

Efecto de la conductividad y el Potencial Z sobre sistemas suelo-tensoactivo

Effect of conductivity and Z-Potential on soil-surfactant systems

DOI: 10.46932/sfjdv3n4-098

Received in: April 14th, 2022

Accepted in: June 30th, 2022

Erik Giovany Cruz Vergara

Maestro en Ciencias de la Ingeniería

Institución: Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM)

Dirección: Prol. Bahía de Aldahir, Av. De las Bahías Parque Industrial, Altamira, Tamaulipas

Correo electrónico: G13070607@cdmadero.tecnm.mx

Angel Rafael Lara Hernández

Doctor en Ciencias de la Ingeniería

Institución: Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM)

Dirección: Prol. Bahía de Aldahir, Av. De las Bahías Parque Industrial, Altamira, Tamaulipas

Correo electrónico: angel.lh@cdmadero.tecnm.mx

Nohra Violeta Gallardo Rivas

Doctor en Ciencias Químicas

Institución: Tecnológico Nacional de México - Centro de Investigación en Petroquímica - Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM)

Dirección: Prol. Bahía de Aldahir, Av. De las Bahías Parque Industrial, Altamira, Tamaulipas

Correo electrónico: nohra.gr@cdmadero.tecnm.mx

Ulises Páramo García

Doctor en Ciencias Químicas

Institución: Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM)

Dirección: Prol. Bahía de Aldahir, Av. De las Bahías Parque Industrial, Altamira, Tamaulipas

Correo electrónico: ulises.pg@cdmadero.tecnm.mx

Ana María Mendoza Martínez

Doctor en Ciencias en Ingeniería Química

Institución: Tecnológico Nacional de México - Centro de Investigación en Petroquímica-Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM)

Dirección: Prol. Bahía de Aldahir, Av. De las Bahías Parque Industrial, Altamira, Tamaulipas

Correo electrónico: ana.mm@cdmadero.tecnm.mx

RESUMEN

Los parámetros eléctricos (conductividad y potencial Z) son medidas de la magnitud de repulsión-atracción entre partículas, por lo que, son fundamentales para la estabilidad de sistemas electroactivos, esta propiedad está ligada a los fenómenos de dispersión, floculación o agregación de especies. Debido a esto, el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto, a diferentes concentraciones de distintos tensoactivos, en el potencial Z y la conductividad de sistemas suelo-tensoactivo. Los resultados obtenidos para un suelo que fue modificado con un tensoactivo no-iónico, mostraron valores de potencial Z entre los -2.46 mV y -6.44 mV con una tendencia a decrecer en función del incremento de la concentración del tensoactivo, esto permite preservar las propiedades conductivas normales del suelo (negatividad). El comportamiento de los tensoactivos aniónico y catiónico es similar, con valores de potencial Z entre los -3.65 mV a -4.55 mV para el aniónico y 5.16 mV a 8.79 mV para el catiónico, esto asociado a la naturaleza

de cada tensoactivo (carga efectiva). En cuanto a la conductividad, los tres tensoactivos mostraron ser más conductivos con el incremento del valor del parámetro en función de la concentración de estos en el suelo.

Palabras clave: potencial Z, conductividad, tensoactivo, suelo.

ABSTRACT

The electrical parameters (conductivity and potential Z) are measures of the magnitude of repulsion-attraction between particles, so they are fundamental for the stability of electroactive systems, this property is linked to the phenomena of dispersion, flocculation or aggregation of species. Due to this, the objective of this work was to analyze the effect, at different concentrations of different surfactants, on the Z potential and conductivity of soil-surfactant systems. The results obtained for a soil that was modified with a non-ionic surfactant, showed Z potential values between -2.46 mV and -6.44 mV with a tendency to decrease depending on the increase in the concentration of the surfactant, this allows to preserve the normal conductive properties of the soil (negativity). The behavior of anionic and cationic surfactants is similar, with Z potential values between -3.65 mV to -4.55 mV for anionic and 5.16 mV at 8.79 mV for cationic, this associated with the nature of each surfactant (effective charge). In terms of conductivity, the three surfactants were shown to be more conductive with the increase in the value of the parameter depending on the concentration of these in the soil.

Keywords: Z-potential, conductivity, surfactant, soil.

1 INTRODUCCIÓN

La remediación electrocinética de suelos contaminados está despertando un gran interés debido a que, a priori, presenta una serie de aspectos potencialmente ventajosos: puede ser desarrollada in situ, evitando costes asociados a etapas de excavación y transporte, puede aplicarse en el tratamiento de suelos estratificados de baja porosidad y permeabilidad, contaminados con metales pesados y/o especies orgánicas (Pamukcu y Whittle, 1992, Shapiro y Probststein, 1993, Acar y Saichek, 1993). En este punto, es importante indicar que la electro-remediación de suelos presenta una limitación cuando la contaminación se produce por compuestos orgánicos hidrófobos (COHs), debido a su carácter apolar y a su baja solubilidad en agua. Estas propiedades hacen que la movilización de estos compuestos mediante el lavado producido por flujo electro-osmótico o el transporte provocado tanto por electromigración iónica como por electroforesis, sea ineficiente (Reddy y Saichek, 2003, She et al., 2003, Saichek y Reddy, 2003, Fava et al., 2003). Estas circunstancias, han derivado en la investigación de modificaciones al proceso de electromigración, enfocadas a incrementar el rendimiento obtenido con la adición de los denominados “fluidos de mejora”, entre los que se encuentran los tensoactivos. Estos compuestos están formados por moléculas anfifílicas capaces de interactuar con compuestos polares y/o apolares (Markiewicz et al., 2013). Ahora bien, estudiar los tensoactivos a través del análisis de la conductividad y potencial Z de sistemas suelo – agua, permitirá entender la técnica de remediación electrocinética y elucidar el efecto de los componentes eléctricos involucrados en el proceso de migración de especies cargadas (Shapiro y

Probstein 2003). Es por eso que el objetivo de este trabajo es evaluar los parámetros eléctricos (conductividad y potencial Z) de sistema suelo – tensoactivo.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Los tensoactivos que se utilizaron se muestran en el **Tabla 1**. Se puede observar en ella que se utilizan tres distintos tensoactivos, estos fueron elegidos en función de las propiedades electroactivas del suelo (cualidades de potencial negativo) y con la finalidad de evaluar el efecto del cambio de carga (tensoactivo catiónico y no-iónico), así como el efecto sinérgico de agregar un tensoactivo aniónico con similares tendencias en el valor de potencial Z.

Tabla 1. Tensoactivos de estudio

Tensoactivo	Nombre químico	Tipo de Tensoactivo	Marca	Pureza
SDS	Dodecilsulfato de sodio	Aniónico	Sigma-Aldrich	ReagentPlus ®, ≥98.5%
CTAB	Bromuro de cetiltrimetil amonio	Catiónico	Sigma-Aldrich	≥98%
NNF-10	Nonilfenoletoxilato	No-Iónico	Química de Emulsificantes	-----

El suelo utilizado para el estudio pertenece al estado de Veracruz, específicamente en el campo petrolero Pitepec a una profundidad superficial de 0 – 18 cms.

2.1 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

Se prepararon soluciones a diversas concentraciones (0.001M – 0.1M) de los tres tensoactivos estudiados, Dodecil sulfato de sodio (SDS), Bromuro Cetiltrimetil amonio (CTAB) y nonilfenol etoxilado a 10 moles (NNF-10) en fase acuosa (H₂O DI). Enseguida se prepararon los diferentes sistemas de estudio, se muestran en el **Tabla 2**.

Tabla 2. Sistemas de estudio

0.1M	0.015M	0.01M	0.0015M	0.001M
SDS / Suelo / H ₂ O DI				
CTAB / Suelo / H ₂ O DI				
NNF-10 / Suelo / H ₂ O DI				

2.2 CONDUCTIVIDAD

El método conductimétrico consiste en medir la conductividad de disoluciones que contienen de distinta concentración de tensoactivo. Para obtener la conductividad se utilizó el equipo de marca Malvern modelo Zetasizer, en el que se analizaron los diferentes sistemas de estudio preparados (**Tabla 2**) con variaciones de 0.10 a 0.0010M a 25°C utilizando como disolvente agua desionizada.

2.3 POTENCIAL Z

En suspensiones líquidas, el potencial Z es una medida de la atracción/repulsión entre partículas cargadas electrostáticamente, permitiendo estudiar la estabilidad de dispersiones, emulsiones, suspensiones, etc. En sólidos macroscópicos, es una propiedad importante de interfaces sólido/líquido cargadas eléctricamente, siendo un indicador de la carga superficial de un sólido en contacto con un electrolito. Este análisis se realizó con un equipo de marca Malvern, modelo ZetaSizer. Se analizaron los sistemas mostrados en la tabla 2, se utilizó agua desionizada como dispersante, con distintas de concentraciones con la finalidad de observar el efecto de la concentración sobre la corriente que pasa por las partículas.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

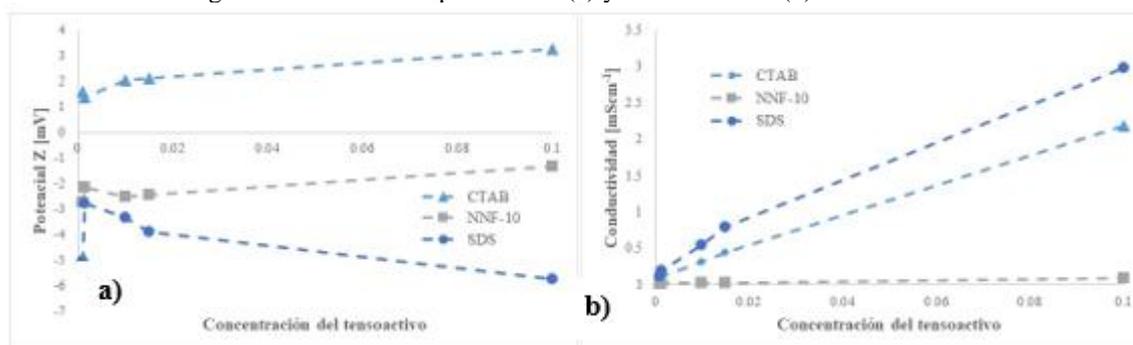
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Para obtener el tamaño de partículas fue realizado mediante un análisis granulométrico de acuerdo a la norma ASTM D422-63 arrojando que el suelo de estudio corresponde a clastos de arena fina a muy fina según la tabla de Udden Wentworth, también de acuerdo al triángulo textural de la USDA es catalogado como un suelo franco arcilloso. En cuanto a la porosidad del suelo de estudio, se obtuvo que este presenta el 20% de los huecos ocupados por aire en 250 gramos de suelo, es decir que presenta muy baja porosidad de acuerdo a al autor (Flores L. y Alcalá J. 2010). Con lo que respecta al color, este presenta de acuerdo a la tabla Munsell presenta un color oscuro en seco lo cual puede ser debido al contenido de materia orgánica presente en este (Flores L. y Alcalá J 2010). A lo que se refiere a la salinidad del suelo estudiado fue realizado por la técnica analítica de Mohr es fuertemente salino (113.64 mg L^{-1}) según la Norma Oficial Mexicana, NOM-21RECNAT-2000.

3.2 POTENCIAL Z Y CONDUCTIVIDAD TENSOACTIVO

La conductividad y el potencial Z del suelo se presenta en presencia y ausencia de tensoactivo para comparar los resultados.

Figura 1. Medición del potencial Z (a) y conductividad (b) del tensoactivo



Fuente: Erik G. Cruz, 2021.

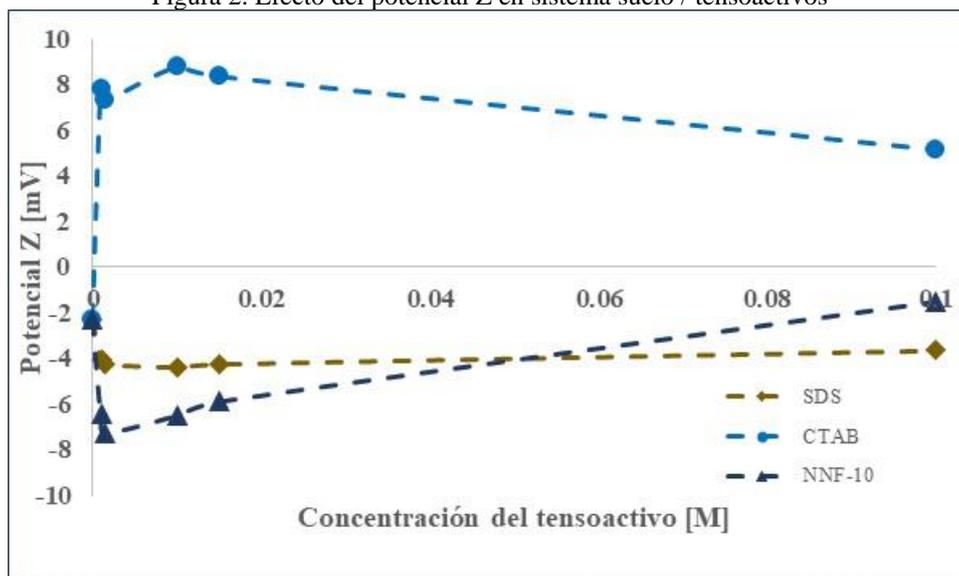
En la **Figura 1 (a)** se puede observar el potencial Z de cada uno de los tensoactivos que se estudiaron. En esta puede verse que el comportamiento de cada uno de ellos es debido a la carga efectiva del mismo, es decir, que un tensoactivo catiónico (CTAB) presenta un potencial Z positivo y que conforme incrementa la concentración del mismo tiende a ser más positivo. En cambio, cuando el tensoactivo es uno no iónico (NNF-10) o uno aniónico (SDS) el potencial Z es negativo para ambos casos, siendo más negativo conforme más concentración presente uno aniónico, caso contrario a uno no iónico que suele ser menos negativo a mas concentración.

Con lo que respecta a la conductividad (**Figura 1 (b)**), el comportamiento de los tensoactivos en este parámetro suele ser más conductivo un tensoactivo aniónico SDS, seguido de un catiónico (CTAB) y al último un no iónico (NNF-10).

3.3 POTENCIAL Z EN SISTEMA SUELO – TENSOACTIVO

En función del potencial Z (**Figura 2**) fue determinado para cada uno de los tensoactivos estudiados en el suelo. Como puede verse para SDS y NNF-10 los valores del parámetros fueron negativos atribuido a la carga efectiva de los tensoactivos, ya que el suelo al ser negativo (-2.298 mV) y se le adhiere un tensoactivo aniónico (SDS) este aumentara su valor, en cambio cuando el tensoactivo es no iónico (sin carga) tiende a tener un potencial Z negativo más cercano al 0. Por otro lado, cuando el tensoactivo adherido es catiónico (CTAB), su comportamiento en todos los sistemas estudiados es positivo debido a la carga efectiva que presenta el mismo, también puede verse que en relación a la concentración de este, a más concentración de este, tiende a tener menos potencial Z.

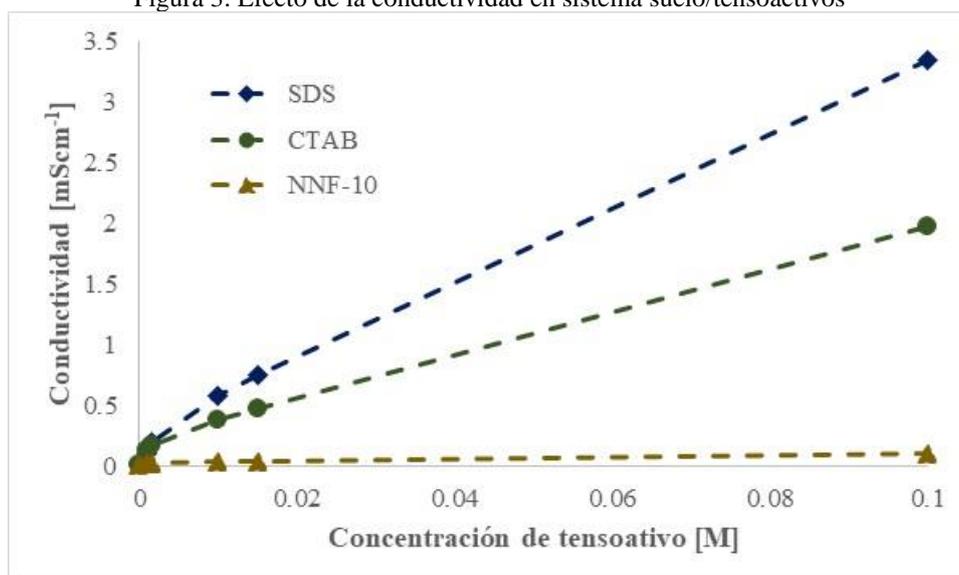
Figura 2. Efecto del potencial Z en sistema suelo / tensoactivos



Fuente: Erik G. Cruz, 2021.

3.4 CONDUCTIVIDAD EN SISTEMAS SUELO – TENSOACTIVO

Figura 3. Efecto de la conductividad en sistema suelo/tensoactivos



Fuente: Erik G. Cruz, 2021.

En la **Figura 3** se puede observar el comportamiento de conductividad en el suelo con o sin tensoactivo, se puede ver que con la adición de este en el suelo, es más conductivo entre más concentración presente este. También, la medición del parámetro de estudio, se observa que los diferentes tensoactivos adheridos al suelo nos genera un aumento de este en una relación SDS – CTAB – NNF-10, esto puede ser por el comportamiento que tiene cada uno de los tensoactivos.

4 CONCLUSIONES

Los resultados observados demuestra que el uso de tensoactivos modifica las propiedades del sustrato estudiado (suelo), con respecto al potencial Z el uso de distintos tipos de tensoactivos puede incrementar tanto la medición del parámetro que puede incluso hacerlo positivo, sabiendo que el potencial z del suelo es negativo, así como también puede ser más negativo haciendo uso de un tensoactivo aniónico, la conductividad presenta la misma tendencia para los tensoactivos de estudio siendo el más conductivo el tensoactivo aniónico. Estableciendo como conclusión final que un tensoactivo aniónico provee de un efecto sinérgico en los valores de los parámetros estudiados, esto promueve una mejor migración de especies, que puede ser utilizado como factor de cambio en los estudios de migración de especies en suelos contaminados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero al Proyecto de Investigación Científica del TecNM clave 10131.21-P. De igual modo Erik G. Cruz agradece la beca otorgada por el CONACYT-México para estudios de Posgrado No. 763450.

REFERENCIAS

- Acar, Y. B., & Alshawabkeh, A. N. (1993). Principles of electrokinetic remediation. *Environmental science & technology*, 27(13), 2638-2647.
- Fava, G., Fratesi, R., Ruello, M. L., & Sani, D. (2002). Surfactant effects on electrokinetic processes in clay-rich soils remediation. *Annali di chimica*, 92(10), 955-962.
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). Manual de procedimientos analíticos: laboratorio de física de suelos. Departamento de Edafología, Instituto de Geología UNAM.
- Markiewicz, M., Mroziak, W., Rezwan, K., Thöming, J., Hupka, J., & Jungnickel, C. (2013). Changes in zeta potential of imidazolium ionic liquids modified minerals—implications for determining mechanism of adsorption. *Chemosphere*, 90(2), 706-712.
- Pamukcu, S., & Kenneth Wittle, J. (1992). Electrokinetic removal of selected heavy metals from soil. *Environmental Progress*, 11(3), 241-250.
- Reddy, K. R., & Saichek, R. E. (2003). Effect of soil type on electrokinetic removal of phenanthrene using surfactants and cosolvents. *Journal of environmental engineering*, 129(4), 336-346.
- Saichek, R. E., & Reddy, K. R. (2003). Effect of pH control at the anode for the electrokinetic removal of phenanthrene from kaolin soil. *Chemosphere*, 51(4), 273-287.
- Shapiro, A. P., & Probstein, R. F. (1993). Removal of contaminants from saturated clay by electroosmosis. *Environmental Science & Technology*, 27(2), 283-291.
- She, P., Liu, Z., Ding, F., Yang, J., & Liu, X. (2003). Surfactant enhanced electroremediation of phenanthrene. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 11(1), 72-78.