



Condiciones de fertilidad de un suelo en Comalcalco, Tabasco, México

Perla C. Morales Ramos, Laura F. Estrada-Andrade, Maricela de J. Alor-Chávez,
Candelario Méndez-Olán, Carlos M. Morales-Bautista^{1,*}

¹Cuerpo Académico Química Aplicada a la Gestión Ambiental, División Académica de Ciencias Básicas,
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, C.P. 86690, México

*carlos.morales@ujat.mx

Resumen

El presente estudio de índole bibliográfico, fue realizado para conocer las características del suelo de Comalcalco, Tabasco. El propósito es que con base en la recopilación y selección de información en diversas fuentes confiables de internet y de artículos publicados en revistas científicas enfocadas al estudio de suelos, dar a conocer las características y factores de fertilidad del suelo en Comalcalco, así como también identificar los parámetros fisicoquímicos que se realizan para un análisis de fertilidad en suelos establecidos en la NOM-021-SEMARNAT 2000. Los resultados obtenidos fueron acordes a trabajos efectuados con anteriormente del tema de fertilidad, se identificó la importancia de nutrientes en plantas, así como también las metodologías de análisis de los parámetros fisicoquímicos en dicho suelo. De acuerdo con Donatien (2020) en su estudio "Fertilidad en suelo y nutrición de plantas de Cacao en Tabasco" observó falta de nitrógeno y pueden presentarse deficiencias en alguna época del año debido a la tasa de mineralización que está sujeta a disposición de humedad y temperatura.

Palabras claves: fertilidad, suelo, nutrientes.

Abstract

This bibliographic study was carried out to know the characteristics from the soil of Comalcalco Tabasco. The purpose is that based on the compilation selection of information in various reliable internet and article sources published in scientific journals focused on the study of soils, publicize I Characteristics and fertility factors of the soil in Comalcalco, as well as Identify the physicochemical parameters that are performed for a fertility analysis soils established in NOM-021-SEMARNAT 2000. The results obtained were according to work carried out previously on the fertility issue, it was identified importance of nutrients in plants, as well as the techniques of carrying out physicochemical parameters in the soil. According to Donatien (2020) in study "Fertility in soil and nutrition of Cocoa plants in Tabasco" observed lack of nitrogen and deficiencies may occur at some time of the year due to the rate of mineralization that is subject to moisture and temperature available.

Keywords: fertility, soil, nutrients.

Recibido: 15 de febrero 2022. Aceptado: 05 de abril de 2022. Publicado: 15 de agosto 2022.

1. Introducción

El crecimiento de las plantas está en función de la luz, agua, nutrientes y de las propiedades de los suelos, derivado de las diversas actividades que en ellos se desarrollan, estas características pueden verse modificadas y, en consecuencia, se puede limitar la producción de hortalizas. Uno de los problemas muy frecuentes que limita el enraizamiento de las plantas es la compactación del suelo, el cual tiene diversas fuentes. Por ejemplo, la producción de alimentos conlleva el pastoreo y el manejo de los sitios con maquinaria para el arado, también la combinación de los sectores productivos le suma pisoteo de suelos destinados a la conservación o la agricultura. El exceso de estas actividades conlleva que las raíces de las plantas no puedan extenderse debido a la baja porosidad del suelo. A este



efecto se le agrega reducción de la circulación de agua y aire, limitando la capacidad de campo y la aireación del suelo. En todos los casos, se interrumpen procesos físicos, químicos y biológicos que limitan en pleno desarrollo de las especies (Munive et al., 2018).

En el sureste mexicano, uno de los principales componentes químicos que afectan los suelos es el petróleo crudo. Por ejemplo, Tamariz (2017) menciona que los derrames de hidrocarburos, son generalmente ocasionados por actividades ilícitas, tales como el robo de combustible comúnmente llamado “huachicol”. También, este autor menciona que el robo de combustible representa pérdidas y en el caso de los suelos, pueden tardar hasta 25 años en recuperarse de manera natural; durante todo ese tiempo, puede afectar la disponibilidad de los nutrientes del suelo. Por lo tanto, es necesario aportar fertilizantes a los cultivos cuando el suelo carece de nutrientes.

Para la realización de fertilidad de un suelo se deben considerar tanto la metodología a emplear como la calibración de los instrumentos de medición para tener resultados confiables y una interpretación correcta de los mismos. Algunos autores como, López-Londoño (2019), menciona que la fertilidad del suelo es variable en el espacio y en el tiempo, por lo que se requiere realizar una serie de observaciones y reunir información necesaria acerca del sitio de interés. El Estado de Tabasco es una región reconocida por su producción de cacao, específicamente en la subregión de la Chontalpa. Donatien (2020) describe que los bajos rendimientos en la producción de cacao se relacionan a la baja fertilidad edáfica y problemas como plagas y enfermedades como la moniliasis. El objetivo del presente artículo fue evidenciar o documentar algunos parámetros de la fertilidad del suelo en Comalcalco, Tabasco.

2. El suelo

Suelo se deriva del latín solum, que quiere decir fondo, y tierra en que se vive. Comprendiéndose que es una capa en la superficie y de espesor compuesta por la fragmentación natural de rocas y acumulación de materia orgánica mezclada con minerales. El suelo es un recurso natural no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. Además de ser un recurso complejo que puede presentar muchas variantes dependiendo de la región geográfica, la importancia del suelo se debe a que el humano puede cultivar y crecer sus alimentos básicos en el suelo. Es por ello que el suelo en algunas regiones del estado de Tabasco sufre de un gran deterioro por sobrepastoreo, entre otros factores y se puede observar a simple vista (Burbano, 2016).

La producción de alimentos y biomasa es una de las funciones más evidentes del suelo ya que suministra los nutrientes para las plantas, es el escenario indispensable para los ciclos biogeoquímicos que son mecanismos necesarios para las condiciones estables de la tierra y para que en ella se dé la vida. Otra función importante del suelo es el almacenamiento y filtración de agua, éste amortigua y atrapa ciertos contaminantes impidiendo que lleguen a las reservas de agua. De acuerdo con opiniones de autores como (Arias *et al.*, 2018) el suelo es el hábitat de una gran cantidad de organismos de todo tipo que vive tanto en el suelo como sobre él, cada uno con un genotipo irremplazable; ésta es una función ecológica esencial. El suelo también sirve de base para las actividades humanas y es asimismo un elemento del paisaje y del patrimonio cultural; y como filtro natural de aguas subterráneas, así como también del almacenamiento de minerales y materia orgánica.

Una de las principales problemáticas en el ámbito ambiental y empresarial es la pérdida o degradación de recursos naturales que comprometa la generación de satisfactores sociales y económicos, razón por la cual es fundamental conocer cuáles son las principales fuentes de contaminación del recurso suelo y cuál es la diferencia entre un suelo contaminado y uno alterado y que por lo tanto es importante considerar el volumen de aguas residuales utilizadas en actividades industriales, que por consecuencia es la contaminación y menoscabo de la flora y la fauna acuática según lo mencionado por (Raymondi, 2018). En el suelo se encuentra la biomasa debido a que es rico en materia orgánica, siendo esta la fuente de energía necesaria y la que proporciona los nutrientes a las plantas; favoreciendo el desarrollo óptimo de hortalizas y plantas no deseadas. Considerando el daño ambiental como la afectación sobre las condiciones originales en los recursos naturales.



2.1 Clasificación de suelos

Los diferentes grupos referenciales de suelos (GRS) que se clasifica según la última versión de la IUSS, Working Group (WRB, 2014). Las propiedades del suelo que tiene relación con su génesis el Histosol son suelos que tiene capa gruesa orgánica (proceso de acumulación de turba), Antrosoles y Tecnosoles, son los suelos con mucha influencia humana (proceso de Antropogénesis), Crysol son afectados por el proceso criogénico, Leptosol son suelos muy delgados o con muchos fragmentos gruesos, Solonetz son suelos con alto contenido de sodio cambiante (solonetización), Vertisol suelos con dilatación y contracción marcada en condiciones de sequía y humedad, Solonchak suelos con altas concentraciones de sales. Suelos que se distinguen por el quimismo de Fe y Al, Gleysol estos suelos son afectados por el manto freático o por mareas, Podzol, este es subsuelo con acumulación de humus y sesquióxidos, Plinthosol, este suelo suele acumular y redistribuir el hierro. Suelos con pronunciada acumulación de materia orgánica en el horizonte superficial (proceso de humificación), Chernozem, Parte superior negra con carbonatos secundarios. Suelos con acumulación de sales moderadamente solubles o sustancias no salinas, Duripán acumulación y cementación por sílice secundaria, Gypisol, acumulación de yeso secundario, Calcisol, acumulación de carbonatos. Suelos enriquecidos en arcilla (proceso de lixiviación), Acrisol, arcilla de baja actividad y saturación por bases, Lixisol arcilla de baja actividad y alta saturación por bases. Suelos con poca diferenciación de perfil, Cambisol, Arenosol son suelos arenosos, Regosol, Fluvisol suelos formados por estratos marinos, fluviales y lacustres, lo antes mencionado es la taxonomía original de los suelos según (Base referencial mundial del recurso del suelo 2014).

La clasificación de suelos se refiere a una agrupación con rangos de propiedades similares (químicas, físicas y biológicas) a unidades que pueden ser georreferenciadas y mapeadas, los suelos se consideran como un recurso natural mucho más complejo que otros elementos como el aire y el agua. Los suelos Fluvisoles derivan de sedimentos fluviales o lacustres del periodo cuaternario holoceno, que presentan estratificaciones en sus horizontes. Estos suelos presentan alta permeabilidad, son profundos, ricos en materia orgánica y tienen buen drenaje superficial (Palma, 2017). Las características y la fertilidad de los Fluvisoles dependen mucho del material depositado, la mayoría de estos suelos es fértil, y si no hay riesgo de inundaciones imprevisibles se encuentran bajo uso agrícola, fueron formados a partir de sedimentos aluviales; estos suelos al ser ricos en materia orgánica son aptos para los cultivos de hortalizas ya que guardan humedad. Los Vertisoles se forman típicamente de rocas altamente básicas tales como basalto en climas estacionalmente húmedos o sujetos a sequías erráticas y a inundación; dependiendo del material parental y del clima, pueden oscilar del gris o rojizo al más familiar negro. En Tabasco los tipos de suelos, por su forma física, que se encuentra son: Acrisoles, Cambisoles, Fluvisoles y Vertisoles (Palma, 2017). La clasificación de los suelos es una categorización de tierras de acuerdo a las diferentes características distintas que cada una tiene, dependiendo de la ubicación geográfica. En Tabasco realizaron (IDEM, 2017) una recopilación sobre las clasificaciones de los tipos de suelos dominantes los cuales son Gleysoles, Histosoles, Fluvisoles, Acrisoles, Leptosoles y Vertisoles, también reportaron que encontraron otros grupos de suelos que en años anteriores no se habían identificado, estos suelos son los Calcisoles, Lixisoles, Nitisoles y Tecnosoles, que se encuentran, pero en dimensiones pequeñas. Estos se mencionan en la Figura 1 en donde se representan todos los tipos de suelos que se encuentran en Tabasco.

2.2 Características de suelos del Estado de Tabasco

La región de Tabasco pertenece al periodo cuaternario, su composición es de rocas ígneas (extrusivas) y arenas de aluvión, los tipos de suelos localizados en el estado son: Vertisoles, que son suelos muy arcillosos, presentan problemas de agrietamientos en las épocas de sequías y tienen problemas de drenaje en épocas de lluvia. Los suelos regosoles, estos son suelos arenosos que se encuentran a las orillas de playas. Solonchak, son suelos salinos debido a la cercanía de las aguas del golfo de México. Gleysoles, poseen texturas generalmente francas que presentan por exceso de humedad por deficiente drenaje. Fluvisol, están ubicadas en las márgenes de los ríos, ricos en materia orgánica. Los suelos que tienen materiales fluviales recientes cerca de los ríos son los fluvisoles, este tipo de suelo es apto debido a que son suelos que permanecen húmedos debido a la materia orgánica que se ha formado a lo largo del tiempo, además de que la materia orgánica decrece irregularmente en zonas muy profundas, (Felles, 2018). Estos son los tipos de suelos que actualmente existen en Tabasco pero que mayormente se encuentran los Histosoles, Fluvisoles y Cambisoles, Acrisoles, Luvisoles, esto de acuerdo a la Figura 1.

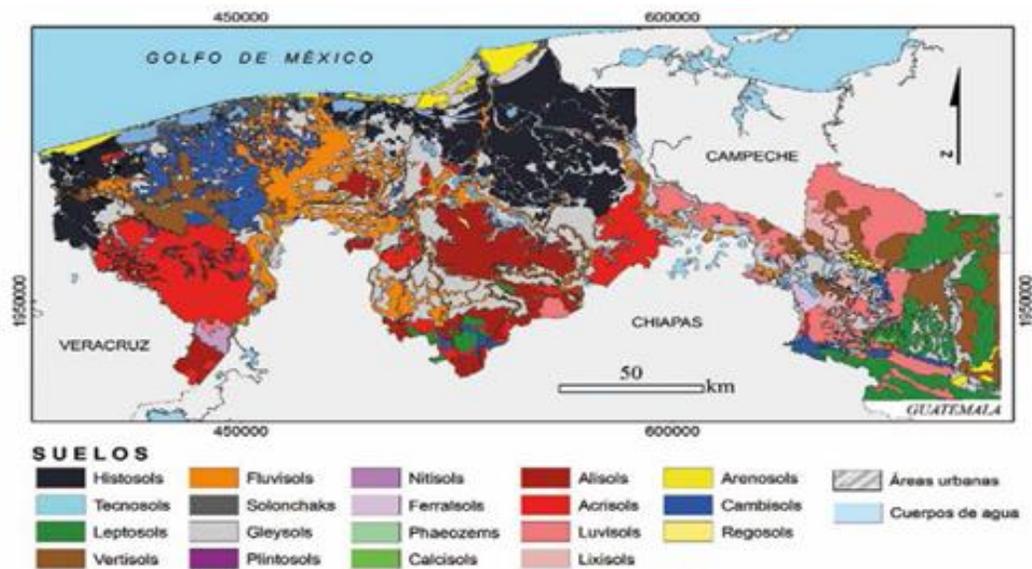


Fig. 1. Grupos Mayores de Suelos del estado de Tabasco, México (Palma, 2017).

2.3 Características generales del suelo

Las características de cada suelo dependen de factores como: el tipo de roca que los originó, su antigüedad, el relieve, el clima, la vegetación y los animales que viven en él, además de las modificaciones y la región geográfica en la que se encuentra ubicada. Los cambios en el suelo provocados por las actividades distintas dependen de factores importantes como el tipo de roca que se produjo, edad, accidentes geográficos, clima, vegetación y animales que habitan en ellos (Álvarez, 2019). El suelo está conformado por secciones la capa superficial está conformada por materia orgánica que son residuos de material la sección de la descripción del suelo se le llama perfil, este perfil se compone por horizontes A, B y C, el horizonte A se encuentra ubicado en la parte superficial del suelo este está compuesto por residuos de vegetación muerta y animales en proceso de descomposición así como microorganismos que habitan en el suelo tiene un color característico oscuro por la alta presencia de materia orgánica, el horizonte B carece de materia orgánica y el color de este horizonte es de un color menos oscuro, en esta área se logran apreciar a más exactitud los materiales arrastrados como los óxidos e hidróxidos metálicos en este horizonte se encuentran las raíces de las plantas, en el horizonte C, el color del horizonte es de un tono más claro en esta área se comienzan a notar fragmentos de la roca madre en la que se encuentra dependiendo de cada zona, después del horizonte C se encuentra el horizonte D el cual se encuentra la roca madre la cual no ha sufrido alteraciones, en este tipo de horizonte en algunos casos ya se puede encontrar presente el agua (Figura 2).

2.4 Propiedades fisicoquímicas del suelo

Las propiedades del suelo pueden estudiarse por separado, todas estas propiedades se relacionan entre sí, las propiedades físicas son aquellas que se pueden observar y medir químicamente la composición del suelo, están relacionadas con el aire, agua, calor, raíces y nutrientes, la profundidad es una de las propiedades del suelo, la textura, la porosidad, densidad aparente, densidad real, conductividad eléctrica, el color y la temperatura del suelo de acuerdo a lo mencionado por (López y Estrada, 2015). Las propiedades del suelo pueden variar debido a que cada uno es diferente por el tipo de suelo e historia de cada región en donde se encuentre ubicado, pero de manera general se mencionan algunas de las propiedades que el suelo tiene. De acuerdo con lo encontrado en Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021): la profundidad del suelo como parte de las propiedades físicas de éste, es considerada efectiva por la espesura del suelo, sin embargo, la presencia de raíces que frecuenta a medio horizonte C realza la importancia de incluir este horizonte en la definición de profundidad del suelo. Color del suelo, esta propiedad depende de los componentes y varía con el contenido de humedad y de materia orgánica presente, se utiliza para diferenciar las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de la materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato (FAO, 2022).

Textura, es una de las propiedades físicas de importancia, que expresa la distribución del tamaño de las partículas sólidas de las que está compuesta el suelo. La textura está determinada por la proporción relativa de las partículas minerales cuyos diámetros promedio de partícula son inferiores a las arenas, con diámetros entre 20 y 2000 micrómetros, constituyen la fracción gruesa del suelo que le imprime baja capacidad de retención de humedad, drenaje alto, baja retención de nutrientes, baja capacidad de suministro de agua, a la erosión facilidad de laboreo mecánico (Delgado-Londoño, 2017).

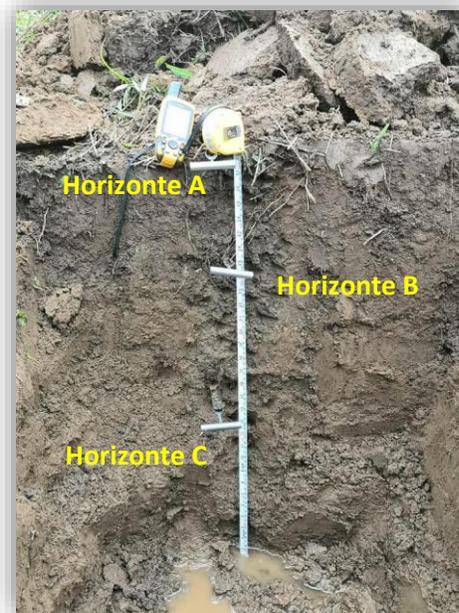


Fig. 2. Horizonte del suelo.

Estructura, esta propiedad permite dar a conocer como están formados los agregados del suelo, es decir cómo se encuentran organizadas las arcillas, limo y las arenas que forman el suelo. Las alteraciones de la densidad aparente a través del tiempo pueden ser debidas al laboreo, al tránsito de implementos, al pisoteo animal, al crecimiento de las raíces y al movimiento de la fauna en su interior (Agostini *et al.*, 2014). La densidad aparente funciona como indicador de las propiedades importantes del suelo y que al determinar si se obtiene una densidad alta se deduce que es un suelo compacto o que el suelo contiene arenas. La densidad real es el cociente entre la masa del producto y su volumen real (volumen excluyendo los huecos entre los granos) (Quiroz, 2017). Porosidad, con respecto a la porosidad se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos, en general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Los microporos retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. (FAO, 2022).

3. Métodos de análisis para suelos

Para medir los niveles nutricionales del suelo se lleva a cabo el análisis de fertilidad del mismo, considerando los parámetros que están especificados en la normativa NOM-021-SEMARNAT-2000, en dónde se describe específicamente la metodología a seguir y de esta manera, obtener un buen análisis sobre la fertilidad de sitios específicos.

De acuerdo a lo descrito en la NOM-021-SEMARNAT-2000 los parámetros para el análisis de suelo son: el pH, la capacidad de campo, la densidad real y la densidad aparente. La evaluación electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad del suelo ion H mediante el empleo de un electrodo cuya membrana es sensitiva al H; se mide potenciométricamente en la suspensión sobrenadante de una mezcla de relación suelo:agua 1:2. La Capacidad de campo se refiere a la cantidad relativa constante de agua que contiene un suelo saturado después de



48 horas de drenaje, ésta se determina mejor en el campo saturando el suelo y midiendo su contenido de agua después de 48 horas de drenaje. La densidad real de un suelo puede ser calculada a partir del conocimiento de dos parámetros llamados masa y volumen de una cierta cantidad del suelo, la masa se determina pesando directamente el suelo y el volumen de manera indirecta por el cálculo de la masa y la densidad del agua desplazado por la muestra de suelo. La densidad aparente de una muestra de suelo se calcula a partir del conocimiento de dos parámetros: la masa del suelo y el volumen total, es decir volumen de los sólidos y el volumen ocupado por el espacio poroso, en el caso de masa, ésta se conoce pesando la muestra (terron) y en el caso del volumen, éste es determinado de manera indirecta recubriendo el terrón con una capa de parafina y pesándolo sumergido en un líquido (agua).

De acuerdo a lo descrito en la NOM-021-SEMARNAT-2000 existen varios métodos para relizar el análisis de suelo: Determinación de materia orgánica, determinación de nitrógeno inorgánico, textura del suelo, fosforo extraíble en suelos de neutros a alcalinos, capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables (magnesio, sodio y potasio), contenido de micronutrientes disponibles (hierro, magnesio, cobre) y metales contaminantes (plomo, cadmio y níquel) así como la determinación del contenido de boro.

La determinación de materia orgánica es un método que se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Mientras que la determinación de nitrógeno inorgánico se utiliza como índice de disponibilidad de nitrógeno en el suelo, la evaluación se realiza para generar recomendaciones de fertilización. El nitrógeno inorgánico determinado con este procedimiento descrito en la NOM-021-SEMARNAT 2000, ha mostrado una alta relación con la respuesta de la planta en estudios de correlación de métodos químicos. Por otra parte, la determinación de la textura del suelo se obtiene mediante el procedimiento Bouyoucos y, se define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas, su determinación es rápida y aproximada.

El fósforo extraíble en suelos de neutros a alcalinos se realiza a través del método de Olsen y colaboradores. Este método es ampliamente utilizado en estudios de fertilidad de suelos para la determinación de fosforo disponible tanto en suelos neutros como alcalinos, el fósforo es extraído del suelo con una solución de NaHCO_3 0.5 M ajustada a un pH de 8.5. Otro método para extraer el fósforo en suelos es el AS-11, desarrollado por Bray y Kurtz. Es utilizado para los estudios de fertilidad de suelos en la determinación de fosforo disponible en suelos ácidos.

El método para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) de los suelos neutros, empleando acetato de amonio 1 N y pH 7.0 como solución saturante, consiste en la saturación de la superficie de intercambio con un catión índice, el ion amonio. El amonio se emplea como catión índice debido a su fácil determinación, poca presencia en los suelos y porque no precipita al entrar en contacto con el suelo. Cuando los suelos son ácidos y calcáreos, el método capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables (magnesio, sodio y potasio) emplea tiourea de plata (Ag TU) 0.01 M como solución saturante; el procedimiento consiste en equilibrar una muestra de suelos con una solución de Ag TU 0.01 M. Esto requiere de una sola etapa, o sea, la extracción y centrifugación para que el intercambio sea completo, por lo tanto, el sobrenadante contendrá todos los cationes intercambiables.

El método contenido de micronutrientes disponibles (hierro, magnesio, cobre) y metales contaminantes (plomo, cadmio y níquel) consiste en la determinación de micronutrientes y metales contaminantes del suelo, los procedimientos analíticos tendientes a evaluar la disponibilidad de algún metal, tal como zinc, cobre, hierro, manganeso, plomo, cadmio o níquel, fundamentalmente se asocian a su capacidad para disolver o extraer alguna forma química del metal presente en el suelo. La eficiencia de extracción dependerá de la capacidad de cada solución para poder recuperar parte de aquellas formas de metales presentes en el suelo, las cuales generalmente se asocian a la cantidad de metal que es absorbido por los cultivos. Por otra parte, el procedimiento para la determinación del contenido de boro emplea azometina-H como reactivo para formar un complejo coloreado de ácido bórico en medio acuoso. La extracción del boro del suelo se hace con una solución de cloruro de calcio 1.0 M, ya que debido a la acción floculante del calcio sobre los componentes del suelo no se presenta turbidez en los extractos.



Todos estos análisis se aplican para la realización de un análisis de fertilidad de suelo, cada parámetro especifica su fundamento y se asocian con el diagnóstico del estado nutrimental del mismo. Los resultados de estos análisis se comparan con tablas que tienen validez encontradas en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

4. Fertilidad de suelo

Se sabe que la fertilidad es un factor elemental en el suelo como recurso principal para la alimentación de los animales y los seres humanos, ya que es el encargado de optimizar el rendimiento de cultivos y por ende sostener el desarrollo de las plantas agrícolas que funcionan para el consumo humano y en otros casos plantas silvestres para consumo animal.

Un suelo fértil tiene la capacidad de proporcionar el agua y nutrientes necesarios para las plantas que en él habitan, por lo tanto, la fertilidad del suelo en la agricultura es algo muy a tener en cuenta para todos aquellos que se dedican al campo. No solo las plantas se ven beneficiadas por ello, existen microorganismos y otros organismos vivos, cuya aportación es una pieza más del engranaje, y sin los cuales todo el ecosistema se vendría abajo (Earth Observing System, 2021). De tal manera que conseguir mantener la fertilidad en niveles óptimos dará buenos resultados, tanto a corto como a largo plazo. Los encargados de descomponer la materia orgánica del suelo y devolver los nutrientes para que estos puedan ser aprovechados nuevamente son los microorganismos (Martínez *et al.*, 2017). Los microorganismos son parte vital y responsables de la dinámica del desarrollo de las plantas porque realizan parte de la transformación en el suelo. Es así como la fertilidad de un suelo está en relación con los ciclos continuos de reciclaje de nutrientes, ya que es crucial para el equilibrio de complejas interacciones químicas, físicas y biológicas (IDEM, 2017).

4.1 Factores importantes para la fertilidad del suelo

El suelo es un recurso indispensable en la vida, debido que es un elemento en donde ocurre el crecimiento de las plantas; para que un suelo pueda ser fértil debe tener las condiciones necesarias, teniendo una buena absorción de nutrientes. Los nutrientes que se encuentran en el suelo y que son necesarios para los vegetales son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, estos proceden de rocas que dieron origen al suelo y de la materia orgánica descompuesta por microorganismos (ONU, 2021).

Un suelo es fértil cuando su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de las raíces, contiene los nutrientes en cantidades adecuadas que la vegetación necesita, es capaz de absorber y retener el agua conservándola disponible para las plantas, está suficiente aireado y no contiene sustancias tóxicas (IDEM 2021). La fertilidad del suelo depende de los factores antes mencionados y por el tipo de clima que cada región tiene.

Existen diversos factores que ayudan a que el suelo se vuelva infértil, entre ellos se encuentran el uso excesivo de pesticidas y otros productos químicos, la labranza excesiva, el abandono del uso de antiguas técnicas que sirven para recuperar la fertilidad. La disminución de la fertilidad del suelo está asociada con la disminución de la cantidad de materia orgánica o un deterioro en la calidad de esta y factores ajenos a la agricultura como las inundaciones y sismos, teniendo un impacto en la fertilidad del suelo (Earth Observing System, 2021).

4.2 Elementos tóxicos en el suelo

En los elementos tóxicos se encuentran los residuos de petróleo y el petróleo mismo. La industria petrolera se ha consolidado por el alto incremento de exploración en distintas regiones del mundo, actualmente especialistas consideran que estas regiones poseen importantes reservas de petróleo, más sin embargo el resultado de los yacimientos y el uso surge el problema de contaminación y el deterioro ambiental (Ortuño, 2021). La industria petrolera es uno de los principales contaminantes al suelo, pues debido a ello ha habido derrames que afectan directamente al suelo haciendo que la vegetación y fauna sean los principales afectados, así como también la vida humana; sin embargo, también los herbicidas afectan al suelo haciendo que plantas no deseadas se desarrollen y así como los plaguicidas pueden entrar en contacto con fuentes de agua potable. Se habla de elementos tóxicos del suelo cuando se introducen sustancias de tipo sólido, líquido o gaseoso que ocasionan que se afecte a la biota edáfica, las plantas, la vida animal y la salud humana (Ortega *et al.*, 2014). El suelo generalmente se contamina de

diversas formas, por ejemplo, cuando se rompen tanques de almacenamiento subterráneo, cuando se aplican pesticidas, por filtraciones del alcantarillado y pozos ciegos, o por acumulación directa de productos industriales o radiactivos. (Gómez, 2018) Lo antes mencionado son los causantes de que la fertilidad del suelo disminuya, porque no se tienen los cuidados para conservar el buen estado del suelo.

5. Metodología

La realización del presente estudio se llevó a cabo con base en la búsqueda de información en diferentes plataformas de sitios web abordando aspectos relevantes a la fertilidad de los suelos en el municipio de Comalcalco, Tabasco. De acuerdo a ello se realizó la recolección, el análisis y la selección de información acorde al tema designado del proyecto de investigación, en donde se indican la importancia de un diagnóstico nutrimental, en el cual se determinó el tipo de suelo y el origen de formación del suelo, así como también el estudio de las propiedades físicas que se establecen en la normativa y empleadas en este trabajo que este suelo de Comalcalco tiene, según lo realizado por (Donatien, 2020). Después de la selección de la información, se procedió a la organización y estudio de la información para el desarrollo de cada uno de los puntos abordados en el trabajo. Posteriormente se inició la estructura de las subsecciones, de acuerdo con la información ya obtenida en las diferentes fuentes entre ellas (FAO.org y sitios web del Gobierno de México). Se realizó la primera entrega para revisión de dicho trabajo, en la que se señalaron observaciones para su corrección. Seguidamente de las subsecciones se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos por (Donatien, 2020), acorde al estudio realizado Fertilidad de Suelo y nutrición de plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco. Se planteó la justificación, y la formulación de objetivo general y objetivos específicos.

6. Resultados

6.1 Ubicación geográfica del municipio de Comalcalco, Tabasco

En Comalcalco predomina el suelo Fluvisol, éste está formado a partir de sedimentos aluviales (fluviátiles, lacustres, marinos). En la figura 3 se muestra el mapa de la ubicación geográfica del municipio de Comalcalco. Dicho municipio está ubicado de acuerdo con las coordenadas geográficas mostradas en la (Tabla 1)

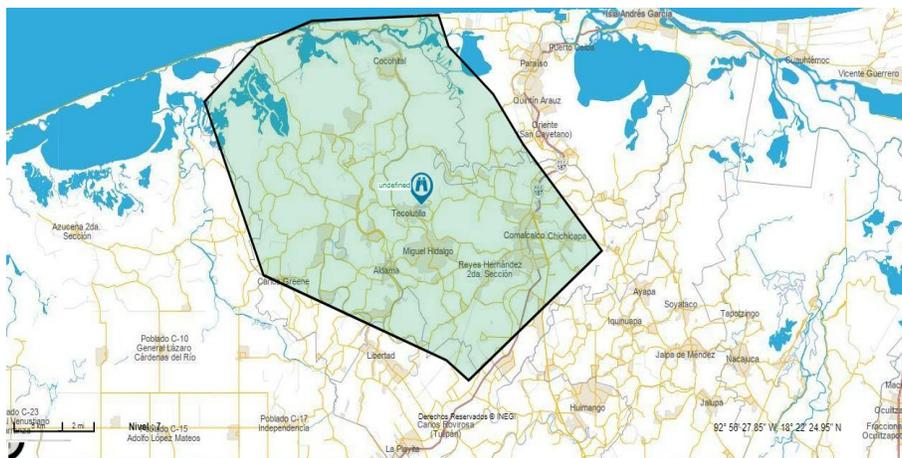


Figura 3. Mapa del municipio de Comalcalco Tabasco. Fuente: INEGI 2022

Latitud	Longitud	Altitud	Superficie de Comalcalco
18.2655921	-93.22223245	20 msnm	72.319 hectáreas
18°16'48" N	93°12'06" O		723,19 Km ²

Tabla 1. Coordenadas geográficas y superficie del municipio de Comalcalco Tabasco. Fuente: Google Earth.



6.2 Características y factores de la fertilidad del suelo

Los nutrientes son los factores más importantes para un suelo fértil, se sabe que la fertilidad es un factor elemental en el suelo como recurso principal para la alimentación de los animales y los seres humanos, ya que es el encargado de optimizar el rendimiento de cultivos y por ende sostener el desarrollo de las plantas agrícolas que funcionan para el consumo humano y en otros casos plantas silvestres para consumo animal. Se efectuó un diagnóstico de los nutrientes presentes en el suelo de Comalcalco, Tabasco en el trabajo realizado por (Donatien, 2020).

6.3 Parámetros fisicoquímicos que se realizan para un análisis de fertilidad de suelo

Densidad Aparente ($Mg\ m^{-3}$)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	Suelo
1.13 ± 0.01	16.5±3.5	36.2±2.5	47.3±3.0	Arcillosa	Fluvisol

Tabla 2. Propiedades físicas y grupo de suelo en Comalcalco Tabasco. Fuente: (Donatien, 2020).

PH (1:2 agua)	Conductividad eléctrica ($dS\ m^{-1}$)	Materia Orgánica (%)
6.2±0.3	0.11±0.008	3.4±0.25

Tabla 3. Contenido de

de Comalcalco Tabasco. Fuente: (Donatien, 2020).

PH, CE y MO en el suelo

7. Análisis de resultados

La tabla 4 muestra los resultados de los contenidos de nutrimentos en el suelo de Comalcalco, Tabasco, del estudio realizado por Donatien en 2020. Los contenidos de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu) y Zinc (Zn), tuvieron diferencias estadísticas con excepción del Calcio que no presentó diferencia en la época de lluvia. (IDEM, 2020). El Nitrógeno alcanzó su valor más alto en la época de seca a diferencia de las otras temporadas, esto se debe a la variación en la disponibilidad de nitratos por déficit o exceso de humedad en el suelo; por otra parte, el contenido de Fosforo se mantiene con poca variación siendo relativamente mayor en la época de lluvias. A su vez, el contenido de Potasio presenta variaciones durante todo el año siendo más bajo en la época de lluvias y alto en seca (Donatien, 2020). Se observa que el contenido de Sodio aumenta de la temporada de sequía a la de lluvias. El Calcio se mantiene prácticamente constante en las épocas de seca y nortes, mientras que baja con las lluvias. En el calcio, estos cationes juegan un papel importante en las plantas y se observó que el mayor contenido se registró en la época de seca, en cuanto al contenido de magnesio existe principalmente en la temporada de lluvias y la temporada del norte, y no hay una diferencia significativa entre los dos. Respecto al Magnesio, éste se presentó mayormente en las épocas de lluvias y nortes entre los cuales no hubo diferencias significativas, (IDEM, 2020).

Respecto al Hierro éste presenta su mayor contenido en la época de seca con $45.9\ mg\ Kg^{-1}$ pero aún así sigue siendo un contenido muy bajo. Por su parte, el Magnesio en Comalcalco presentó bajas concentraciones durante la época de lluvias al no superar los $35.1\ mg\ Kg^{-1}$.

Elemento	Nortes	Seca	Lluvias
Nitrógeno ($g\ Kg^{-1}$)	15.75±1.12	19.65±1.21	17.87±0.97
Fósforo ($g\ Kg^{-1}$)	1.22±0.19	1.37±0.20	2.58±0.33



Potasio ($g Kg^{-1}$)	16.33±2.45	21.31±1.86	6.04±1.68
Sodio ($g Kg^{-1}$)	0.57±0.04	0.50±0.06	0.82±0.14
Calcio ($g Kg^{-1}$)	13.64±0.88	13.88±1.86	8.08±1.59
Magnesio ($g Kg^{-1}$)	5.97±0.38	4.86±0.46	5.72±0.24
Hierro ($mg Kg^{-1}$)	38.2±0.1	45.9±10.3	36.7±7.1
Manganeso ($mg Kg^{-1}$)	83.8±16.2	53.3±13.0	35.1±8.0
Cobre ($mg Kg^{-1}$)	6.5±0.7	5.0±1.0	9.3±1.8
Zinc ($mg Kg^{-1}$)	39.5±10.2	46.6±6.9	39.8±6.9

Tabla 4. Contenidos de nutrimentos en el suelo de Comalcalco Tabasco. Fuente: (Donatien, 2020).

7. Conclusiones

Para la realización de este trabajo de índole bibliográfico fue necesario recurrir a trabajos ya efectuados con anterioridad sobre el tema de fertilidad en suelos, se identificó la importancia sobre los nutrientes en las plantas, así como también las técnicas para la realización de cada uno de los parámetros fisicoquímicos en el suelo. De acuerdo con los resultados obtenidos por (Donatien, 2020) en su estudio de "Fertilidad en suelo y nutrición de plantas de cacao en Tabasco", observó una falta generalizada de nitrógeno, aunque pueden presentarse deficiencias en alguna época del año debido a la disminución de la tasa de mineralización que está sujeta a la disposición de la humedad y temperatura. Siendo que la fertilidad edáfica y las épocas del año influyen en el estado nutrimental de plantas, este tipo de análisis en suelo ayudan mucho en cuanto a recomendar o implementar programas de fertilización en caso de ser necesarios.

8. Referencias

- [1] Agostini, M. D. L. Á., Monterubbianesi, M. G., Studdert, G. A., & Maurette, S. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del suelo*, 32(2), 171-176.
- [2] Álvarez Reyes, J. (2019). Valoración del almacén de carbono como servicio ecosistémico en la zona árida del oriente de Aguascalientes, México.
- [3] Arias, N. M. M., Rangel, M. D. C. N., López, I. C. P., Sánchez, E. C., & de la Cruz, J. M. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo? *CIENCIA ergo-sum*, 25(3).
- [4] Burbano, H, "El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria", *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33 (2), 2016, 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- [5] Delgado-Londoño, D. M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, 1(17), 77-83.
- [6] Donatien, J. J., Fertilidad de suelo y la nutrición de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. Villahermosa, Tabasco México, Junio del 2020
- [7] Earth Observing System (EOS). "Fertilidad del suelo, como mantenerla y recuperarla" Earth Observing Sistem (2021) Obtenido de <https://eos.com/es/blog/fertilidad-del-suelo/> Recuperado el 6 de Marzo 2021.
- [8] FAO. (2022). Portal de Suelos de la FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soilsurvey/propiedades-del-suelo/propiedades>
- [9] FAO. "Ecología y enseñanza rural" ESTUDIO FAO MONTES, Viale delle Terme di Caracalla, Roma, Italia. (1996).



- [10] Felles Alejandro, D. Y. (2018). Clasificación por capacidad de uso mayor de los suelos del fundo " Bella Esperanza", distrito Papayal, provincia Zarumilla, región Tumbes.
- [11] Gómez Nangusé, V. (2018). Análisis de riesgo en el manejo de los residuos sólidos del municipio de Reforma, Chiapas.
- [12] Google Earth (s.f). Comalcalco Tabasco. Obtenido de: [Google Earth](#) Recuperado 23 Mayo 2021
- [13] Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). "Estado de Tabasco", Secretaría de Gobernación (2010) Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM27tabasco/mediofisico.html> Recuperado 26 Junio 2020.
- [14] Instituto Nacional y Geografía (INEGI). Comalcalco Tabasco (2022). Obtenido de [Mapa Digital de México V6 \(inegi.org.mx\)](#) Recuperado 10 marzo 2022
- [15] López Pérez, L. A. (2019). Informe final de los servicios y actividades realizados en finca Parraxé, Samayac, Suchitepéquez.
- [16] López Díaz, M y Estrada, H. "Propiedades físicas y Biológicas del suelo". *Bioagrocencias*, 8(1), (2015), 3-11.
- [17] Martínez, C., Morales, C y Alor, M. "Extracción de hidrocarburo pesado en suelo arenoso". *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 8(1), (2017), 9-16.
- [18] Munive Cerrón, R., Loli Figueroa, O., Azabache Leyton, A., & Gamarra Sánchez, G. (2018). Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 551-560.
- [19] NOM-021-SEMARNAT-2000 (2002). que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales*.
- [20] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (2014). Base referencial mundial del recurso suelo 2014: Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 106.
- [21] Ortega Amador, J. O., & Mejía Navarro, M. C. (2014). *Causa y Consecuencias de la Contaminación del Suelo* (Doctoral dissertation, FAREM Juigalpa).
- [22] Ortuño Arzata, S. (2021). *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios*. Fondo de Cultura Económica.
- [23] Palma, D. " Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México". *Agroproductividad*, 10(12), (2017), 29-35
- [24] Quiroz Vargas, W. F. (2017). *Comparación entre la estabilización de suelos con emulsión asfáltica, y la estabilización de suelos con asfalto y diésel para determinar cuál estabilización proporciona mayor densidad aparente y relación de soporte CBR* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil).
- [25] Raymond Narváez, Y. D. (2018). *Factores contaminantes de la agroindustria y sus efectos en la población de la parroquia Chobo del cantón Milagro al 2017* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas).
- [26] Tamariz, V. "El impacto ecológico del robo de combustible". 2017, Obtenido de <https://www.tyt.com.mx/nota/el-impacto-ecologico-del-robo-de-combustible> Recuperado el 26 de mayo 2021
- [27] Trujillo, A., Rivera, M., Lagunes, L., Palma, D., Soto, S., & Gustavo, R. "Efecto de la restauración de un fluvisol contaminado con petróleo crudo". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. (2012), 361-374.