

## CARACTERIZACIÓN Y VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE MUESTRAS DE SUELO LIBRE DE PETRÓLEO PARA PRUEBAS EN LABORATORIO

### CHARACTERIZATION AND STATISTICAL VALIDATION OF SOIL SAMPLES FREE OF PETROLEUM FOR CARRYING OUT EXPERIMENTS IN THE LABORATORY

Fuentes-Domínguez I.<sup>1</sup>, Vázquez-Vázquez L. L.<sup>1</sup>, Ojeda-Morales M. E.<sup>1</sup>, Córdova-Bautista Y<sup>1</sup>, Vargas-Rodríguez S.C.<sup>1</sup>, Morales-Bautista C.M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología, Laboratorio de Análisis de Suelos e Hidrocarburos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, Col. La Esmeralda, CP.86690 Cunduacán, Tabasco, México

\*carlos.morales@ujat.mx

#### Artículo Científico

Publicado: 15 de septiembre 2024

### RESUMEN

Los trabajos experimentales en los que se emplean matrices ambientales requieren poca variabilidad, especialmente si se evalúan parámetros biológicos. Por estas razones, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el área experimental para construir una muestra compuesta que se empleará en los diseños experimentales de una biorremediación. Para esto, se tomaron muestras simples y se construyó una muestra compuesta de suelos libres de petróleo para emplearse en el diseño experimental a tratamiento de suelos. Las muestras fueron caracterizadas mediante los métodos especificados en la norma mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. La validación estadística se realizó mediante un análisis ANOVA-Tukey en el que se compararon cada parámetro y se determinaron diferencias significativas entre sí. Los suelos mostraron cualidades similares: dos horizontes (orgánico y gleyco), con textura arenosa y arcillosa,

así como color pardo-oscuro y verde-grisaseo, respectivamente. Así mismo, las muestras analizadas mostraron similitud en: pH entre 5.7-7, conductividad eléctrica 2.1-4.4 dS m<sup>-1</sup>, materia orgánica de 2.27-20%, capacidad de campo de 20-55%, densidad aparente 0.66-1.102 g cm<sup>3</sup>. No obstante, al realizar las pruebas estadística con nivel de 95% solo cuatro muestras no mostraron diferencias significativas entre las medias.

**Palabras clave:** conductividad eléctrica, densidad aparente, gleyco. Biorremediación.

### ABSTRACT

Experimental work in which environmental matrices are used requires little variability, especially if biological parameters are evaluated. For these reasons, the present work aimed to determine the experimental area to construct a composite sample that will be used in the experimental designs of a bioremediation. For this, simple samples were taken and a composite sample of oil-

free soils was constructed to be used in the experimental design of soil treatment. The samples were characterized using the methods specified in the Mexican standard NOM-021-SEMARNAT-2000. Statistical validation was performed using an ANOVA-Tukey analysis in which each parameter was compared and significant differences were determined between them. The soils showed similar qualities: two horizons (organic and gleyco), with a sandy and clayey texture, as well as brownish-dark and grayish-green colors, respectively. Likewise, the samples analyzed showed similarity in: pH between 5.7-7, electrical conductivity 2.1-4.4 dS m<sup>-1</sup>, organic matter of 2.27-20%, field capacity of 20-55%, apparent density 0.66-1.102 g cm<sup>3</sup>. However, when performing the statistical tests with a level of 95%, only four samples did not show significant differences between the means.

**Keywords;** electrical conductivity, apparent density, gleyco soil, biorremediation.

## INTRODUCCIÓN

El suelo puede tener diferentes concepciones de acuerdo al área de interés. En términos ambientales, los diversos factores que contribuyen en la formación de los suelos están relacionados con las actividades naturales y antropogénicas de cada sitio en particular. En México, existe una gran diversidad edáfica debido por la interacción de estos factores. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística.

Geografía e Informática, reportó que en 2077 en este país existían 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo [1,2]. Los suelos más dominantes son: Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%) que, en conjunto, ocupan 81.7% de la superficie nacional [3].

Los suelos presentes en sitios de conservación poseen alto valor ecológico, ya que albergan gran biodiversidad. No obstante, están susceptibles a contaminación debido a las actividades antropogénicas. Por ejemplo, en los manglares de Tabasco, se han suscitado diversos derrames de petróleo crudo que han afectados a suelos Solonchak, Gleysoles y Fluvisoles [4,5]. Con el fin de establecer un sitio para realizar estrategias de remediación, se tomaron muestra de suelo libres de hidrocarburos y susceptibles a derrames de este contaminante, se determinaron características edafológicas y se evaluó estadísticamente la similitud entre cada parámetro.

## METODOLOGÍA

El análisis consistió en evaluar estadísticamente seis muestras puntuales y una compuesta libre de petróleo localizadas dentro de un ecosistema de manglar en el Ejido Úrsulo Galván municipio de Jalpa de Méndez, Tabasco. El muestreo fue aleatorio y se recolectaron muestras de suelo libres de petróleo

aledaños a tres diferentes especies de mangles: *Rhizophora mangle* L (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) (**Figura 1a**). Los puntos de ubicación fueron en la zona 15 Q, para S1: 494246 m E y 2032097 m N, S2: 494266 m E y 2032128 m N, S3: 494219 m E y 2932091 m N, S4: 494261 m E y 2032112 m N, S5: 493542 m E y 2031805 m N y S6: 493513 m E y 2031814 m N.

En campo se describieron propiedades cualitativas como textura al tacto, color y profundidad de las muestras simples (**Figura 1b y Tabla 1**). Posteriormente, se construyó una muestra compuesta. Todas las muestras fueron almacenadas en bolsas negras, etiquetadas y trasladadas el laboratorio para su análisis.



**Figura 1:** Muestreo de suelo (a) y determinación de propiedades cualitativas.

**Tabla 1:** Mangle presente en cada punto de muestreo.

Suelos	Mangle	Profundidad (cm)
S1	Rojo	0-38
S2	Negro	0-38
S3	Negro	0-38
S4	Rojo, negro y blanco	0-38
S5	Blanco	0-38
S6	Blanco	0-38

En el laboratorio, las muestras fueron secadas al aire libre (**Figura 2a**), molidas

(molino de grano) y tamizadas (malla # 2mm)(**Figura 2b**). Luego, se determinaron (n=3): pH, Conductividad Eléctrica (CE) densidad real (DA), capacidad de campo (CC) y materia orgánica (MO) con base en los métodos establecidos en la norma mexicana NOM-021-SERMANAT 2000 [1].



**Figura 2:** Preparación de las muestras.

El análisis estadístico se realizó mediante un Test ANOVA-Tukey en el programa R-Project.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los valores de los parámetros de las seis muestras simples y una compuesta se presentan en la **Tabla 2**.

De los valores encontrados, el pH de muestras puntuales oscila 6.0 - 7.0. De acuerdo con la norma mencionada, se considera un suelo moderadamente ácido-neutro. Estos valores indican la biodisponibilidad de nutrientes presente en este tipo de suelos cual favorece agentes biológicos. Por ejemplo, a una alta concentración de iones hidrógeno en la solución del suelo no tiene un efecto significativo directo sobre el desarrollo de las plantas como es la disponibilidad del

fósforo en el suelo y la movilidad del calcio en la planta [3].

	pH	CE	DA	%CC	%MO
<b>S1</b>	6.1 <sup>B</sup> ±0.1	2.6 ±0.07	0.65±0.01	6.21±2.00	2.39 <sup>B</sup> ±0.02
<b>S2</b>	6.5 <sup>B</sup> ±0.06	5.5 ±0.07	0.94±0.0	22.51 <sup>B</sup> ±3.05	2.63 <sup>B</sup> ±0.03
<b>S3</b>	5.9 ±0.06	2.1 ±0.05	0.84 <sup>B</sup> ±0.00	14.8 ±2.67	2.93 <sup>B</sup> ±0.42
<b>S4</b>	6.2 <sup>B</sup> ±0.06	6.2±0.03	0.66±0.01	19.48 <sup>B</sup> ±1.77	2.27 <sup>B</sup> ±0.36
<b>S5</b>	6 0 ±0.1	4.17 <sup>B</sup> ±0.04	0.77±0.02	18.60 <sup>B</sup> ±2.03	2.36 <sup>B</sup> ±1.75
<b>S6</b>	7.0±0.1	4.10 <sup>B</sup> ±0.03	0.99±0.00	19.489±1.54	2.00 <sup>B</sup> ±1.33
<b>S7</b>	6.6 <sup>B</sup> ±0.1	4.13 <sup>B</sup> ±0.02	0.87 <sup>B</sup> ±0.02	21.25 <sup>B</sup> ±2.59	2.60 <sup>B</sup> ±0.03

**Tabla 2:** Propiedades de suelo analizado. Donde: S7 es muestra compuesta y <sup>B</sup> expresa que no existen diferencias significativas entre las medias de cada muestra.

Sin embargo, un valor de pH inferior de 4.0 tiene efectos negativos sobre los cultivos, ya que los suelos pueden presentar alta disponibilidad de aluminio intercambiable, el cual es considerado tóxico para algunas plantas, así como baja disponibilidad de calcio, magnesio y molibdeno.

Estos elementos, son susceptibles a pérdidas por lixiviación, lo cual favorece los procesos de fijación de molibdatos que conlleva la reducción de actividad microbiana que restringe la mineralización de la materia orgánica y. por lo tanto, la restricción de nutrientes para las plantas [4].

Para pH, se observó que las muestras S3, S5 y S6 presentan diferencias significativas con el resto de las muestras. No obstante, de acuerdo con la clasificación de la norma, solo S6 presenta clasificación neutra (6.6-7.3), el resto es considerada modernamente ácida (5.1-6.5).

En cuanto a la conductividad eléctrica o CE, se observó que presenta valores de 2.6-6.19 dS cm<sup>-1</sup> considerándose suelos salinos, pero que son comunes en las

zonas de manglar. No obstante, se observó que la CE tiene relación con el tipo de manglar presente, ya que las muestras S2, S4, S5 Y S6, predominan el mangle negro y blanco, mientras que en las muestras S1 y S3 predominan el mangle negro y rojo. Estos resultados podrían definir la especie a evaluar en el suelo contaminado o restaurado.

Así mismo, la densidad aparente o DA, se encuentra en el rango de 0.65-0.99 g cm<sup>-3</sup> que, de acuerdo a la norma de referencia, se encuentra en la categoría de suelos orgánicos, los cuales también son comunes para la zona de manglar debido a su alta captura de carbono [3,4]. Para este parámetro, solo la muestra S1 fue similar a la compuesta o S7, pero todas son consideradas como suelos orgánicos por la norma.

Se ha documentado que los suelos orgánicos poseen alta capacidad de retención de humedad, lo cual coincide con los valores de capacidad de campo para algunas muestras (~22.5%). Algunos reportes mencionan que los procesos microbianos como la humificación, la

amonificación y la nitrificación se hacen más lentos o se detienen a valores mayores a los observados [2,4]. Para %CC, los puntos S1 y S3, presentaron diferencias significativas con el resto de la muestra.

Además, se encontró 3.3 y 2.60% de MO, lo que indica que el suelo debido a que están más tiempo en agua no permite una aportación de materia orgánica, cabe considerar que un suelo rico en materia orgánica hay buena aireación, ricos en nutrientes, ayuda regular la temperatura y proliferación diversos microorganismos, además su cohesión y plasticidad, por lo que estos suelos son porosos y fáciles de cultivar [2,3]. Para este parámetro, no se observaron diferencias significativas entre los valores de las muestras.

Debido a que en los trabajos de remediación de suelos contaminados que se llevan a cabo en México se realizan sobre suelos homogenizados, se consideró trazar un polígono donde las propiedades de las muestras simples fueron similares con la muestra compuesta, así mismo que para evaluar la restauración del sitio, es importante considerar la CE y %MO.

## CONCLUSIONES

Se concluye que para establecer diseños experimentales en suelos se deben de considerar los parámetros edafológicos ya que estos varían entre un punto y otro, lo cual puede agregar errores a las evaluaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, por la beca de manutención para los estudios de Posgrado en Química Aplicada.

## REFERENCIAS

- [1] NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002#gs.c.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002#gs.c.tab=0)
- [2] Zavala-Cruz, J., Gavi-Reyes, F., Adams-Schroeder, R. H., Ferrera-Cerrato, R., Palma-López, D. J., Vaquera-Huerta, H., & Domínguez-Ezquivel, J. M. (2005). Derrames de petróleo en suelos y adaptación de pastos tropicales en el Activo Cinco Presidentes, Tabasco, México. *Terra latinoamericana* 23(3): 293-302.
- [3] Zavala-Cruz, J., Jiménez Ramírez, R., Palma-López, D. J., Bautista Zúñiga, F., & Gavi Reyes, F. (2016) Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 3(8):161-171.
- [4] Ramos-Reyes, R., Sánchez-Hernández, R., & Gama-Campillo, L. M. (2016) Análisis de cambios de uso del suelo en el municipio costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 3(8): 151-160.

- 
- [5] Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006) La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)* 24(1): 49-61.

