment in the Northern Great Basin, *Rangeland Ecology & Management*, 91:82-96. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.09.001>

Cortés-Márquez, N. (2022) Del territorio de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán a sus multiterritorialidades. El caso de Zapotitlán Salinas, Puebla, *ULÚA*, 41: 165-196.
<https://doi.org/10.25009/urhsc.v21i41.2765>

Eldridge D.J. y Leys J.F. (2003) Exploring some relationships between biological soil crusts, soil aggregation, and wind erosion, *Journal of Arid Environments*, 53:457–466.

García E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía. UNAM.

García V., Aranibar J. y Villagra P.E. (2021). Propagación de distintos tipos funcionales de la costra biológica del suelo del desierto del Monte, Argentina. *Ecología Austral* 31:001-016. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.1.0.1158>

García-Pichel F., Felde, V. J. M. N. L., Drahorad S. L., y Weber, B. (2016). Microstructure and weathering processes within biological soil crusts. En: Weber, B., Büdel, B., and Belnap, J. (Eds.). *Biological soil crusts: an organizing principle in drylands* (pp. 237–255). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30214-0_13, 2016.

Harper, K.T., Belnap, J. (2001). The influence of biological soil crusts on mineral uptake by associated vascular plants, *Journal of Arid Environments*, 47: 347-357

Hernández-Arzate, I. (2005). *Evaluación del estado actual de la degradación de tierras de la cuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].

INEGI. (2011). *Censo de Población y Vivienda 2010*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>

Jiménez-Aguilar A., E. Huber-Sannwald, J. Belnap, D.R. Smart y J.T. Arredondo Moreno. (2009). Biological soil crusts exhibit a dynamic response to seasonal rain and release from grazing with implications for soil stability, *Journal of Arid Environments*, 7:1158-1169. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.05.009>

Ortíz, V.B y Ortiz, S. (1988). *Edafología*. Universidad Autónoma de Chapingo.

- Rivera-Aguilar V., Montejano S., Rodríguez-Zaragoza A. y Durán-Díaz S.. (2006) Distribution and composition of cyanobacteria, mosses and lichens of the biological soil crusts of the Tehuacán Valley, Puebla, Mexico, *Journal of Arid Environments*, 67: 208-225.
- Samolov E., Baumann K., Büdel B., Jung P., Leinweber P., Mikhailyuk T., Karsten U. y Glaser K. (2020). Biodiversity Of Algae And Cyanobacteria In Biological Soil Crusts Collected Along A Climatic Gradient In Chile Using An Integrative Approach, *Microorganisms*, 8:1-28. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071047>
- Sánchez Cano, J. (2019). *Desarrollo sostenible en zonas áridas y semiáridas frente al cambio climático*. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Vázquez A.A. (1997). *Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo*. 2° ed. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Weber, B., Belnap, J., Budel, B., Antoninka, A. J., Barger, N. N., Chaudhary, V. B., Darrouzet-Nardi, A., Eldridge, D. J., Faist, A. M. Ferrenberg. (2022). What is a biocrust? A refined, contemporary definition for a broadening research community, *Biological Reviews*, 97:1768-1785. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.1.0.1158>
- Zaady, E., Eldridge, D.J., Bowker, M.A., 2016. Effects of Local-Scale Disturbance on Biocrusts. En: Weber, B., Belnap, J. (Eds.), *Biological Soil Crusts: An Organizing Principle in Drylands* (pp. 429–449). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30214-0_21.