

# Antiguo lago de Texcoco: Más allá de un aeropuerto cancelado

## Ancient Texcoco Lake: Beyond a canceled airport

### Introducción

En los años recientes se escuchó hablar de la cancelación del nuevo aeropuerto internacional de la Ciudad de México (NAICM) que se ubicaría en el antiguo lago de Texcoco (Fig. 1a). ¿Pero qué conocemos de este sitio? El antiguo lago de Texcoco, que rodeaba originalmente la ciudad de Tenochtitlan en el siglo XV, contaba con un área aproximada de 7,868 km<sup>2</sup>. Tras su llegada, los españoles construyeron su capital en el centro de la civilización Azteca, hoy conocida como la CDMX.

Tras las constantes inundaciones por el crecimiento del lago, los españoles construyeron un sistema de drenaje para desfogar las zonas inundadas (Alcocer y Williams, 1996), causando la disminución del tamaño de éste. Posteriormente, y con la urbanización de las zonas del centro del país, los habitantes seguían sufriendo constantes problemas de inundaciones. Por ello, los gobernantes de la época ejecutaron la construcción de obras para prevenirlo; El gran canal, el túnel de Tequixquiac y el “sistema de drenaje profundo” fueron los tres proyectos más importantes con el objetivo de desecar el lago y evitar inundaciones (Espinosa-Castillo, 2008). Éstos ocasionaron la disminución de la zona lacustre, permitiendo así ocupar la zona para uso agrícola, habitacional e industrial. En la actualidad, el lago Nabor-Carrillo, con una extensión de 917 ha (Fig. 1b), es un remanente importante del exlago de Texcoco. Éste alberga diversas especies vegetales, aves locales y migratorias, y con ello se remarca su importancia ecológica (Murillo-Fernández, 2021).

### Problemas ocasionados por el desecamiento del exlago de Texcoco

Con el drenado, el suelo lacustre fue expuesto a la erosión ocasionando la evaporación de remanentes de agua, y posterior formación de costras de sal (Figs. 1c-d). Estas zonas fueron difíciles de aprovechar con fines agrícolas dada la elevada salinidad (conductividad eléctrica

año 13, No. 23 enero-junio del 2024

Mario Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Isidro Pérez-Hernández<sup>2</sup>  
y Valentín Pérez-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Ensenada, Baja California. <sup>2</sup>Universidad Politécnica del Golfo de México. Paraíso, Tabasco, México.  
Contacto: vperezhdez@hotmail.com

**Resumen.** El antiguo lago de Texcoco (Noreste del valle de México) sirvió como fuente de alimentación y transporte al imperio de Tenochtitlan en los años 1325 a 1521. Posterior a la conquista, los españoles empezaron a desviar el curso del lago por los problemas de inundación que sucedían en la capital del país. El proceso de desvío continuó hasta los años 1970; año en el que se inició el rescate de las zonas lacustres mediante el “Plan Texcoco”. Algunas zonas del antiguo lago sufrieron cambios negativos en la estructura del suelo debido a los procesos de drenado; la salinización se convirtió en un problema principal. La salinización limita (y define) el crecimiento de la flora y fauna en la zona, así como el microbioma del suelo. Diversas especies vegetales con tolerancia a la salinidad fueron introducidas en esta zona para tratar de restaurar los problemas de salinidad, por ejemplo, *Distichlis spicata*, *Tamarix spp.* y *Suaeda nigra*, entre otras. A pesar de las condiciones extremas de salinidad, diversos microorganismos habitan esta zona y cumplen funciones biogeoquímicas importantes para el medio ambiente, además, poseen potencial biotecnológico para su uso en la remediación de suelos y en la promoción del crecimiento vegetal.

**Palabras clave:** suelo, salinidad, microorganismos

**Abstract:** The former Lake Texcoco (northeast of the valley of Mexico) served as a source of food and transportation for the empire of Tenochtitlan from 1325 to 1521. After the conquest, the Spaniards began to divert the course of the lake due to the flooding problems that occurred in the capital city. The drainage process continued until the 1970s, the year in which the “Texcoco Plan” began to rescue the lake areas. Some areas suffered negative changes in soil structure due to drainage processes; salinization became a major problem. Salinization limits and shape the flora and fauna development in the area, as well as the soil microbiome. Several salt tolerance plant species were introduced to restore soil salinization, for example, *Distichlis spicata*, *Tamarix spp.* and *Suaeda nigra*, among others. Despite the extreme salinity conditions, microorganisms inhabit this zone and carry out important biogeochemical functions for the global environment and have biotechnological potential for use in soil remediation and plant growth promotion.

**Key words:** soil, salinity, microorganisms

(CE) alta > 50 dS m<sup>-1</sup>). La ausencia de desarrollo vegetal y contención, causó tolvaneras que disminuyó la calidad del aire y afectó el desarrollo y salud de la población circundante (CONAGUA, 2015).

Durante los años 70s se implementaron proyectos para resolver la salinidad y erosión del suelo del exlago. El proyecto con parcial éxito que logró reducir la salinidad, pasando de valores de salinidad mayores a 50 a menores a 10 dS m<sup>-1</sup>, fue el “Plan Lago de Texcoco. Éste consistió en irrigar el suelo con agua tratada para así, gradualmente, reducir su salinidad. En el mismo proyecto se introdujeron especies tolerantes a la salinidad para contrarrestar la erosión, entre ellos, *Distichlis spicata*, *Tamarix spp.* y *Suaeda nigra*. Además, se promovió el desarrollo de especies nativas que crecían

de forma natural como las gramíneas o pastos (*Eragrostis obtusiflora*) y hervas (*Eruca sativa* y *Brassica campestris*) (Dendooven et al. 2010).

### Recuperación y aprovechamiento de algunas zonas del exlago de Texcoco

Las zonas del exlago de Texcoco son hoy de uso habitacional, industrial o agrícola, y pertenecen al estado y a la ciudad de México (Fig. 2a). En el año 2012, el gobierno federal inició la construcción del aeropuerto internacional de la Ciudad de México (AICM) en Texcoco, abarcando 100 ha de suelo. Posteriormente en 2018 el gobierno en turno canceló la construcción de éste por exceso de costos y viabilidad de la zona (SCT 2019). Para 2021 esta área fue

Milenaria, Ciencia y Arte 77

destinada a crear un área ecológica para la recuperación del lago de Texcoco (Fig. 2b) (CONAGUA 2022).

### Microorganismos y su función en el exlago de Texcoco

Los suelos del exlago poseen condiciones extremas que dificulta el desarrollo de diferentes especies. Por ejemplo, la salinidad y alcalinidad ( $\text{pH} > 8$ ) son los factores determinantes que dificultan el desarrollo de los microorganismos del suelo.

A pesar de ello, aquellos con características halo-alcalólicas, es decir, los que subsisten en áreas con alta salinidad y  $\text{pH}$ , han podido desarrollarse. Éstos participan en procesos biogeoquímicos y en el reciclaje general de material orgánico. De acuerdo con su nivel de salinidad, los suelos del exlago de Texcoco se han clasificado como: salinidad baja ( $> 2 \text{ dS m}^{-1}$  y  $< 9 \text{ dS m}^{-1}$ ), media ( $> 9 \text{ dS m}^{-1}$  y  $< 50 \text{ dS m}^{-1}$ ) y alta ( $> 50 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Valenzuela-Encinas, 2008, 2009).

Los estudios del suelo realizados se han enfocado en la identificación de bacterias y arqueas con el fin de conocer su desarrollo y funciones metabólicas en tales condiciones de salinidad natural (Valenzuela-Encinas et al., 2008; Pérez-Hernández et al., 2021). Así también, se sabe que la CE es uno de los factores principales que afectan la diversidad y abundancia de los microorganismos en este ambiente. La disminución en la diversidad microbiana afecta la funcionalidad (y/o rutas metabólicas) de aquellos grupos relacionadas o que participan activamente en los ciclos biogeoquímicos. Por ejemplo, la capacidad de oxidación del metano disminuye 1.5 veces en suelos con mayor salinidad (CE de  $45 \text{ dS m}^{-1}$ ) que en suelos con menor salinidad (CE de  $10 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Pérez-Hernández et al., 2020; Serrano-Silva et al., 2014). También se ha observado efectos sobre la funcionalidad putativa de los microorganismos, i.e., fijación de nitrógeno, la nitrificación y desnitrificación (Fig. 3a, b) (Dendooven et al., 2010). Los ciclos biogeoquímicos que

se llevan a cabo en los suelos del exlago de Texcoco suelen presentarse con menor intensidad comparado con los suelos agrícolas, esto debido principalmente a las condiciones extremas del ambiente. Además de llevar a cabo el reciclaje de nutrientes, un número reducido de grupos cuentan con la maquinaria molecular para degradar o transformar contaminantes orgánicos, p. ej. hidrocarburos (Betancur-Galvis et al., 2006; González-Bourguet et al., 2018), y la de promover el crecimiento vegetal (Pérez-Hernández et al., 2021). Estos grupos son de interés biotecnológico para su posible aplicación en la remoción de contaminantes y como biofertilizantes.

### Conclusión

El área que ocupaba el exlago de Texcoco ha cambiado drásticamente. Actualmente tiene uso agrícola, de vivienda o para uso industrial. Un área reducida de 14 mil ha, queda como remanente para albergar una diversidad importante de flora y fauna que se han

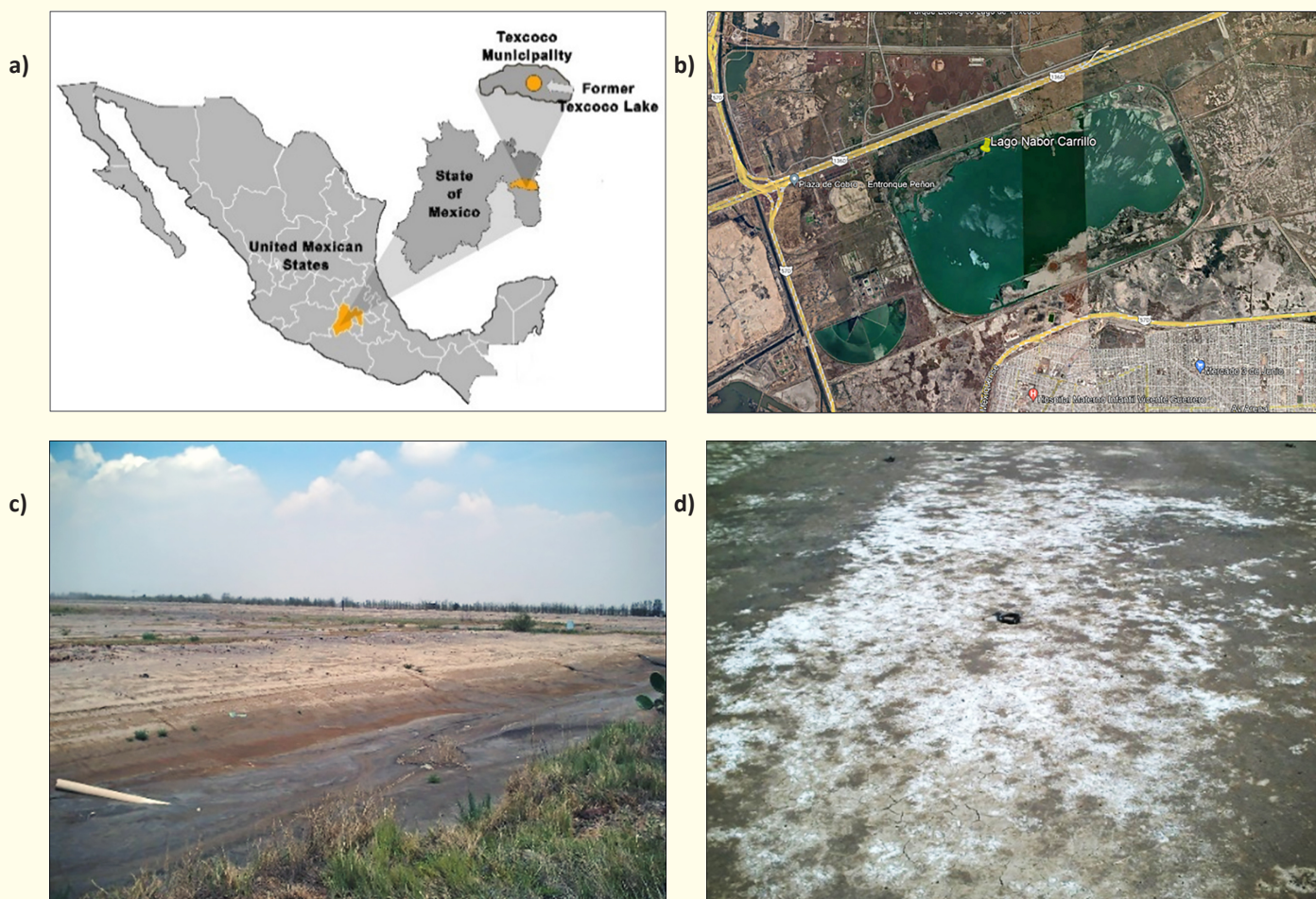


Figura 1. Exlago de Texcoco. a) Ubicación geográfica; b) imagen satelital del lago Nabor Carrillo (Tomado de Google© Earth Pro v.7.3.6.9345, 2023); c) vista tipo paisaje del suelo erosionado del exlago; d) costra salina en el suelo del exlago.

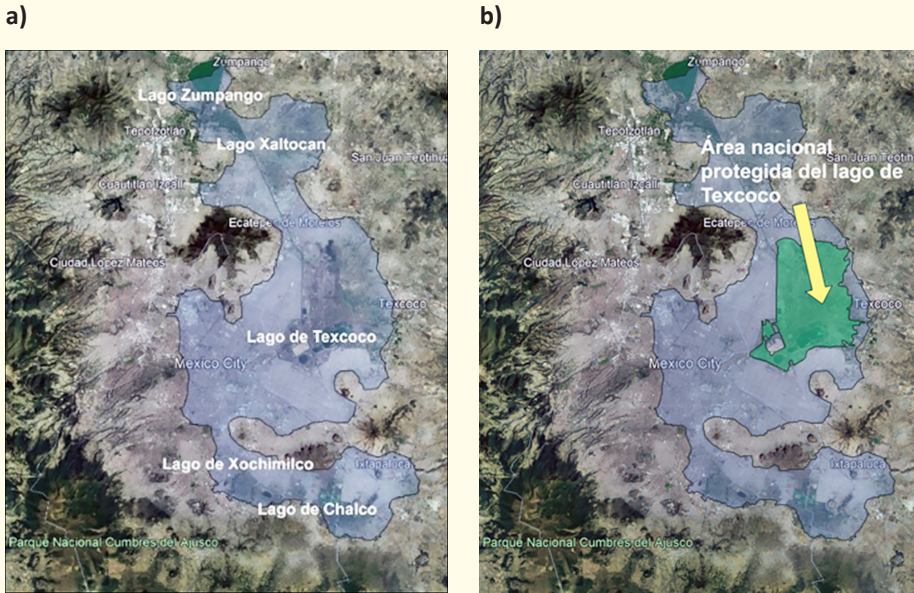


Figura 2. Vista satelital actual de la zona de Texcoco. a) Ocupación del suelo para uso industrial y habitacional de lo que antes ocupaban los principales lagos de México cerca de los años 1500; b) área nacional protegida del lago de Texcoco (editado de Google© Earth 2023 v7.3.6.9345).

adaptado a las condiciones inhóspitas del ambiente. Los procesos de drenado que se llevaron a cabo en esta zona afectaron la micro- y macrofauna. Los microorganismos halo-alcalo tolerantes del suelo son aquellos adaptados a la salinidad y alcalinidad del ambiente; son

éstos quienes participan en el reciclado de nutrientes y sostienen la salud del suelo y ecosistema local. La identificación y aislamiento permite vaticinar su uso en la industria biotecnológica con uso para biofertilizantes y para recuperación de suelos contaminados.

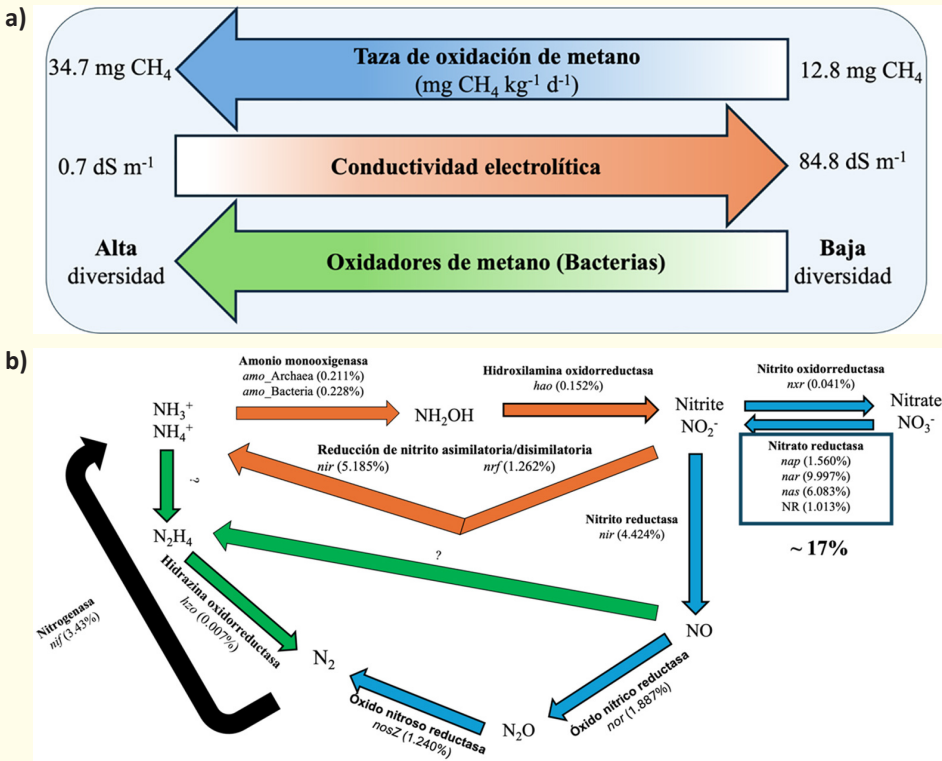


Figura 3. Funciones metabólicas de la comunidad bacteriana en el exlago de Texcoco. a) Relación de la oxidación de metano y la comunidad de bacterias degradadoras de metano; b) funciones putativas relacionadas con el ciclo del nitrógeno y la abundancia relativa en los diferentes procesos del ciclo del nitrógeno.

## Referencias

Alcocer, J., & Williams, W. D. (1996). Historical and recent changes in Lake Texcoco, a saline lake in Mexico. *International Journal of Salt Lake Research*, 5, 45-61.

Betancur-Galvis, L. A., Alvarez-Bernal, D., Ramos-Valdivia, A. C., & Dendooven, L. (2006). Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated saline-alkaline soils of the former Lake Texcoco. *Chemosphere*, 62(11), 1749-1760. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2005.07.026>

CONAGUA. (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Texcoco (1507), estado de México*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103138/DR\\_1507.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103138/DR_1507.pdf)

CONAGUA. (2022). *Parque Ecológico Lago de Texcoco*. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/proyecto-ecologico-lago-de-texcoco>. Fecha de acceso: 10-10-2023

Dendooven, L., Alcántara-Hernández, R. J., Valenzuela-Encinas, C., Luna-Guido, M., Perez-Guevara, F., & Marsch, R. (2010). Dynamics of carbon and nitrogen in an extreme alkaline saline soil: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(6), 865-877. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2010.02.014>

Espinosa-Castillo, M. (2008). Procesos y actores en la conformación del suelo urbano en el exlago de Texcoco. *Economía, sociedad y territorio*, 8(27), 769-798.

González-Bourguet, B. J., Ruíz-Valdiviezo, V. M., Hernández-Guzmán, M., Delgado-Balbuena, L., Luna-Guido, M., & Dendooven, L. (2018). Removal of toluene from two contrasting soils, an agricultural soil and an alkaline soil. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 34(3), 417-425. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.03.05>

Murillo-Fernández, R. (2021). Formación del lago Nabor Carrillo, Texcoco. *Geotecnia* (260), 13-22.

Pérez-Hernández, V., Hernández-Guzmán, M., Luna-Guido, M., Navarro-Noya, Y. E., Romero-Tepal, E. M., & Dendooven, L. (2021). Bacterial communities in alkaline saline soils amended with young maize plants or its (hemi)cellulose fraction. *Microorganisms*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9061297>

Pérez-Hernández, V., Hernández-Guzmán, M., Serrano-Silva, N., Luna-Guido, M., Navarro-Noya, Y. E., Montes-Molina, J. A., & Dendooven, L. (2020). Diversity of amoA and pmoA genes in extremely saline alkaline soils of the former lake Texcoco. *Geomicrobiology Journal*, 37(9), 785-797. <https://doi.org/10.1080/01490451.2020.1779417>

SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2019). Razones para la cancelación del proyecto del nuevo aeropuerto en Texcoco. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sct/articulos/razones-para-la-cancelacion-del-proyecto-del-nuevo-aeropuerto-en-texcoco>

Valenzuela-Encinas, C., Neria-González, I., Alcántara-Hernández, R. J., Enriquez-Aragón, J. A., Estrada-Alvarado, I., Hernández-Rodríguez, C., Dendooven, L., & Marsch, R. (2008). Phylogenetic analysis of the archaeal community in an alkaline-saline soil of the former lake Texcoco (Mexico). *Extremophiles*, 12(2), 247-254. <https://doi.org/10.1007/s00792-007-0121-y>

Valenzuela-Encinas, C., Neria-González, I., Alcántara-Hernández, R. J., Estrada-Alvarado, I., Zavala-Díaz de la Serna, F. J., Dendooven, L., & Marsch, R. (2009). Changes in the bacterial populations of the highly alkaline saline soil of the former lake Texcoco (Mexico) following flooding. *Extremophiles*, 13(4), 609-621. <https://doi.org/10.1007/s00792-009-0244-4>