

Nutrientes existentes en predios aledaños a zonas de hidrocarburos

Existing nutrients in properties adjacent to hydrocarbon zones

DOI: 10.46932/sfjdv3n4-025

Received in: April 14th, 2022

Accepted in: June 30th, 2022

Francisco Alonso Esquivel

Doctor en Metodología de la Enseñanza

Institución: Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dirección: Valle Hermoso, Tamaulipas - México

Correo electrónico: aesquivel@docentes.uat.edu.mx

Luis Alberto Aldape Ballesteros

Doctor en Ciencias de la Educación

Institución: Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dirección: Valle Hermoso, Tamaulipas - México

Correo electrónico: laldape@uat.edu.mx

Jesús Roberto García Sandoval

Doctor en Aprendizaje y Cognición

Institución: Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dirección: Valle Hermoso, Tamaulipas - México

Correo electrónico: rgarcia@docnetes.uat.edu.mx

Servando Jaziel Aguayo García

Licenciado en Tecnología Educativa

Institución: Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dirección: Valle Hermoso, Tamaulipas - México

Correo electrónico: servando.aguayo@uat.edu.mx

RESUMEN

La presente investigación se realizó en ocho predios de cultivos en zona de temporal y cinco de riego, todos con una cercanía de no más de quinientos metros de un pozo de hidrocarburos en la zona de San Fernando, Tamaulipas, de los cuales se realizaron muestras de suelos mediante la técnica de zigzag a profundidad de 20 a 30 cm con barreno. Se determinó el grado existente de los componentes: PH, Zinc, Fósforo, Magnesio, Hierro, Boro y Potasio, derivado de ello se muestran diferencias significativas entre el componente Magnesio de 6.20 ppm mayormente en Riego, y Potasio con 5.9 ppm de diferencia mayormente en Temporal.

Palabras clave: análisis de suelos, nutrientes, NPKS, hidrocarburos, muestreo.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in eight farms in rainfed areas and five in irrigation, all with a proximity of no more than five hundred meters from a hydrocarbon well in the area of San Fernando, Tamaulipas, of which soil samples using the zigzag technique at a depth of 20 to 30 cm with a hole. The existing degree of the components was determined: PH, Zinc, Phosphorus, Magnesium, Iron, Boron and Potassium, derived from these significant differences are shown between the Magnesium component of 6.20 ppm mainly in Irrigation, and Potassium with 5.9 ppm of difference mainly in Temporary.

Keywords: soil analysis, nutrients, NPKS, hydrocarbons, sampling.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO DE SAN FERNANDO

El Estado de Tamaulipas se caracteriza por su labor en el campo de la agricultura. De acuerdo con León (2017) “Tamaulipas, en 2015, aportó 3.5 por ciento de la producción agrícola nacional, con una producción de un millón 186 mil hectáreas que arrojaron ocho millones de toneladas de productos agrícolas”. Esto nos indica la importancia de la agricultura para el estado, e incluso a mayor escala para México. Así mismo, se puede hablar del porcentaje de la zona, específicamente de la zona fronteriza tamaulipeca, en donde se observó una mayor producción del grano de sorgo. Con ello se proporciona un vistazo detallado sobre la importancia de las actividades agrícolas dentro de todo el estado, pero, sobre todo, se logra identificar que, la mayor producción de estas actividades se encuentra en los municipios cercanos a la frontera entre Estados Unidos de América y México. Tomando en cuenta las cifras obtenidas en el ciclo Otoño- invierno 2019 - 2020 la mayor superficie de siembra se encontró dentro de la zona norte del Estado, donde se sembraron 886,324 hectáreas, los principales cultivos de este ciclo son: Sorgo grano, Maíz grano, Maíz palomero, Cártamo, Algodón hueso, Trigo grano, Cebolla, Canola y Okra (angú o gombo) entre otros. Lo anterior reafirma el valor significativo que tiene la zona norte en actividades dedicadas al cultivo de distintas semillas.

Actualmente Tamaulipas es considerado uno de los principales estados con mayor producción agrícola a escala nacional. Aunado a esto, León (2017) menciona que “cinco municipios fronterizos (Matamoros, Valle Hermoso, Río Bravo, Reynosa San Fernando) concentran un tercio de la superficie cosechada, así como de la producción en toneladas y en valor en miles de pesos”. Dichos municipios, proporcionan las mayores cantidades de productos agrícolas del estado de Tamaulipas. Cabe mencionar que a pesar de que San Fernando realmente no forma parte de la frontera con los Estados Unidos es considerada parte de esta. Debido a la interacción socio-productiva que este municipio tiene con los cinco municipios antes mencionados. Esta interacción lo hacen ser partícipe de la zona sorguera fronteriza de la región.

San Fernando es una ciudad perteneciente al estado de Tamaulipas, tiene una población cercana a 51,405 de habitantes Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ([INEGI], 2020). Por su parte el Gobierno del Estado de Tamaulipas (2019) argumenta que “Colinda al norte con los municipios de Méndez, Río Bravo y Matamoros; al Este con el municipio de Matamoros y el Golfo de México; al Sur con los municipios de Soto la Marina, Abasolo y Cruillas; al Oeste con los municipios de Cruillas, Burgos y Méndez”. La ubicación del municipio posee una extensión territorial de acuerdo con Rodríguez et al. (2019) “comprende una superficie de 6 096.38 km², siendo el municipio de mayor extensión en

Tamaulipas”. Por su extensión territorial y clima, el cual es considerado semicálido subhúmedo con pocas lluvias.

A pesar de que San Fernando sea considerado entre uno de los municipios más pequeños del estado de Tamaulipas. San Fernando, de acuerdo con Morales et al. (2020) “es un municipio con actividades económicas enfocadas a la agricultura, pesca y extracción de hidrocarburos”. Aunque se caracteriza por utilizar el 52% de su territorio en cultivos de índole agrícolas. Dado a estos resultados se puede decir que el municipio, principalmente presenta labores de agricultura. Ahora, es importante destacar dicho porcentaje, dado a que la temperatura, clima de la región suele ser caliente en gran parte del año. Para el INEGI (2020) “El clima está condicionado precisamente por su cercanía al Golfo de México y a su situación geográfica continental”. Esto debido a su colocación geográfica propicia que dentro del municipio se generen condiciones climáticas altas, propiciando un ambiente caliente y seco en gran parte del año. A pesar de las condiciones climáticas del municipio de San Fernando posee bastos sedimentos de agua, por ríos y cuencas, las cuales funcionan como medio de riego para los cultivos de la región. Cabe destacar que el tipo de suelo de la región, de acuerdo con Valle de San Fernando (2022) “está formado por sedimentos marinos no marinos del Cuaternario, variando sus suelos tomando en base su profundidad, pero siendo de origen aluvial”. Esto nos habla de que el suelo de la ciudad se basa en ser suelos profundos de origen fluvial, de acuerdo con Espinosa et al. (2020) el 71.3 % del territorio de la región de San Fernando, es tipo II, es decir que es apto para realizar acciones agropecuarias y de agricultura moderada. Mientras que el “23,2% (112,873 ha), son suelos aptos para explotaciones pecuarias hasta agricultura restringida” En otras palabras hay un porcentaje del territorio de la ciudad que es aprovechado para la realización de cultivos.

1.2 ZONAS DE RIEGO

Es de recalcar, las distintas fuentes de riego que utiliza el municipio para abastecer los distintos cultivos agrícolas. Es en este municipio comenta Rodríguez et al. (2019) se encuentra la Laguna Madre, la cual abarca aproximadamente 100 km paralelos al mar. Dicha laguna, es considerada uno de los principales del país e incluso del continente americano.

Además de la ya mencionada Laguna Madre, existen diversos ríos y cuencas, que utilizan los endémicos de la región para satisfacer las demandas de riego de sus cultivos agrícolas. La zona hidrográfica de la región corresponde a distintos cuerpos de agua ubicados en la zona. Entre los cuales podemos encontrar principalmente el río Concha o San Fernando. Cabe resaltar que:

La cuenca tiene una superficie de 17.44 kilómetros cuadrados, de los cuales el 50.4% (8.943 kilómetros cuadrados) pertenecen a Tamaulipas y el resto a Nuevo León; los afluentes de mayor importancia son los ríos Conchos, Radillos y los arroyos Pamona, Fresnos, San José, Burgos, Los Anegados, Tapeste, San Lorenzo, Salado y Chorreras (Valle de San Fernando, 2022).

Esta cuenca forma parte del abastecimiento de riego a los campos agrícolas de la región del municipio San Fernando.

Hasta este momento, San Fernando se caracteriza por su labor en el campo, aunque principalmente sus cultivos son referentes a la semilla de sorgo, también se acostumbra a tener cultivos de maíz, frijol, algodón, girasol, soya y trigo. Esto enriquece cada vez más al contexto agrícola de la ciudad.

A pesar de que San Fernando principalmente sus acciones son destinadas al área de cultivos agrícolas. Hay que mencionar los diversos aspectos negativos que forman parte de sus suelos. Esto puede provocar en diversas ocasiones distintos escenarios en los que no se ve el resultado agrícola esperado. En cuanto a los factores que intervienen de manera negativa en los plantíos de la región de acuerdo con Espinosa et al. (2020) son “la erosión eólica e hídrica y el factor climático con deficiencia de humedad.” Destacando, además de los ya mencionados, la salinidad del suelo. Esta salinidad afectar a menor escala el suelo de la superficie, aunque es importante destacar que se deben tomar acciones por parte de estudios de ingeniería específicos del área, para tratar de restaurar ciertas zonas específicas de la región, el estudio demostró distintos resultados sobre el suelo de San Fernando. Determinando ciertas complicaciones en el suelo de la región, a esto podemos considerar que, a pesar de los bastos cultivos y su contexto hidrográfico, el municipio padece de distintas dificultades dentro de su suelo.

Es importante destacar los estudios realizados por Morales et al. (2020) quien realizó una investigación acerca del contexto político y gubernamental en la extracción de hidrocarburos en el municipio de San Fernando, específicamente con relación a la cuenca Burgos. En este estudio, menciona Morales acerca de que “el extractivismo de los hidrocarburos ha crecido en los últimos años en la región noreste de Tamaulipas”. Dicho acercado, se debe a la riqueza con la que cuenta la cuenca Burgos. La cual es una reserva de gas ubicada al noreste de México “Por su evidente riqueza natural, se considera un objeto de interés geopolítico, principalmente de Estados Unidos” Esto es de tomar en cuenta dado a la riqueza de gas natural que posee, la cuenca se ve envuelta en distintos conflictos geopolíticos entre Estados Unidos de América y México.

El municipio de San Fernando se caracteriza por su amplia labor en el campo. A esto se le suman sus condiciones climatológicas, las cuales no siempre son óptimas para su labor, aunque también, se debe tomar en cuenta que sus cultivos se ven beneficiados por las labores de riego por parte de ríos y cuencas de la zona. Así mismo se debe destacar que el tipo de cultivo que se suele generar muchas veces se ve sujeto no solo a su condición climática, sino que también depende de los factores negativos del suelo que se encuentran en su zona, los cuales entorpecen la labor de los agricultores del municipio. Hay que destacar la importancia de la agricultura para esta región sería redundar sobre la idea, pero establecer planes de acción de suelo, puede generar cambios significativos dentro de los cultivos agrícolas del municipio de san Fernando, Tamaulipas y México.

1.3 ANÁLISIS DE SUELOS EN PERIODOS ALLEGADOS A POZOS DE HIDROCARBUROS PARA DETERMINAR LOS NUTRIENTES EXISTENTES EN AMÉRICA LATINA

América Latina se caracteriza por tener una basta riqueza natural. Es por ello por lo que, no es de extrañar que dentro de los países que lo conforman, se utilice como recurso económico principal los campos de cultivos. Desde el maíz hasta grandes cultivos de frutos y verduras, abarcando desde Chile, Argentina, pasando por Colombia, Venezuela, México e incluso el Caribe, se pueden encontrar una diversidad de plantíos, cultivos agrícolas. De acuerdo con Villagómez et al. (2020) “América Latina en las últimas décadas ha estado viviendo un profundo proceso de transformación territorial, producto de un modelo territorial estructurado por grandes ciudades y áreas rurales donde cohabitaban grandes latifundios con la agricultura familiar” a esto se debe a la diversas evoluciones y crecimiento que los países latinoamericanos han estado teniendo a lo largo de los años, estos cambios a pesar de que ha traído aspectos positivos a las distintas cosechas en áreas rurales, también ha perjudicado en cierto modo. Es por ello por lo que es imprescindible los estudios del suelo a lo largo de dichos cultivos, como menciona Rojas (2020) el suelo es un recurso no renovable, por ello es fundamental cuidar y estar en constante análisis de este. El suelo es una capa superficial de la corteza de la Tierra, es uno de los recursos naturales más importantes debido a que es en ella en donde se sustenta todo lo que conocemos como vida. Actualmente, la degradación a este recurso natural no es exclusivo de México o América Latina, sino que es un problema de talla mundial. Tomando en cuenta que es un suelo deteriorado como lo comentan Olaya & Triviño (2019) son suelos que sufren alteraciones físicas, químicas o biológicas, es decir cualquier variación en el suelo. Ahora bien, Rojas (2020) comenta que “se denomina degradación como la modificación negativa del suelo, este proceso disminuye la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente bienes y servicios” dicha degradación o deterioro del suelo, surge por distintas causas, en su mayoría a causa del hombre.

Un estudio realizado por Villagómez et al. (2020) demostró que la extracción de recursos minerales e hidrocarburos provocan un deterioro no solo en los plantíos, sino también atentan a la salud del hombre. Esto, a su vez, es uno de los principales daños que se pueden encontrar en los suelos de campos agrícolas latinoamericanos, es decir, la explotación del suelo, extrayendo diversos minerales y al poseer plantíos cercanos a hidrocarburos ocasionan diversos problemas no solo para el ambiente o el suelo propio de las localidades, sino que también afecta de manera significativa a la salud del ser humano.

Es claro que la importancia de las condiciones del suelo para los plantíos de América Latina y el mundo radica en muchas ocasiones, en el cuidado que el ser humano realiza día tras día. Como ya destacamos, una de las principales fuentes de daños en suelos de cultivos en áreas rurales es el acercamiento a hidrocarburos. En Europa, Apaza & Díaz (2022) comentan que “la contaminación por hidrocarburos representa más del 30% de los sitios contaminados y en Australia el 40% del total presenta

contaminación de suelos”. Realmente los hidrocarburos ocupan un porcentaje alto en ciertos lugares de Europa, es por ello por lo que es preocupante las consecuencias que puedan ocasionar. Una indagación por parte de Rodríguez (2022) en Punto, Perú, demostró que los hidrocarburos son zonas que constituyen una de las “principales fuentes de contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas, flora, fauna silvestre; actividad carcinogénica en detrimento del hombre y animales”. Además, como comenta Olaya & Triviño (2019) los hidrocarburos pueden llegar a ser sumamente dañinos para el suelo de los cultivos provocando en casos extremos destruir la estructura terciaria de las proteínas, desnaturalizar enzimas y destruir células, provoca que, en las áreas rurales, surjan problemas para lograr las distintas cosechas esperadas. Un análisis elaborado en Trujillo, Perú por Ramírez & Yarleque (2022) demostró que “el problema de contaminación de suelos con hidrocarburos representaba un problema de riesgo para la población”. Es por ello por lo que, a lo largo de diversos estudios en cultivos y áreas rurales de Latinoamérica, se han realizado distintos análisis de suelo, como también se ha estudiado el impacto que los hidrocarburos hacen a la salud, así mismo, se ha hace énfasis en la relación negativa que provocan en campos de cultivo.

Por otra parte, en Ecuador, se hicieron diferentes investigaciones para mitigar los daños que los hidrocarburos al suelo, entre los cuales Tomalá & Wilson (2021) proponen una alternativa para ello. Dicha alternativa se basa principalmente en la fitorremediación, la cual, como le explican los autores, se basa en “utiliza las plantas para remover, reducir, transformar, degradar y mineralizar contaminantes a través de especies hiperacumuladoras y tolerantes que 2 tienen la capacidad de extraer metales pesados del suelo mediante sus raíces”. Esto para tratar de sosegar y erradicar los daños que producen los hidrocarburos al suelo.

En Argentina, un análisis realizado en La Pampa por Martínez (2020), demostró que el contacto directo con hidrocarburos genera un pronunciado efecto sobre las propiedades naturales del suelo, dada a los diferentes procesos de salinización, de toxicidad sobre los microorganismos y mortandad de la vegetación por efectos fitotóxicos. De esta manera la indagación promueve utilizar distintas especies nativas para recuperar las áreas que han sufrido del daño por hidrocarburos. Ahora bien, un artículo en Perú, por Mendoza & Pazo (2021) propone una solución distinta para los suelos que presenten contaminación de hidrocarburos. Esta solución se basa en utilizar microorganismos capaces de degradar el grado de toxicidad del suelo, a este proceso se le conoce como biorremediación. Estas propuestas para combatir los daños sobre la superficie terrestre en cultivos de Latinoamérica son ejemplos de cómo solucionar dicha problemática.

En otras regiones de Latinoamérica, también han sufrido los daños en sus cultivos agrícolas a causa de los hidrocarburos, pero en estas ocasiones son debido a derrames de los derivados de este, como lo comenta Mego (2019) en un examen realizado en Perú, describen los derivantes de los hidrocarburos los

cuales son, “petróleo crudo, combustóleo, gasóleo, diésel, turbosina y aceite lubricante”. En esta zona de Perú se han presentado situaciones donde algunas empresas petroleras propagan o desechan estas variantes, provocando uno de los principales contaminantes no solo del suelo en campos agrícolas de países al sur del continente americano, sino que este es un contaminante a nivel mundial.

La importancia de cuidar, proteger y propiciar los mejores ambientes en suelos y áreas agrícolas depende de un análisis exhaustivo y constante de los suelos en plantíos y cultivos latinoamericanos. Esto para seguir obteniendo las mejores cosechas por parte del campo agrícola. Así como también, seguir gozando de un ecosistema limpio y sin alteraciones para el bienestar de la salud humana, de flora y fauna.

Los hidrocarburos, de acuerdo con Acruta & Leyva (2021) “son mezclas orgánicas de átomos de hidrógeno y carbono, conformados por un enlace que da lugar a cadenas lineales, cíclicas o ramificadas” los hidrocarburos son un compuesto químico orgánico propio de la Tierra, pero el abuso de extracción o la utilización de sus variantes, provoca que se generen mayores daños en el ambiente y esto incluye la forma en que afecta a la composición del suelo de campos agrícolas en Latinoamérica y el mundo.

En América Latina existen multitud de países que dedican sus acciones a generar cultivos. Países cuya principal fuente económico radica en actividades de origen agrícola. Estos países, como ya se menciona anteriormente, sufren retos para obtener el beneficio de la labor en el campo, a pesar de que los países latinoamericanos suelen ser ricos en bienes naturales, se presentan situaciones que en algunas puede llegar a entorpecer la labor agrícola propia de cada región. Como se estuvo marcando a lo largo del capítulo, el impacto que puede ocasionar los hidrocarburos al bienestar de las propiedades de suelos agrícolas puede llegar a ser significativo. Aunado a esto, es bueno retomar, que las implicaciones de la degradación a terrenos agrícola están ligada al bienestar no solo de los cultivos, sino también al bienestar de cada ser humano en el planeta. Los problemas con hidrocarburos no son exclusivos de América Latina o México, sino que competen a una escala global. Como menciona Acruta & Leyva (2021) los hidrocarburos se consideran uno de los principales contaminantes que suelen ser mayormente tóxicos, esto como ya se ha marcado a lo largo de este análisis, genera sustancias nocivas para los diferentes suelos que estén cercanos a ellos. El sector rural, tiende a padecer dichos desgastes en el suelo con mayor repercusión, al tener a los campos agrícolas como principal fuente de ingresos económicos, se ven mayormente afectados en las condiciones ya mencionadas.

A pesar de los daños causados por los hidrocarburos, hay que destacar que, si se previene a tiempo, es posible combatir y erradicar los daños a largo plazo que pueden generar. En una investigación realizada por Manuel (2020) demostró que efectivamente, es posible restaurar el suelo de campos agrícolas. Descubrió que la utilización de ciertas especies de hongos como *Aspergillus niger* y *Penicillium chrysogenum*, pueden lograr metabolizar los hidrocarburos y de esta manera recuperar el suelo fértil en campos agrícola dañados por hidrocarburos. Cabe destacar que a pesar de que el estudio demuestra

grandes hallazgos, parte de atender lo más pronto posible el problema del suelo, puesto que, si se atiende de manera tardía, hay una gran probabilidad de que la fertilidad del terreno agrícola presente daño por hidrocarburos permanentes.

Los cultivos agrícolas en sectores rurales son necesarios para dentro de la economía de una ciudad, estado y país. Es por ello por lo que el suelo, como se ha estado tratando a lo largo de este capítulo, es un recurso de suma importancia, ya que al ser un recurso natural en su mayoría no renovable. Depende de la actividad humana para cuidar y proteger los nutrientes naturales propios de este. Así mismo es preciso destacar que actualmente los derivados de hidrocarburos en su mayoría procesados y extraídos por el hombre han causado un daño, en muchos casos irreparable. Es pertinente que se sigan realizando estudios sobre el daño, la prevención y soluciones de contaminación de hidrocarburos en suelos agrícolas. Hay que recordar que el ser humano se alimenta de los nutrientes que la madre tierra provee, si se continúa con acciones de poco interés ante el problema mundial de los hidrocarburos, es probable que se termine por deteriorar los recursos naturales que permiten que el suelo se mantenga fértil y listo para generar grandes cultivos.

Los estudios de hidrocarburos en suelos agrícolas realmente van iniciando en ciertas zonas de Latinoamérica, por ejemplo, en Perú, Valqui & Mondragón (2020) demostró que los estudios acerca de los daños en suelos agrícolas por hidrocarburo, no son tan comunes como lo son los análisis de daños al agua o el aire. Mientras que en otras zonas ya han empezado con investigaciones en el área de suelos agrícolas, Juárez (2021) menciona que, en Argentina, ya han realizado observaciones pertinentes con el daño del suelo. Por ello hay que enfatizar y propiciar los recursos necesarios para elaborar estudios de suelos en las áreas rurales, específicamente en campos de origen agrícola.

2 MÉTODO

La metodología empleada para la toma de muestras de análisis de suelos fue de acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-132-SCFI-2016 de Muestreo de suelos para la identificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. Seleccionando puntos de muestreo por cantidad de hectáreas del predio. El muestreo será dirigido y tomado con la técnica de Zig-Zag a profundidad de 20 a 30 cm con barreno.

Para el análisis del suelo se seleccionó un kilo y se homogeneizará la tierra realizando formas de conos para proceder a enrasar y dividir la muestra plana en cuatro opuestos para descartar dos y seleccionar la muestra a analizar en los equipos del mini laboratorio SCL 12.

Se realizó un estudio, exploratorio y correlacional, con metaanálisis para encontrar la relación de nutrientes y hallazgos en predios adyacentes a pozos de hidrocarburos.

Se tomaron 8 muestras de suelos en predios de temporal.

Aunado a 5 muestras de suelos en predios de zona de riego.

En ambos casos a no más de 500 metros de distancia de un pozo de gas de hidrocarburos en San Fernando, Tamaulipas, México.

3 RESUMEN DE RESULTADOS

Tipo de muestreo en estrella, de los cuales se derivaron:

Métrica	Riego	Temporal	Diferencia T - R
PH	7.98	8.17	0.19
ZINC	2.74	3.77	1.03
FÓSFORO	3.6	4.30	0.70
MAGNESIO	86.43	80.23	-6.20
FIERRO	18.13	21.28	3.15
BORO	2.74	4.17	1.43
POTASIO	10.26	16.20	5.94

4 CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas en los análisis de suelos de los predios en áreas denominadas zona de riego y zona de temporal de los cuales se determinó el grado existente de los componentes: PH, Zinc, Fósforo, Magnesio, Fierro, Boro y Potasio, derivado de ello se muestras diferencias significativas entre el componente Magnesio de 6.20 ppm mayormente en Riego, y Potasio con 5.9 ppm de diferencia mayormente en Temporal.

REFERENCIAS

- Acruta P., L. F. B., & Leyva L., A. Y. (2021). Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: Revisión sistemática y metaanálisis.
- Apaza R., D. E., & Díaz V., E. (2022). Estudio del bicarbono como agente estimulante para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo: revisión sistemática.
- Espinosa R., M., Garza C., R., Andrade L., E., & Belmonte S., F. (2020, October). El impacto de la ganadería y la agricultura en los ecosistemas terrestres. Tipos de suelo y factores limitantes en la producción agropecuaria en el distrito San Fernando, Tamaulipas, México. In Congreso internacional sobre desertificación.
- Gobierno del Estado de Tamaulipas (2019). PLAN Municipal de Desarrollo 2018-2021 del municipio de San Fernando, Tamaulipas. Recuperado de www.sanfernando.gob.mx/wp-content/uploads/sites/92/2019/08/pol-ext.no_2-280119-anexo-san-fernando-1.pdf
- INEGI (2020). Cuéntame. Información por entidad. Recuperado de https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=28
- Juárez, S. M. (2021). Análisis de alternativas de actuación ambiental en un sitio con afectación de hidrocarburos en el partido de General Alvear, Buenos Aires
- León, A. L. (2017). LA SOCIEDAD CIVIL RURAL EN UNA FRONTERA MEXICANA NARCOVIOLENTA: ALGUNAS REFLEXIONES INICIALES. *Acta Sociológica*, 74, 57-80.
- Manuel, S. Y. J. (2020). Recuperación de un suelo contaminado por una mezcla de hidrocarburos Recovering of soil polluted by hydrocarbons mixing.
- Martínez, D. S. (2020). Rehabilitación de suelos afectados por hidrocarburos mediante el uso de gramíneas en el área 25 de Mayo, Medanito SE, La Pampa
- Mego M., J. L. (2019). Caracterización de suelos afectados por hidrocarburos en una zona agrícola del distrito de Imaza, Bagua-Amazonas.
- Mendoza O., A. J., & Pazo F., S. M. (2021). Evaluación del microorganismo degradador de hidrocarburos en suelos contaminados en Jabonillal-Talara 2021
- Morales H., A. F., Valdez F., J. H., & Cavazos, A. J. (2020). El impacto del proyecto de la Cuenca de Burgos en Tamaulipas en el contexto geopolítico. Un acercamiento multidisciplinario al aprovechamiento de los HIDROCARBUROS, Colofón.
- Olaya R., M. P., & Triviño C., K. A. (2019). Estudio de las características fisicoquímicas de suelos y sedimentos y su influencia en las actividades productivas de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en el Río Mira.
- Ramírez S., K. A., & Yarleque V., V. A. (2022). Técnicas de biorremediación y su aplicación en suelos contaminados con hidrocarburos.
- Rodríguez M., M. (2022). Riesgo ambiental por contaminación de hidrocarburos en la comunidad de Corapata, distrito de Pusi Puno
- Rodríguez, O. L. F., Ramírez, D. M., & Velazco, F. M. (2019). Evaluación del potencial turístico de una ciudad ubicada en la Cuenca de Burgos, Tamaulipas. *TURYDES: Revista sobre Turismo y Desarrollo local sostenible*, 12(27), 15.

Rojas G., A. K. (2020). Alternativas ambientales para la degradación del suelo en la agricultura. Una revisión sistemática entre 2009-2019.

Tomalá, S., & Wilson, R. (2021). Fitorremediación: una alternativa para reducir la contaminación por Hidrocarburos en Ecuador (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021).

Valle de San Fernando (2022). Valle San Fernando. Recuperado de <http://valledesanfernando.infored.mx/caracteristicas-generales.html>

Valqui, R. L. F., & Mondragón, E. P. (2020). Atenuación natural y biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, Amazonas, Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 4(3), 42-52

Villagómez, M., Cuesta, R., Sili, M. E., & Vieyra, A. (2020). Metodología para el análisis de las prácticas y políticas de ordenamiento territorial en América Latina. El caso de Argentina, Ecuador, México y Paraguay