

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE DOS SUELOS CONTAMINADOS CON AGUA CONGÉNITA EN EL ESTADO DE TABASCO.

ASSESSMENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES OF TWO SOILS CONTAMINATED WITH CONGENITAL WATER IN THE STATE OF TABASCO

Madrigal-Díaz S. del C.¹, Morales-Bautista C. M.^{1*}, de la Garza-Rodríguez I. M.²

¹ División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa KM. 1. Col. Esmeralda CP. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.

² Facultad de Química. Universidad Autónoma de Coahuila. Copyright 2016. Blvd. Venustiano Carranza s/n Col Republica Oriente C.P 25280 Saltillo Coahuila México.

* carlos.morales@ujat.mx

RESUMEN

Con el fin de evaluar las diferentes interacciones que presentan un contaminante ante las diferentes los diferentes tipos de suelo, en el presente trabajo se planteó evaluar los cambios en suelos afectados por salinidad tomado como referencia los parámetros especificados en la NOM-021-SEMARNAT-2000 tales como pH y CE. También se determinó el tipo de suelo, así mismo, se analizó el agua congénita según la NOM-143-SEMARNAT-2003. Las áreas de estudio se eligieron de acuerdo a su cercanía a baterías de separación y se ubicaron en los

municipios de Paraíso y Macuspana, clasificados como arenosol y luvisol. Por otro lado, el agua congénita presentaba altos contenidos de sodio y sólidos totales, al contaminar experimentalmente estos parámetros se ven reflejados en el aumento de la salinidad del suelo, considerando que pasa de no salino a salino ($CE > 4$ dS/m), los reportes mencionan que esto afecta directamente las propiedades del suelo y el funcionamiento de las plantas.

Palabras clave: Salinidad, impacto ambiental, vocación de uso, industria petrolera.

ABSTRACT

In order to evaluate the different interactions that a contaminant presents with the different types of soil, in the present work it was proposed to evaluate the changes in soils affected by salinity taken as reference the parameters specified in NOM-021-SEMARNAT-2000 such as pH and EC. The type of soil was also determined, likewise, the congenital water was analyzed according to NOM-143-SEMARNAT-2003. The study areas were chosen according to their proximity to separation batteries and were located in the municipalities of Paraíso and Macuspana, classified as arenosol and luvisol. Observing results, the congenital water had high contents of sodium and total solids, when experimentally contaminating these parameters are reflected in the increase in soil salinity, considering that it goes from non-saline to saline ($EC > 4 \text{ dS / m}$), the reports mention that this directly affects the properties of

the soil and the functioning of the plants.

Keywords: Salinity, environmental impact, vocation of use, oil industry.

INTRODUCCION

La industria petrolera aporta residuos de la extracción del hidrocarburo, debido a los compuestos que poseen son considerados como peligrosos según la normativa ambiental mexicana vigente. Uno de los residuos de producción de hidrocarburos es el agua congénita, este contiene sales disueltas, tales como cloruro de calcio y sodio, carbonatos de sodio, cloruro de potasio, sulfato de calcio o bario, entre otros; cuya concentración puede alcanzar valores altos. Comúnmente, el método empleado para la disposición final de este residuo es un sistema de inyección a pozos petroleros agotados o bien en sistemas de tratamiento de aguas residuales para descarga en cuerpos de agua o costa

afuera, sin embargo, por la mala operación en el almacenamiento, transporte e inyección presentan derrames que afectan directamente las propiedades del suelo. El efecto negativo es el aumento del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), los impactos sobre las propiedades físicas del suelo han sido bien documentados, ya que diversos estudios han demostrado que un alto PSI en el complejo de cambio puede provocar dispersión y expansión de las partículas de suelo, lo que ocasiona la obstrucción de los espacios porosos y disminución de la conductividad hidráulica [1]. Debido a que esta problemática se encuentra inmersa en zonas de producción agrícola, se ha propiciado la implementación de investigaciones en las que se aplican nuevas tecnologías que implican la evaluación de la clasificación y calidad del suelo, agua y nutrientes [2].

La salinidad se refiere a la presencia en el suelo de una alta concentración de sales

que perjudican a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico (medible a través de la capacidad de campo) [3]. La situación más frecuente de salinidad en los suelos es por NaCl, pero no es el único, ya que los suelos salinos suelen presentar distintas combinaciones de sales, siendo comunes los cloruros y los sulfatos de los cationes Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Sin embargo, la sodicidad también se puede desarrollar cuando en una solución del suelo hay una concentración de PSI > 15% que son capaces de sufrir hidrólisis alcalina, de tipo carbonato y bicarbonato de sodio [4].

Algunas investigaciones han establecido que La presencia de altas concentraciones de sodio en los suelos no sólo perjudica las plantas directamente, sino también degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y la permeabilidad del agua. Los suelos, que se caracterizan por presentar propiedades físicas y químicas desfavorables para el

crecimiento y desarrollo de los cultivos que en ellos se desarrollan, necesitan tratamientos especiales para su mejoramiento y manejo [5].

Los precedentes más importantes de la salinidad pueden ser expuestos por dos vías [6-7]: Iniciando por la natural, ya sea por la cercanía y la altura sobre el nivel del mar, la intemperización y la existencia de sales también son causas primarias de salinidad que se agudizan en condiciones heterogéneas de micro topografía y las propiedades físico-químicas del perfil del suelo, como son: la textura, la estructura, la porosidad, la permeabilidad, la capacidad de retención de humedad y de intercambio catiónico juegan un papel importante. De ahí que en regiones áridas y semiáridas esta situación es predominante, incluso, en áreas con mejores promedios anuales de precipitación, como en los climas trópicos secos y templados secos, la presencia de períodos secos más largos, puede

condicionar la ocurrencia de procesos de salinización. Además de las adversas condiciones climáticas, se deben considerar otros factores, en la ocurrencia de salinidad, como son: las aguas salinas subterráneas, las tierras bajas cercanas a las costas, los pantanos y las lagunas litorales, así como en las áreas cercanas a minas y bóvedas salinas.

La segunda causa, es el resultado de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y el mal manejo el agua para el riego, lo cual permite la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de las mismas a nuevos sitios. Esto es conocido como proceso de salinidad atrófica o secundaria, convirtiéndose la salinización de los suelos en una consecuencia del desarrollo de la sociedad humana, en estos sitios es dónde se considerará la parte de mal manejo de los residuos de extracción de hidrocarburo como lo es el agua congénita [8].

Es por eso, que el presente trabajo se

enfatisa en realizar los estudios de los cambios en las propiedades de dos suelos contaminados con agua congénita proveniente de una batería de separación de la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX), como variables de respuesta se evaluarán los cambios en el PSI y conductividad eléctrica (CE), y de este modo, establecer si el tipo de suelo pudiese tener influencia en el tiempo de remediación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la elección de dos sitios debido a la susceptibilidad de derrames de aguas congénitas, estos fueron los suelos de Macuspana y Paraíso del estado de Tabasco, con baterías de separación muy cercanas a ellos (Macuspana-Muspac, N. 17°, 51', 48.9". W 092° 29' 032" ± 8, y Terminal Marítima Dos Bocas N 18°,26',198". W 93°, 15' 752", ±14, respectivamente).

La metodología consistió en describir los

parámetros geomorfológicos de los sitios, con el fin de mantener un análisis comparativo y también para definir tipo de suelo se determinó los parámetros de campo, tales como lo son los horizontes, color, textura, entre otras; según lo que establece las tablas referidas en la guía de muestreo de suelos en campo de Cuanalo [9].

Posteriormente, se tomaron muestras representativas de cada horizonte, se etiquetan, se guardan en bolsas y se conservan en una nevera con hielo para su transporte del sitio de muestreo al laboratorio de análisis de suelos e hidrocarburos de la DACB-UJAT.

Parámetros fisicoquímicos de los suelos por la NOM-021-SEMARNAT-2000. La evaluación fisicoquímica de las muestras consistió en la determinación de los siguientes parámetros mostrados en **tabla 1**[10]. Los cuales se realizaron siguiendo la metodología marcada en la norma.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Método
DA	AS-03
DR	AS-04
TEXTURA	AS-09
PH	AS-02
CE	AS-02
CIC	AS-12
%MO	AS-08
C.C.	AS-07

Lo anterior con el fin de tener valores de referencia que sirven de medición del suelo testigo para analizar sus características y determinar el tipo de suelo que se trabajó.

Del mismo modo, se caracterizó el agua congénita de la Batería de Producción de producción Shishito del Activo Macuspana-Muspac según la NOM-143-SEMARNAT-2003.

Se contaminaron los suelos con agua congénita tomando como base la capacidad de campo (3 kg de suelo y aproximadamente 1.2 L y 2.4 L de aguas para el suelo de Paraíso y Macuspana, respectivamente). Se dejó reposar por 10 días, pasados este tiempo, se drenó el

agua y, nuevamente se determinaron los parámetros especificados en la tabla 1, los resultados fueron considerados como suelo contaminado.

RESULTADOS

Con los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de suelo testigo, se compararon con la literatura y se corroboró el tipo de suelo de Macuspana, que corresponde al Luvisol (**tabla 2**) [11].

Realizando la comparación de los resultados de suelo contaminado con testigo (**tabla 2 y 3**), algunos parámetros como %MO, se observó una reducción de la materia orgánica del 32% después de aplicar el contaminante (agua congénita) debido a la esterificación que se puede presentar a través de lixiviados, sin embargo en otras propiedades como la CIC no se reflejó cambio. Un factor para determinar efectos de salinidad es la CE, en esta se observa incrementos de 0.14

entre testigo a 7 dS/m en el contaminado, considerando este rango, la NOM-021-SEMARNAT-200 lo clasifica como salino. Por otro lado, DA presenta un aumento del 12 % y DR presento disminución, ambos por compactación y ruptura de agregado, lo anterior puede medirse en la disminución de la porosidad (%PO), la cual cae hasta en un 80 %, aunque los efectos de potencial hídrico son menores ya que CC solo existe una depreciación

del 1%. Sin embargo, puede existir problemas de retención de nutrientes y de agua ya que la textura cambio de clasificación y porcentajes, por el aumento de limos y disminución de las arenas debe existir floculación, lo que describe aumento del diámetro de partícula, pero no de masa.

Se observó cambios en la estructura del suelo, debida a la alteración que provocó el contaminante en el suelo.

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos según la NOM 021 SEMARNAR 2000 suelo Luvisol de Macuspana (testigo).

%MO	CIC Cmol/kg	pH	CE	DA	DR	%Po	CC	Texturas		
								%A	%R	%L
5.13	0.60	5.9	0.14	1.03	1.62	36.41	35.47	80.6	7	12.3
Areno Francosa										

Tabla 3 Parámetros físicos y químicos según la NOM 021 SEMARNAR 2000 suelo Luvisol de Macuspana (contaminado).

%MO	CIC Cmol/kg	pH	CE	DA	DR	%Po	CC	Texturas		
								%A	%R	%L
3.5	0.56	6.6	7.4	1.16	1.3	10.76	34.6	49.32	2.52	48.16
Franco Arenosa										

Por otro lado, en la tabla 4 se describen los datos obtenidos en el estudio fisicoquímico del suelo del municipio de Paraíso. Con estos resultados obtenidos se compararon con los mostrados en la

literatura del libro de Suelos de Tabasco y se determinó que el suelo de Paraíso es un arenosol. Éste suelo tiene las características tener un buen drenaje y por ende no retienen agua, pero existe

vegetación que se adapta a esa condición, es por eso que las plantas retienen la mayor cantidad de agua posible cuando esta se presenta. La materia orgánica en este suelo es poca, es suelo a pesar de presentar tres horizontes las características entre uno y otro son parecidas [12].

En las **tablas 4 y 5** se muestran las evaluaciones del suelo de Paraíso. De manera general, se observan que parámetros como %MO disminuyeron en

un 40%, al igual que en suelo de Macuspana, en el de Paraíso la CE aumento, por lo que al contaminar se provoca salinidad, sin embargo, en este suelo las características de densidades y porosidad, así como textura se conservan, por lo que se puede establecer que cada suelo tiene un compartimiento distinto ante un mismo contaminante. Esto también puede definir el tipo de tratamiento a emplear en cada caso.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos según la NOM 021 SEMARNAT 2000 suelo arenoso Paraíso (testigo).

%MO	CIC Cmol/kg	pH	CE	DA	DR	%Po	CC	Texturas		
								%A	%R	%L
0.53	0.038	7.73	0.48	1.3	1.96	33.60	18.01	96.88	2.88	0
								Arenosa		

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos según la NOM 021 SEMARNAT 2000 suelo arenoso Paraíso (contaminado).

%MO	CIC Cmol/kg	pH	CE	DA	DR	%Po	CC	Texturas		
								%A	%R	%L
0.3	0.39	8	7.33	1.4	2	30	16.3	95.3	4.68	0
								Arenosa		

En cuanto al contaminante los resultados del análisis realizado se presentan en la **tabla 6** [13].

Tabla 6. Características del agua congénita.

Determinación de parámetros en ppm	
Parámetros	agua congénita
CE	8.55 ± 0.01
pH	8.1 ± 0.015
T	25.4 ± 0.11
HTP	34.9 ± 0.003
Mn	0.5 ± 0.003
V	2.1 ± 0.005
Na	2.4 ± 0.017
Fe	1.2 ± 0.0038
K	0.6 ± 0.0072
Ca	0.6 ± 0.002
S	0.5 ± 0.006
Mg	0.4 ± 0.001
Co	0.01 ± 0.003

Los valores mostrados en la tabla 3 indican que el agua congénita tiene valores por debajo de lo establecido en la NOM 143 SEMARNAT 2003, aunque está considerada para disposición final hay que considerar que provoca cambios en las propiedades de los suelos, por lo que es de suma importancia considerar que cuando

esta puede ser un contaminante en los suelos y de este modo establecer las condiciones de seguridad en su manejo y transporte.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a lo resultados obtenidos se puede concluir que además de la CE existen otras propiedades afectadas de cada suelo y que estos cambios también dependen del tipo de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Porta C., Jaime., L. A., Marta., y Roquero L., Carlos, (1999) Edafología para el Medio Ambiente. 2da Edición. Mundi Prensa. España. 258-695-696 pp.
- [2] Bohn, H. L., McNeal, B. L., y O'connor, G. A. (1993) Química del Suelo. 2da Edición. Limusa S. A de C. V., México. 276-277 pp.
- [3] Summer, E. M. Sodio soils: New perspectives. *Australian Journal Soil Research*. 1993, vol. 31, Universidad de Murcia. Consultado en línea en noviembre de 2017: http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf

- [4] Carlos M. M. B., Verónica D. R. y Randy H. A. (2011). Estudio cinético del intercambio catiónico con y evaluación de la fertilidad en un suelo arcilloso contaminado con aguas congénitas.
- [5] Adams S., R. H., Álvarez R., J. A., Tinal O., C. y Guzman O., F. J. (2005) Restoration of Brine and Oil Contaminated Marshlands by Cationic Exchange and Chemical-Biological Stabilization. 12th International Environmental Petroleum Conference. International Environmental Petroleum Consortium. Juarez Autonomous University of Tabasco (UJAT), Academic Division of Biological Sciences. 3 pp.
- [6] Lamz Piedra, Alexis y González Cepero, María C. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 4, p. 31-42.
- [7] Álvarez C, J. (2007) Remediación de un suelo contaminado con aguas salinas congénitas procedentes de la extracción del petróleo mediante la técnica de lavado con Ca(OH)₂.
- [8] Carlos M. M. B., Carlos E. L. G., Candelario M.O., y Maricela J. A. C. (2016) Evaluación del tratamiento del intercambio catiónico en dos suelos aluviales contaminados con aguas congénitas
- [9] FAO. 2002. FAO/UNESCO Digital Soil Map of the World and derived soil properties. Land and Water Digital Media Series #1 rev 1. FAO, Roma
- [10] NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreos y análisis.
- [11] Palma-López D. J.1, Jiménez Ramírez R.2 , Zavala-Cruz J.1*, Bautista-Zúñiga F.3 , Gavi Reyes F.4, Palma-Cancino D. Y.1, UPDATING THE CLASSIFICATION OF SOILS IN TABASCO, MÉXICO, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco. México. 2 Universidad Politécnica del Golfo de México. Paraíso, Tabasco. México. 3 Centro de Investigación Geografía Aplicada (CIGA) Morelia, Michoacán. México. 4 Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.
- [12] Palma.L., D. J., Cisneros, D. J., Moreno, C. E., y Rincón R. J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPOTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México, 195.
- [13] Norma 143 <de agua, a. p. e. m. norma oficial mexicana nom-143-semarnat-2003, que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos.