

Obtención de silicatos minerales de tierras salitrosas para estudio de impacto fisicoquímico

Autor: Juan Carlos Martínez Frías — [¿Cómo citar este artículo?](#)

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Sistema Integrado de Investigación Científica y Tecnológica
Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional

Presentan

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el uso efectivo que se puede obtener en áreas ambiental y de interés biológico en el Estado de Guanajuato, por medio de estudios de los silicatos como medios catalizantes y de recuperación para detener el deterioro en las tierras salitrosas lo cuál es fundamental, para evitar la erosión ,y recuperar sus propiedades físicas y químicas ya que con estos objetivos se obtiene mayor conocimiento del entorno que nos rodea, donde se visualizan los efectos , daños e impactos que genera el ser humano en una forma directa como consecuencia de la actividad humana y el objetivo es saber la reacción cuando se combina silicatos naturales con elementos de naturaleza xenobiótica y en proceso que lleva en naturaleza mineral, es decir, en el paisaje, continuamente la evolución de determinadas magnitudes (o propiedades de las que la estructura del suelo cambian) propiamente con un enfoque en términos termodinámicos relativos, que hacen un determinado sistema físico de tipo inestable . Desde el punto de vista de la Fisicoquímica, estas transformaciones deben transcurrir desde un estado de equilibrio inicial a otro final; es decir, que las magnitudes que sufren una variación al pasar de un estado a otro deben estar perfectamente definidas en dichos estados inicial y final. De esta forma los procesos fisicoquímicos de las tierras salitrosas de materia sólida pueden ser interpretados como el resultado de la interacción de un sistema compuesto heterogéneo con otro tras ser eliminada alguna ligadura entre ellos, de forma que finalmente los sistemas se encuentren en equilibrio (mecánico, térmico y/o material) entre sí, por tal es el principio que uso para la recuperación de propiedades.

Un proceso fisicoquímico puede ser visto como los cambios de un sistema, desde unas condiciones iniciales hasta otras condiciones finales, debidos a la desestabilización del sistema, esto quiere decir que La degradación del suelo o de las tierras es un proceso inducido antrópico que afecta negativamente la biofísica del suelo para soportar vida en un ecosistema, incluyendo aceptar, almacenar y reciclar agua, materia orgánica y nutrientes. Ocurre cuando el suelo pierde importantes propiedades como consecuencia de una inadecuada utilización. Las amenazas naturales son excluidas habitualmente como causas de la degradación del suelo; sin embargo las actividades humanas pueden afectar indirectamente a fenómenos como inundaciones o incendios forestales.

- Erosión acelerada: arrastre de materiales del suelo por diversos agentes como el agua y el viento, lo cual genera la improductividad del suelo.
- Salinización y solidificación de los suelos: acumulación excesiva de sales solubles en la parte donde se desarrollan las raíces de los cultivos
- Compactación: se manifiesta con el aumento de la densidad aparente del suelo, en las capas superficiales o profundas. Es el resultante del deterioro gradual de la materia orgánica y la actividad biológica.
- Contaminación química: uso irracional de grandes cantidades de fertilizantes y sustancias químicas para el control de plagas y enfermedades, por encima de los niveles requeridos producen la contaminación química de los suelos.
- Pérdida de nutrientes: empobrecimiento gradual o acelerado del suelo por sobreexplotación o monocultivo, lo que trae como consecuencia la baja fertilidad y productividad de los suelos.
- Conflicto de usos: las tierras agrícolas se pierden o transforman en tierras para la urbanización.

Por otro lado, es importante destacar que la desertificación es una degradación de tierras que ocurre en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas del mundo. Estas áreas de secano susceptibles cubren el 40% de la superficie terrestre, poniendo en riesgo a más de 1.000 millones de habitantes que dependen de esas tierras para sobrevivir

La degradación del suelo es un problema mundial, en gran medida vinculado a las actividades agropecuarias, aunque también hay otras actividades humanas que pueden causarla. Las causas principales son:

- Movimiento, despeje y desbrozado de tierras, incluyendo la tala de árboles y deforestación.
- El agotamiento de los nutrientes del suelo por malas prácticas agrícolas, como un mal uso de la rotación de cultivos
- Ganadería, incluyendo el sobrepastoreo.
- Riego y sobreexplotación de recursos hídricos.
- La expansión urbanística y el desarrollo comercial.
- Contaminación del suelo, incluyendo la debida a residuos.
- Circulación de vehículos off-road, es decir, fuera de los caminos y carreteras autorizados.
- Actividad minera, incluyendo la extracción de materiales, como piedra, arena y minerales.
- Dentro del estudio inicial de la obtención de los silicatos pesados hay diversos procesos los cuales son:
- Proceso isocórico para determinación de sustancias.

Un proceso isocórico para determinación de sustancias, también llamado proceso isométrico o isovolumétrico de suelo es un proceso termodinámico en el cual el volumen permanece constante; $\Delta V = 0$. Esto implica que el proceso no realiza trabajo presión-volumen, ya que éste se define

como: $\Delta W = P\Delta V$, donde P es la presión (el trabajo es positivo, ya que es ejercido por el sistema).

Aplicando la primera ley de la termodinámica, podemos deducir que Q , el cambio de la energía interna del sistema es: $Q = \Delta U$ para un proceso isocórico de masa: es decir, todo el calor que transfiramos al sistema quedará a su energía interna, U . Si la cantidad de gas permanece constante, entonces el incremento de energía será proporcional al incremento de temperatura, $Q = nCV\Delta T$ donde CV es el calor específico molar a volumen constante. En un diagrama P - V , un proceso isocórico aparece como una línea vertical

- Proceso isobárico para uso de ejercicio de fuerza constante.

Proceso Isobárico de fuerza constante es aquel proceso termodinámico que ocurre a presión constante. En él, el calor transferido a presión constante está relacionado con el resto de variables del sistema parcial de suelos, en este estudio se realizó para obtener resultados de las arcillas expansivas inadecuadas.

En este caso nos referiremos específicamente a un suelo arcilloso, de características plásticas, con riesgo de sufrir cambios volumétricos con los cambios de su humedad, y con una baja capacidad de soporte. Concretamente tenemos un suelo que debemos estabilizar para poder utilizarlo sin problemas.

Para tener una mayor claridad del problema tratado, sigamos el procedimiento de hacernos algunas preguntas previas para así aclarar los conceptos:

Iniciemos por preguntarnos ¿Con que objeto estabilizamos un suelo?. La estabilización de un suelo consiste en modificar algunas de sus características indeseables para el propósito de uso que queremos darle a dicho suelo. Entonces, si el suelo va a ser empleado para apoyar a una cimentación, ya sea para cimentación de una edificación o bien de un pavimento, las principales características indeseables de una arcilla plástica serán: Un Índice Plástico demasiado alto que significa un alto valor de expansión (o bien su opuesta contracción), así como una capacidad para soportar carga que será demasiado baja.

Y ¿cómo podemos llevar a cabo la estabilización de la arcilla a que anteriormente se hace mención?. Bueno, en realidad existen diferentes formas de tratar de estabilizar una arcilla plástica, sin embargo en este artículo se tratará solo uno de los métodos más antiguos empleados en la construcción, que consiste en mezclar la arcilla con cal. Mucho se ha escrito y dicho sobre el empleo de la cal para la estabilización de arcillas, y muchas han sido las formas de llevar a cabo el procedimiento. En primer lugar se debe aclarar que el emplear la llamada “cal viva” con dicho propósito, no presenta ventajas y si presenta las concernientes desventajas de su manejo. En este artículo me enfocaré sólo al uso de cal hidratada, del tipo más comercial y de calidad más uniforme.

Uno de los más graves problemas cuando se trata de mezclar la arcilla con la cal, es el obtener una distribución razonablemente uniforme. Existe equipo mecánico de construcción para obtener una mezcla más homogénea de ambos productos, sin embargo esto no nos libra de las grandes nubes de polvo de cal tan perjudiciales tanto para el personal que hace el trabajo como para las personas que se encuentren en los alrededores del sitio en el cual se hace el trabajo.

Para evitar el problema que se mencionada en el párrafo anterior, se han hecho pruebas y se ha llegado a practicar un procedimiento mucho más simple, el cual consiste en aplicar la cantidad de cal calculada en el diseño de la estabilización, incorporándola en el agua que se agrega al material arcilloso para proporcionar el grado de humedad óptimo para su compactación, eliminando con ello la indeseable dispersión de cal, así como simplificando enormemente la protección al personal que interviene en los trabajos.

- Proceso adiabático para minimizar el desgaste de suelos

Se designa como proceso adiabático de minimización de desgaste de suelo a aquel en el cual el sistema (generalmente, un fluido que realiza un trabajo, en este caso el agua) no intercambia calor con su entorno. Un proceso adiabático de minimización que es además reversible se conoce como proceso isentrópico. El extremo opuesto, en el que tiene lugar la máxima transferencia de calor, causando que la temperatura permanezca constante, se denomina como proceso isotérmico.

El término adiabático hace referencia a elementos que impiden la transferencia de calor con el entorno. Una pared aislada se aproxima bastante a un límite adiabático. Otro ejemplo es la temperatura adiabática por cromatografía de llama, que es la temperatura que podría alcanzar una llama si no hubiera pérdida de calor hacia el entorno. En climatización los procesos de humectación (aporte de vapor de agua) son adiabáticos, puesto que no hay transferencia de calor, a pesar que se consiga variar la temperatura del aire y su humedad relativa. El calentamiento y enfriamiento adiabático son procesos que comúnmente ocurren debido al cambio en la presión de un gas. Esto puede ser cuantificado usando la ley de los gases ideales en consecuencias la combinación con silicatos que recordemos que son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen más del 95% de la corteza terrestre, además del grupo de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno. Estos elementos pueden estar acompañados de otros entre los que destacan aluminio, hierro, magnesio o calcio.

Químicamente los silicatos son sales del ácido silícico. Los silicatos, así como los aluminosilicatos, son la base de la geometría química de numerosos minerales que tienen al tetraedro de silicio-oxígeno (un átomo de silicio coordinado tetraédricamente a átomos de oxígeno) como su estructura básica: feldespatos, micas, arcillas. Los silicatos forman materiales basados en la repetición de la unidad tetraédrica SiO_4^{4-} . La unidad SiO_4^{4-} tiene cargas negativas que generalmente son compensadas por la presencia de iones de metales alcalinos o alcalinotérreos, así como de otros metales como el aluminio. Los silicatos forman parte de la

mayoría de las rocas, arenas y arcillas. También se puede obtener vidrio a partir de muchos silicatos. Los átomos de oxígeno pueden compartirse entre dos de estas unidades SiO_4^{4-} , es decir, se comparte uno de los vértices del tetraedro. Por ejemplo, el disilicato tiene como fórmula $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{6-}$ y, en general, los silicatos tiene como fórmula $[(\text{SiO}_3)_2]^{-n}$. En el caso de que todos los átomos de oxígeno estén compartidos, y por tanto la carga está neutralizada, se tiene una red tridimensional denominada sílice o dióxido de silicio, SiO_2 . En los aluminosilicatos un átomo de silicio es sustituido por uno de aluminio. Las propiedades de los silicatos dependen más de la estructura cristalina en que se disponen sus átomos que de los elementos químicos que constituyen su fórmula. Más concretamente, dependen de la forma en que se dispone y enlaza con los iones la unidad fundamental de los silicatos, el tetraedro de $(\text{SiO}_4)^{4-}$. La diferencia entre los distintos grupos es la forma en que estos tetraedros se unen. Se distinguen así las siguientes subclases:

- Nesosilicatos: Con tetraedros sueltos, de forma que cada valencia libre del tetraedro queda saturada por un catión distinto del silicio. Sus fórmulas serán $(\text{SiO}_4)^{4-}$. Se agrupan en:
 - Zircón
 - Olivino
 - Granate
 - Nesosubsilicatóns
- Sorosilicatos: Con dos tetradros unidos por un vértice para formar un grupo $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$. Se agrupan en:
 - Epidota
 - Melilita
 - Torveitita
 - Hemimorfita
 - Lawsonita
- Ciclosilicatos: Con grupos de tres, cuatro o seis tetraedros, unidos en anillo. Se agrupan en:
 - Turmalina
 - Variedades de la turmalina, chorlo, dravita, indigolita, lidicoaita, elbaita, rubelita
 - Berilo
 - Variedades del berilo, esmeralda, morganita,
 - Cordierita
 - Dioptasa
- Inosilicatos: Con grupos de tetraedros unidos en largas cadenas de longitud indefinida. Los más comunes son los que presentan cadenas simples, los llamados piroxenos, mientras que los llamados anfíboles tienen cadenas dobles. Esta estructura dota a estos minerales de hábito fibroso. Se agrupan en:
 - Piroxeno
 - Anfíbol
 - Piroxenoide
 - Anfiboloide

- **Filosilicatos:** Con tetraedros unidos por tres vértices a otros, formando una red plana que se extiende en un plano de dimensiones indefinidas. Esta estructura dota a estos silicatos de hábito foliado. Se agrupan en:
 - Clorita
 - Micas
 - Talco
 - Pirofilita
 - Serpentinias
 - Caolinita.
- **Tectosilicatos:** Con tetraedros unidos por sus cuatro vértices a otros tetraedros, produciendo una malla de extensión tridimensional, compleja. La sustitución de silicio por aluminio en algunos tetraedros permite que en la malla se coloquen cationes. Se agrupan en:
 - Cuarzo
 - Tridimita
 - Cristobalita
 - Feldespatos
 - Zeolita
 - Escapolita

En este estudio la cromatografía de gases fue la técnica que se empleo por el hecho de aqui la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interactúa con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

Determinamos que el suelo se comporta de la siguiente manera:

- El suelo tiene una perdida de humedad considerable por cada ciclo agronómico en cuestión de óxido-reducción de sustancias que se le incorporan al suelo.
- Las sustancias nutritivas naturales se pierden por desgaste de la contaminación de agentes de fertilización, ocasionando con esto que los diversos sustratos se empobrezacan y sea muy difícil restauralos en corto tiempo.
- La concentración de elementos pesados (caso especifico el plomo) es muy fuerte y tiende a afectar a algunos animales, por ejemplo las lombrices de tierra, tienden a acumular plomo y puede ser una de las rutas por las que este elemento entra en las cadena alimenticias, en este caso los demás eslabones serán los afectados.
- Que ciertos elementos que existen de forma aerobia se biotransforman ocasionando problemas en la salud casos específicos Irapuato, Salamanca y Abasolo(suelos contaminados).
- La erosión se muestra en gran parte del territorio porque las plantas no tienen los suficientes microorganismos que sinteticen a los elementos por falta precursor hídrico.

- Los índices permisibles no se encuentran adecuados según normas estatales para el uso efectivo del suelo.

I. La microbiología para el uso en beneficio del suelo

En la actualidad, la microbiología del suelo ha tomado gran relevancia debido a su aplicación en el proceso agrícola. Por sus aportaciones en relación con la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas, habilidades debidas a la capacidad de la degradación de la materia orgánica, la solubilización de las rocas y sustancias que promueven el desarrollo de las plantas, así como la simbiosis ya sea entre bacterias y vegetal o entre hongos y planta, simbiosis que en algunos casos se vuelve obligada para ambos organismos. En toda esta actividad participan hongos, bacterias, micro y macrofauna, elementos de control biológico, así como organismos biorremediadores del ambiente.

Los esfuerzos de la investigación en esta área del conocimiento han generado tecnologías aplicadas. Como es el caso de la producción de biofertilizantes, la lixiviación de metales, la biorremediación y el control biológico de plagas y enfermedades, todas ellas para uso en la producción agrícola en armonía con el ambiente.

Las bacterias son uno de los grupos clave en la transformación de la materia mineral y orgánica del suelo que contribuye a su fertilidad, así como a la salud de raíces vegetales, del ganado y humanas. El objetivo de este breve ensayo es mostrar la importancia de las bacterias en los ciclos biológicos de los principales elementos que sostienen la vida en el suelo.

El suelo es un ecosistema que contiene cinco grupos principales de microorganismos: bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios considerados habitantes de la comunidad. Las bacterias tienen una amplia diversidad bioquímica por ello son las más abundantes de los cuatro grupos, el número en el suelo es grande aunque los individuos miden micras de longitud, aunque son menos de la mitad de la masa celular microbiana total.

Las bacterias en un suelo con oxígeno son dominantes y responsables de las transformaciones de la materia orgánica ya que crecen rápidamente y mineralizan una amplia gama de compuestos orgánicos naturales, las bacterias se dividen en dos tipos: los géneros nativos o autóctonos que son residentes verdaderas del suelo y las invasoras o alogénas; las nativas tienen fases de permanencia por largo tiempo sin actividad metabólica, aunque mediante inducción nutricional proliferan de acuerdo con su capacidad bioquímica. Los géneros alogénas, no son activos en las transformaciones de la materia orgánica del suelo, ingresan con la lluvia, en tejidos vegetales enfermos, en el estiércol o en aguas negras, permanecen cierto tiempo inactivas o crecen por corto tiempo, por ello no contribuyen a la mineralización de la materia orgánica así como en las interacciones ecológicas.

La población bacteriana nativa incluye géneros que crecen al agregar nutrientes de carbono

orgánico sencillo, mientras aquellas de alta actividad de mineralización requieren nutrientes que se consumen rápidamente porque responden de inmediato a compuestos de fácil degradación, la que disminuye cuando se agota la fuente alimenticia.

Las bacterias autóctonas se reproducen con nutrientes orgánicos complejos de restos vegetales o de células microbianas y así permanecen por largos periodos de tiempo, crecen lentamente y su abundancia no esta sujeta a fluctuaciones, también se dividen con base taxonómica por el sistema del manual de Bergey, con esquemas basados en diferencias fisiológicas, nutricionales que incluye la naturaleza de la fuente de energía, la capacidad de utilizar N₂ como fuente de nitrógeno, etc, el crecimiento bacteriano en presencia O₂ que distingue tres categorías; aerobias, crecen solo con este gas; anaerobias que crecen en ausencia de O₂; anaerobias facultativas que se reproducen sin este gas y sobreviven si existe: la morfología bacteriana se emplea para clasificar grupos en el suelo: bacilos o bacterias con forma de bastón, las mas numerosos, los cocos de forma esférica y los espirilos.

Los bacilos persisten en condiciones ambientales adversas con la formación de endosporas, que funcionan como parte de su ciclo biológico, éstas perduran por su resistencia a la desecación como a elevadas temperatura. Los géneros bacterianos que forman esporas son aerobias, microaerofilicas y anaerobias. Las endosporas permanecer en latencia en ausencia de alimento o agua al restablecer la condición favorable que induce el crecimiento vegetativo, la espora germina y emerge una nueva bacteria, en consecuencia en el suelo existen otros tipos morfológicos bacterianos, que no se han estudiado.

Las bacterias cosmopolitas y dominantes

La técnica de cuenta viable en placa (CVP) que se realiza en el laboratorio del Cinvestav, detecta el numero de bacterias viables es simple, la situación es difícil en el suelo que es un ecosistema en heterogéneo, donde las técnicas microbiológicas convencionales estiman solo una parte del numero total bacteriano, ya que solo con base en sus necesidades nutritivas, ningún medio es suficiente para todos los géneros y especies en el suelo; pues por principio se desconoce el patrón nutricional para grupo bacteriano de este ambiente, así las cifras son solo una fracción del total: otra limitación es que las bacterias en el suelo se localizan como colonias sin desintegrar al diluirlo aún si se agita en consecuencia las estimaciones numéricas son bajas.

Los métodos usados para el conteo de bacterias viables en el suelo dan cifras variables, además de los errores del muestreo hacen que la variación sea inherente a la técnica empleada, tal limitación se minimiza con mezclas de suelo de numerosos colectas en el campo, es conveniente usar sub-muestras con mas de tres replicas de c/dilución en placa.

En el suelo existe una elevada diversidad bacteriana, una raíz vegetal, una arcilla, restos vegetales causar cambios el valor de los cálculos de entre 10 a 100 veces, resultado del nivel de la humedad, del contenido en materia orgánica, de la variación del pH, etc, por ello el examen

microscópico directo de las bacterias del suelo, incluye la incorporación de una cantidad conocida de suelo en un hematocitometro calibrado; esta suspensión se tiñe y observa en el microscopio.

Si se conoce la cantidad de suelo, el volumen de agar y el área sobre la cual éste se distribuye, se determina el número de bacterias, Rossi y Cholodny con un portaobjetos de contacto, realizaron investigación cualitativa, al enterrar el portaobjetos en el suelo, después de un periodo de tiempo 1-2 semanas se extrae, las partículas grandes se eliminan la película microbiana adherida sobre la superficie de vidrio se tiñe con rosa de bengala fenólico, el portaobjetos permite que bacterias y hongos crecer como en el suelo, además se usan microcapilares así como el análisis de suspensiones de suelo y raíces vegetales por microscopia electrónica y de fluorescencia que descubre nuevos aspectos de la vida en el suelo a igual que las diferentes técnicas de biología molecular que al identificar géneros específicos de bacterias permiten conocer una diversidad mayor a la que se observa por CVP, incluye aquellas que no son cultivables .

La abundancia de tipos de bacterias, algas y protozoarios no se logra con esos métodos por ejemplo, algunas bacterias no forman colonias en medios de cultivo, para esos se utiliza la técnica de dilución o del número mas probable (NMP), calcula la densidad bacteriana sin conteo directo, después de la inoculación de volúmenes conocidos en series de diluciones decimales de suelo, en un medio de cultivo nutritivo específico, posteriormente se registra el número de tubos con turbidez o crecimiento en cada dilución y se usan las tablas del número más probable).

El cálculo del número de bacterias varia de acuerdo con el método, el recuento en placa dan valores desde miles hasta millones de bacterias/g de suelo seco; la abundancia refleja la condición ambiental favorable que actúa sobre estos habitantes, la CVP, subestima la verdadera densidad bacteriana, por la incapacidad de ciertos géneros para reproducirse en los medios de cultivo convencionales.

La estimación por microscopia directa da valores en el orden de 10^8 a 10^{10} bacterias/g de suelo seco, con técnicas de enumeración de bacterias viables alcanza del 10 al 15% de estos valores; una proporción del 1 al 10% aproxima al porcentaje del total por métodos de cultivo en placa, estimaciones de la masa total bacteriana y de otros microorganismos, la biomasa supone que cada célula tiene un volumen de un micra cúbica en un suelo fértil que contiene 10^8 bacterias/cm³ de espacio, éstas ocupan el 0.01% del volumen total del suelo.

Con un conteo microscópico de 10^9 /cm³ un 0.1% del volumen total son bacterias, los métodos microscópicos dan 10^9 y la CVP 10^8 /g de suelo seco, el peso promedio de la c bacteria es de 15 x 10^{-12} g de peso fresco, en cada hectárea de suelo existen de 300 a 3,000 Kg de peso vivo bacteriano del 0.015 al 0.05% de la masa total. Los cálculos de suelos con diferentes técnicas dan valores de entre 100 a 4,000Kg/ha para bacterias con base al peso vivo, valores que equivalen más o menos a un 0.010 a 0.40% de la masa total del suelo.

La biomasa bacteriana se estima al medir la concentración de constituyentes celulares en el suelo,

las bacterias y las partículas coloidales inanimadas o las arcillas se atraen unas a otras; por diferencia electrostática, esta adsorción disminuye su densidad al igual que su actividad bioquímica.

La cantidad y clase bacteriana depende del suelo, la practica agrícola, en la pradera es superior que en un suelo de cultivo vegetal, por la mayor cantidad de raíces y nivel de materia orgánica disponible derivada de la mineralización restos vegetales. El contenido de materia orgánica del suelo influye en la densidad bacteriana, mayor en suelo cultivado que en un virgen, obvio existen excepciones a esta regla, si el cultivo vegetal como las es adecuado para la proliferación bacteriana la que inverna en suelo congelado algunas mueren, o por selección natural parcial soportan baja temperatura, en el ártico permanecen congeladas de 9 a 0 meses del año (45,50) en localidades que no alcanzan temperatura mayor de 10oC se detectan cifras que exceden a $1 \times 10^6/g$, incluso cuando la temperatura permanece por debajo del punto de congelamiento durante meses esas bacterias en latencia, hasta el deshielo de primavera para activarse. En el desierto es el extremo: dominan los bacilos con esporas, ya que la para la célula vegetativa esta condición es desfavorable .

II. El impacto del ambiente sobre las bacterias.

El ambiente afecta la densidad y composición de la microbiota, como los factores abióticos que alteran a la comunidad y su actividad bioquímica, como: la humedad, el oxígeno, la temperatura, el nivel de materia orgánica, el pH y los minerales, el tipo de cultivo vegetal, la estación del año y la profundidad del perfil del suelo. La humedad controla la actividad microbiana, por que el agua es el componente principal del protoplasma, para el crecimiento vegetativo; con la humedad excesiva, la proliferación microbiana se limita por que disminuye el suministro de O₂ disponible.

La máxima densidad bacteriana en regiones de alta humedad; el nivel adecuado para la actividad de las aerobias es de 50 al 75% , las variaciones periódicas del tamaño de la comunidad se relacionan con las humedad, así la inundación estimula a los anaerobios estrictos.

El cambio de microbiota aeróbica por anaeróbica sucede cuando el O₂ desaparece (. La temperatura regula los procesos biológicos, existe asociación entre ésta y el tamaño de la comunidad , cada género bacteriano tiene una temperatura de crecimiento favorable arriba o debajo de la cual no se reproduce, el intervalo adecuado para ello las divide en: mesófilas que crecen entre 25 y 30oC y sobreviven entre 15 y 45oC representan la mayor parte de la población en el suelo resisten al frío a 5oC (8-10). Las termófilas crecen entre 45 a 65oC y las obligadas, no lo hacen abajo de 40oC como los géneros:

Thermoleophilum album, *Thermoleophilum minutum* en la familia, Rubrobacteridae el género Actinobacteria

El tamaño de la comunidad bacteriana en suelo está relacionado con el contenido de materia

orgánica así que en el humus abundan, ello es equivalente a la adición de carbono orgánico y nitrógeno orgánicos sencillos que influye en su rápida mineralización igual que la incorporación de abono vegetal o de un residuo del cultivo agrícola de plantas como las leguminosas verdes .

El pH ácido o alcalino inhibe la actividad bacteriana, pues la mayoría crece en la neutralidad, a mayor concentración de iones de hidrogeno se reduce, por ello el encalado de un suelo ácido de pH 3.0 la aumenta.

La aplicación de fertilizantes inorgánicos proporciona minerales a las plantas y bacterias aunque también las suprime como los que contienen amonio que se oxida biológicamente para formar ácido nítrico y ello reduce la población sensible mas numerosa representada por la que se reproduce en la neutralidad

El cultivo agrícola causa un efecto directo e indirecto en la actividad bacteriana, al igual que el tipo de labranza, la clase de residuo vegetal incorporado si es de una leguminosa como la soya (*Glycine max L*) nodulada por *Bradhizobium japonicum* que enriquece el suelo con una amplia gama de productos nitrogenados orgánicos que favorece la proliferación de la población bacteriana, mientras que la estación del año es una variable ecológica relacionada con la temperatura, la precipitación pluvial, el cultivo agrícola y las raíces de plantas, en suelo de clima templado, el inicio de la mineralización de la materia orgánica es en primavera con un descenso en el verano, mientras que la humedad favorable, la disponibilidad de residuos de vegetales incrementa la población bacteriana, que disminuye en invierno, luego ésta permanece en latencia por periodos prolongados de congelamiento y se reactiva en primavera.

La condición meteorológica en cualquier año altera la secuencia estacional usual, un verano lluvioso y caliente o en otoño helado-seco causa fluctuación de la población bacteriana por la combinación humedad y temperatura.

Cuadro 1. Distribución de bacterias en horizontes de un perfil de un suelo

Profundidad cm Aerobias Anaerobias Actinomicetos

3-8 7,800 1,950 2,080

20-25 1,800 379 245

35-40 472 98 48

65-75 10 1 5

135-145 1 0.4

La profundidad del suelo 0-100cm, afecta la densidad bacteriana, en la superficie es escasa por la acción bactericida de la luz solar, como lo muestra el examen de un perfil desde la superficie al horizonte C, señalado en el cuadro 1 en suelo agrícola el mayor numero de bacterias se ubica en el horizonte 0, en un bosque, en un huerto frutal, en una pradera, en suelo orgánico. En general la

abundancia bacteriana disminuye con la profundidad, la mayoría de los cambios asociados en el perfil, se explican la alteración biológica por fluctuación en la cantidad de carbono orgánico y O₂ disponibles, al igual que la humedad, el pH, los minerales y el CO₂.

La taxonomía bacteriana.

Las bacterias se dividen en grupos morfológicos por la variedad no ha sido posible describir a todos los tipos, su caracterización con base en su morfología en colonias en placas de medio de cultivo sólido: dominan bacilos no formadores de esporas, los formadores de esporas, cocos y bacilos cortos que cambian a cocos.

En cultivo, bacterias del suelo cambian de forma al reproducirse, *Arthrobacter* un bacilo corto que cambia con la edad a cocos, *Bacillus* es otro grupo que forma esporas crece con oxígeno, si la morfología se combina con la tinción de Gram, como se muestra en el cuadro 2 se aprecia la amplia diversidad de formas microscópicas en dos tipos de suelo, lo que indica que en este ambiente existe las condiciones nutricionales para ello.

La forma y tamaño de bacterias en el suelo, es diferente a la observada cuando éstas crecen en medio de cultivo sólido un alto porcentaje son pequeñas con diámetro menor a 0.3 μ incluso inferior a 0.1 μ, una porción significativa no es detectable con el microscopio de luz, el examen directo de suspensión de suelo por microscopía electrónica revela la existencia de bacteria con morfología diferente de las de crecimiento rápido en medio de cultivo sólido, algunas poseen pedúnculos, otros tienen forma de estrella o tienen superficies onduladas.

La diversidad bacteriana en el suelo.

Las bacterias se estudian por la técnica de medio de cultivo selectivo para favorecer un grupo fisiológico sobre otro, un medio de cultivo con celulosa como única fuente de carbono, sirve para recuperar en cultivo puro tipos metabólicos como: las nitrificantes, amonificantes, las que hidrolizan urea, las que mineralizan proteínas, su abundancia se estima por el método de dilución de suelo, sembrado en medio de cultivo sólido, entre los géneros comunes están: *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Cycloclasticus*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Hyphomicrobium*, *Metallogenium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pedomicrobium*, *Pseudomonas*, *Sarcina*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Rashtonia* y *Xanthomonas*. Algunos son abundantes en placa, pero ciertos géneros requieren un medio de cultivo especializado, por CVP del 5 al 50% es *Arthrobacter*, del 7 al 67% *Bacillus*, 3 al 15% *Pseudomonas*, hasta el 20% es *Agrobacterium*, del 2 al 12% es *Alcaligenes* y del 10% son *Flavobacterium* menos del 5% de las colonias pertenecen a *Corynebacterium*, *Gemmatimonas*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Rubrobacter*, *Xanthomonas*, *Mycobacterium* y *Sarcina*. *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Pseudobacteria*, *Solirubrobacter*, *Verrucomicrobia*.

Con base a tales proporciones existen géneros dominantes como *Pseudomonas* en suelo agrícola y virgen excede 1×10^6 /g de suelo seco, al igual que *Arthrobacter* que abunda aunque su papel en las transformaciones químicas en la naturaleza no es claro, aunque esta relacionado con *Corynebacterium saprofitas*, no formadoras de esporas, Gram positivas, inmóviles de morfología irregular, asociada con la ácido-alcohol resistente del genero *Mycobacterium* menos comunes inferiores a 1×10^6 /g de suelo seco.

Otro es *Bacillus* que se aísla por pasteurización de suelo a 80°C /de 10 a 20 minutos que destruye las células vegetativas, no las esporas con la incubación aeróbica se elimina al género anaeróbico *Clostridium*, el numero de *Bacillus* de 10^6 a 10^7 / g de suelo seco es engañoso por que la CVP no indica si la colonia creció de una spora o célula vegetativa, en suelo pobre en materia orgánica éste género existe como spora en latencia por años, solo una condición nutricional adecuada, la activa y entonces se reproduce, aunque en la mayoría de los suelos existe en un 60% como esporas (mientras que incluso *Clostridium* se detecta en un suelo fértil, la aerobiosis no es natural por la alta actividad microbiana consume O_2 y lo sustituyen por CO_2 , lo que permite la reproducción de los anaerobios obligados. La CVP muestra de 10^3 a *Clostridium*/g de suelo seco, para obtener en cultivo puro de este género, se buscan sus esporas resistentes al calor y su crecimiento anaeróbico, mediante pasterización de un suelo a 80°C / 10 minutos para eliminar las células vegetativas, en suelo rico en materia orgánica existe evidencia de bacterias con un apéndice semi-rígido de diámetro menor al de una célula madura, este apéndice lo usan para fijarse o adherirse a superficies. Como *Hyphomicrobium* que gema y *Coulobacter* con 25,000/g de suelo seco

Otro grupo poco descrito tiene una célula no mayor a 1.5μ de largo con un pequeña protuberancias redonda en hilera en la superficie con apariencia de mazorca de maíz.

Las myxobacterias son un grupo procariote común en suelo de bosque, así como en excrementos de conejos y otros mamíferos, son bacilos flexibles que se mueven por deslizamiento, con un estado latencia o esporas durante su ciclo biológico, las células típicas originan en cuerpos fructíferos, este ciclo se completa cuando un bacilo emerge de las esporas de los cuerpos fructíferos, como esporas se activan con nutrientes orgánicos, los géneros principales son: *Mixococcus*, *Chondrococcus*, *Archangium* y *Polyangium* .

Las myxobacterias se aíslan, con una pequeña cantidad de suelo en el centro un medio de cultivo sólido sembrado con una suspensión bacteriana, después de la incubación, los cuerpos fructíferos son notorios a simple vista, esta técnica se basa en la capacidad de las myxobacterias de lisar bacterias para alimentarse, para ello excretan enzimas extracelulares. Las myxobacterias existen de suelo cultivables, de pastizales con valores de 2,000 a 76,000/g de suelo seco (28-30) en ambiente húmedo la población es mayor no toleran la condición árida.

El género *Bdellovibrio* se ubica en el suelo no es abundante. Es un bastón curvo pequeño de ahí el sufijo vibrio en el nombre del género que existe como parásito obligado, se adhiere y reproduce

a expensas de bacterianas mayores, en medio de cultivo no tiene un impacto significativo cuando la densidad de la población hospedera es pequeña, *Bdellovibrio* se alimenta vorazmente con la velocidad de crecimiento del hospedero, causa con ello un descenso masivo de la población hospedera su importancia en la naturaleza es poco entendida.

Bacterias patógenas de animales, plantas y humanos.

En el suelo existen bacterias patógenas humanas, del ganado y plantas cultivadas. Algunas veces se detectan por la aparición de síntomas en el hospedero específico en contacto con el suelo, otras veces es necesario un medio de cultivo y una técnica selectiva para demostrar su existencia o para contarlos en consecuencia se reporta: *Agrobacterium*, *Erwinia* y *Pseudomonas* fitopatógenas algunas de las especies de estos géneros son nativas del suelo y otras solo por breves periodos por la contaminación con tejidos, o fluidos de plantas enfermas.

Estas bacterias persisten por algún tiempo con capacidad de reinfectan al hospedero en la misma área de la estación anterior, por ello la incidencia de *Clostridium botulinum*, *C.tetani* y *Bacillus anthracis* son algunos géneros que causan enfermedad en humanos y animales ya que sus esporas superviven por largo tiempo y su permanencia en el suelo implica casos ocasionales de botulismo, tétanos, o carbunco, evidencia sobre *B. anthracis* indica que se reproduce vegetativamente en el suelo bajo determinadas circunstancias .

Otros bacterias patógenos del hombre y animales en el suelo incluye a *Listeria monocytogenes*, *Erysipelothrix rhusiopathiae* y especies *Clostridium* por la frecuente contaminación del suelo por fertilizantes animales, aguas negras que transportan agentes de etiológicos y de plantas enfermas, como *Coxiella burnetti ricketsia* que causa de la fiebre Q se aísla del suelo recién contaminado por animales infectados. *Salmonella* y *Streptococcus* patógenos se recuperan del suelo después de adición de abonos, así como los géneros y especies de bacterias fitopatógenas que son invasoras como: *Agrobacterium*, *Burkholderia* *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia* y *Xanthomonas*; ingresan repetidamente con tejidos de plantas enfermas, estas bacterias patógenas invasoras son rápidamente eliminadas y causan un mínimo de problema pero otros perduran por más tiempo, lo cual es una amenaza para las plantas hospederas según lo demuestran técnicas de biología molecular .

En la actualidad el control bacteriano de insecto-plaga, obliga a la evaluación de su persistencia; se reporta que esporas de *Bacillus thuringiensis* superviven por un tiempo relativamente corto, de tal manera que para lograr un reducción continua y significativa del insecto/plaga es necesario un repetida aplicación de del bioinsecticida a base de *B. thuringiensis*.

Tipo de nutrición bacteriana en el suelo.

Las bacterias se subdividen en clases taxonómicas, morfológicas y fisiológicas. Para clasificar bacterias con base a sus necesidades nutricionales, existen grupos que requieren para reproducirse

de: factores de crecimiento como uno o varios aminoácidos, vitaminas B o la mezcla compleja de factores de crecimiento. Los estudios muestran que un décimo de las bacterias en el suelo se reproduce en medio de cultivo mínimo, los otros nueve décimos demandan de algún factor de crecimiento para alcanzar su máximo proliferación; el 10% necesita aminoácidos, un número similar vitamina B el 30% demanda una mezcla compleja de estos factores, un porcentaje elevado de bacterias debe usar vitaminas para su reproducción, lo anterior prueba que la nutrición de las bacterias del suelo va de simple a compleja.

Un alto porcentaje de bacterias crecen en ausencia de factores de crecimiento, pero los sintetizan y lo excretan al exterior .

El cuadro 3 muestra la frecuencia de bacterias que liberan vitamina B, lo que explica el grado de interdependencia biológica, por la utilización de compuestos sintetizadas por otra bacteria como aminoácidos y vitaminas del complejo B, lo anterior es importante para el equilibrio nutricional de los heterotrofos del suelo y explica porque el extracto de suelo y raíz favorece son considerados como factores de crecimiento para la vida microbiana y animal de ese ambiente .

Bacterias quimiolitotrofas del suelo.

Las bacterias del suelo se dividen en tres grupos respecto a la fuente de energía y de carbono que necesitan para reproducirse: heterotróficas o quimioorganotrofas, los cuales requieren de compuestos orgánicos de C, que le sirvan como fuente de energía y para crecer; las fotoautotrofas crecen al usar como fuente de energía de la luz del sol y las quimiolitotrofas que se multiplican al oxidar elementos o compuestos inorgánicos, estas dos últimas fijan CO₂ como fuente de carbono.

Las algas, las plantas superiores como algunos géneros de bacterias son fotoautotróficos lo cual es de importancia en la agronomía por sus efectos sobre la producción agrícola). Las quimiolitotrofas obligadas tienen ciertos géneros y especies que solo oxidan compuestos y/o elementos inorgánicos, sus fuentes de energía están limitadas a minerales como: Nitrosomonas con el amonio, Nitrobacter con el nitrito y Thiobacillus con minerales reducidos de azufre, los facultativos oxidan tanto minerales en estado de reducción química como carbono orgánico, en síntesis:

El metabolismo quimiolitotrofico facultativo genera energía de crecimiento por la oxidación moléculas orgánicas o inorgánicas como el H₂, como la especie del género Thiobacillus denitrificans que se reproduce en ausencia de O₂ con un mineral rico en oxígeno: el nitrato o CO₂ para los productores de metano que son reductores de este gas.

3. Conclusiones

La investigación que aquí se encuentra generada es de carácter científico divulgativo provista de

conocimientos y experiencias de área de Ingeniería en cuyo sustento es generar la técnica para un mundo más fácil, además de informar la situación Fisicoquímica, Termodinámica y Microbiológica de con la que se cuenta en Guanajuato para poder minimizar los impactos que genera la mano del hombre.

Bibliografía

- W. Castellan Gilbert, Segunda Edición Fisicoquímica: Fondo Educativo interamericano (1974)
- Addison Wesley Iberoamericana (1987).
- C. Kotz John, M. Treichel Paul y C. Weaver Gabriela, Química y reactividad química: División Americana de Ciencia, Internacional Thompson Editores.
- A. Albert Lilia (2008) Toxicología Ambiental. México, Venezuela, Colombia, España y Guatemala