

Capítulo 1

Antecedentes

1.1 Antecedentes

GEOQUÍMICA

La geoquímica es una especialidad de las ciencias naturales, que sobre la base de la geología y de la química estudia la composición y dinámica de los elementos químicos en la Tierra, determinando la abundancia absoluta y relativa, distribución y migración de los elementos entre las diferentes partes que conforman la Tierra (hidrosfera, atmósfera, biósfera y geósfera), utilizando como principales testimonios las transformaciones los minerales y rocas componentes de la corteza terrestre, con el propósito de establecer leyes o principios en las cuales se basa tal distribución. Los elementos geoquímicos son en una escala de mayor a menor abundancia: oxígeno, silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio y magnesio. (Diccionario ambiental Sarmiento 2010).

Los objetivos de la geoquímica son:

Determinar la abundancia absoluta y relativa de los elementos y sus especies químicas en los diferentes sistemas naturales de la Tierra y establecer la distribución y migración de los elementos en las diferentes partes que conforman la Tierra (litosfera, atmósfera, hidrosfera, biosfera), con el objeto de obtener información sobre los principios que gobiernan la migración y distribución de los elementos (entre los diferentes sistemas naturales) (Alonso de Val y Herrero, 2001).

Su aprovechamiento para el bienestar social es:

Prospección de los recursos naturales para el beneficio de la humanidad, (plata, oro, aluminio, petróleo) y la determinación de la calidad del ambiente y reconocer los principales procesos para intervenir en la reducción, atenuación y mitigación del impacto ambiental en beneficio de la humanidad

Áreas de investigación

Las áreas de investigación son:

Geoquímica orgánica: Dedicada al estudio de la distribución de la materia orgánica en la tierra y de los procesos que la controlan.

Otra aplicación es la distribución y transformación de la materia orgánica y elementos asociados en los ambientes naturales. Por ejemplo en la Geoquímica del petróleo, Prospección geoquímica, Geoquímica de reservorio, Geoquímica de elementos traza, Geoquímica isotópica: La cual está dedicada al estudio de la variación de la composición isotópica en materiales naturales. Las líneas de investigación en esta área son las siguientes:

Geoquímica isotópica en la datación radiométrica de minerales y rocas.

Finalmente la Geoquímica ambiental donde se realizan estudios de la distribución de elementos químicos y de compuestos inorgánicos y orgánicos naturales y antropogénicos potencialmente nocivos en el ciclo exógeno, sus transformaciones en ambientes naturales, así como los procesos que regulan su comportamiento y sus posibles cambios como consecuencia de la influencia antropogénica. Las líneas de investigación en esta área son: Geoquímica de contaminación de aguas, Geoquímica de contaminación de suelos y sedimentos, Geoquímica de contaminación atmosférica, Geoquímica forense, Biogeoquímica (Alonso del Val y Herrero, 2001)

POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Indica la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias. La sigla significa "potencial de hidrógeno" (pondus Hydrogenii o potentia Hydrogenii; del latín *pondus*, n. = peso; *potentia*, f. = potencia; *hydrogenium*, n. = hidrógeno). Siendo el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es:

$$\text{pH} = -\log_{10} [a_{\text{H}_3\text{O}^+}]$$

$$\text{pH} = -\log[H^+]$$

El pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más protones en la disolución), y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (donde el disolvente es agua). (CHANG, 1992).

El valor del pH mide de forma precisa mediante un potenciómetro, el cual es un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ión hidrógeno. (CHANG, 1992).

También se mide de forma aproximada empleando *indicadores*, ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH. Generalmente se emplea *papel indicador*, que se trata de papel impregnado de una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH. El papel de litmus o papel tornasol es el indicador mejor conocido. Otros indicadores usuales son la fenolftaleína y el naranja de metilo. (CHANG, 1992).

LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Dentro de los componentes que integran e interactúan dinámicamente en el suelo, la materia orgánica (MO), ocupa un lugar muy importante, por tener propiedades especiales tanto de carácter físico, como químico y por ende nutricional. (Quiminet, 2010).

La materia orgánica junto con las arcillas por su tamaño (<2mm), son consideradas coloides y poseen cargas negativas que se generan por sus raciales orgánicos, también

tienen la capacidad de atraer cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ , Na^+ , NH_4^+), retener agua y oxígeno en el suelo y mejorar la rizófora para un mayor, mejor desarrollo y nutrición vegetal. (Quiminet, 2010).

Los diferentes orígenes y climas de suelos determinan el tipo de materia orgánica presente en ellos y su cantidad. Las condiciones edafoclimáticas frías, tienden a conservar mayores concentraciones de material orgánico por su lenta tasa de mineralización, mientras que en condiciones templadas a cálidas, éstas tasas de mineralización se incrementan disminuyendo el contenido de materia orgánica sobre todo en ecosistemas de producción agrícola intensiva en donde se requieren prácticas de incorporación de residuos de cosecha y suministro de fertilizantes nitrogenados entre otros para obtener óptimas productividades. (Quiminet, 2010).

La materia orgánica sólo se genera dentro del suelo mediante complejos procesos bioquímicos (humificación), controlados principalmente por humedad, temperatura y requiere de microorganismos que contribuyen a su descomposición. La diversidad y cantidad de microorganismos se ve afectada por el manejo físico que el agricultor realice, tipo de cultivo, controles fitosanitarios, manejo de residuos de cosecha y prácticas culturales y de fertilización. (Quiminet, 2010).

Los contenidos adecuados de materia orgánica mejoran la estructura del suelo, optimizando la entrada y el almacenamiento de agua, brindando mayor estabilidad a los agregados del suelo ofreciendo resistencia a la erosión y mejoran la nutrición de las plantas. (Quiminet, 2010).

Es importante considerar el factor orgánico dentro de un Plan Integral de Nutrición Vegetal, debido a que éste contribuye a mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas en los suelos, disminuyendo considerablemente efectos negativos de pHs bajos, toxicidades por iones tóxicos (Al^{3+}), excesos de agua y ausencia de oxígeno. (Quiminet, 2010).

La materia orgánica del suelo presenta un comportamiento similar al de las arcillas en la capacidad de intercambio catiónico (CIC), por retener e intercambiar cationes. Gracias a esta propiedad los nutrientes tanto naturales como los aplicados mediante Planes Integrales de Fertilización no se lavan fácilmente o lixivian para luego gradualmente ser liberados a la solución del suelo y absorbidos por las raíces de las plantas. La unidad de medición de la materia orgánica es en porcentaje (%) y su método analítico de extracción en laboratorio es Walkley-Black. (Quiminet, 2010).

Es importante tener en cuenta que al suministrar materiales de origen orgánico como gallinazas, bovinazas, porquinazas etc, usadas como correctivos orgánicos en los suelos, se requiere de un previo análisis bioquímico, debido a que de no presentar un óptimo grado de humedad y madurez de estos materiales (microorganismos), en lugar de contribuir a un mejoramiento de las condiciones orgánicas del suelo, se genera un problema fitosanitario muy delicado y se disminuye la eficiencia de la fertilización mineral por ser

consumida por los materiales orgánicos (N, P) en mal estado de descomposición. (Quiminet, 2010).

CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la cantidad de agua que el suelo contiene en el momento de ser extraído. Una forma de conocer el contenido de humedad es pesar la muestra cuando se acaba de extraer y después de haberla mantenido durante 24 horas en un horno a una temperatura de 110 °C (Frederick S. M. 2007).

Donde se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Donde:

m_1 = Masa de la muestra recién extraída.

m_2 = Masa de la muestra después de estar en el horno

HUMEDAD

Un termohigrógrafo utilizado para medir sobre una banda de papel la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa. (Frederick S. M. 2007).

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se expresa de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%. (Frederick S. M. 2007).

METALES PESADOS

Los metales pesados que analizamos son dañinos al ser humano en concentraciones y condiciones diversas, según de la manera en la que sean absorbidos por el ser humano. Estos elementos son los siguientes: Arsénico "As", Níquel "Ni", Cadmio "Cd", Plomo "Pb", Aluminio "Al", Cobre "Cu", Hierro "Fe", Manganeseo "Mn" así como el Sodio "Na" y el Potasio "K".

As, Arsénico

Está presente de manera natural en el ambiente, pues es un constituyente de los compuestos orgánicos e inorgánicos, es un elemento carcinógeno cuando es ingerido, causando tumores en la piel y cuando es inhalado tumores en los pulmones. Es un elemento teratogénico y tiene efectos de poli neuropatía y lesiones en la piel. A niveles inferiores de 40 µg es un toxico crítico para algunos organismos acuáticos (Arcos et al., 1994).

Formula química: As

Nombre IUPAC: Arsénico

Propiedades Físicas y químicas:

Peso atómico: 74.91 g/gmol

Punto de fusión: 817°C

Punto de ebullición: 613°C

Gravedad específica: 5.72 a 20 °C

Solubilidad den el agua: Insoluble; algunas sales son solubles

Transporte y destino:

En la naturaleza hay 4 estados de oxidación y para determinar la distribución de su movilidad es necesario conocer su especie química, pues en un medio acuático es importante considerarla volatilización con la actividad biológica, pues producen arsinas o metilarsenicos. Los procesos sedimentarios influyen en el destino de la sustancia. Cierta número de micro organismos metabolizan el As incrementan su movilidad debido a esto su destino final por lo general es el fondo del océano (Arcos et al., 1994).

Efectos sobre la salud

Se relaciona con el cáncer de piel y hay evidencia que en la inhalación de este metal causa cáncer en los pulmones, además existe evidencia de malformaciones múltiples en niños de mujeres expuestas ocupacionalmente a este elemento, también hay cambios no cancerosos sino precancerosos con poli neuropatías progresivas, afectando las extremidades en individuos expuestos a compuestos introducidos por la ingesta de alimentos contaminados (Arcos et al., 1994).

Toxicidad en animales domésticos o silvestres

Varias formas muy similares de toxicidad; aparecen en los animales a niveles tan bajos como son los 40 µg /L en aguas frescas causando daños ala vida acuática y siendo letal para peces de agua salada a los 15 µg/L, para el trióxido de As alrededor de 812 µg/l, algunos invertebrados se afectan más con niveles más altos de 508 µg/L. La concentración alterara con la exposición crónica y se bioconcentran en un mayor grado (Arcos et al., 1994).

Reglamentación y normas:

Criterios de calidad del agua (USEPA)

Vida acuática.

Agua dulce

Toxicidad crítica: 440 µg/L
Toxicidad crónica: Dato no disponible
Agua salada:

Toxicidad crítica: 508 µg/L
Toxicidad Crónica: Dato no disponible
Salud Humana:

Se estima que los riesgos asociados con la exposición del As son:

Riesgo

10^{-5}	22 ng/L
10^{-6}	2.2 ng/L
10^{-7}	0.22 ng/L

Unidades de riesgo CAG, (USEPA): $15 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día})^{-1}$

Norma nacional primaria de agua potable (USEPA): 50 µg/L

Norma recomendada por la NIOSH (aire) $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nivel máximo)

Norma técnica Ecológica mexicana: 5 mg/L

Norma técnica ecológica mexicana para agua potable: 0.05 mg/L

Ni, Níquel

Es un elemento que se presenta en el ambiente sólo en muy pequeños niveles. Los humanos lo usan para muchas aplicaciones diferentes. La aplicación más común del níquel es el uso como ingrediente del acero y otros productos metálicos. Este se encuentra en productos metálicos comunes como es la joyería (Arcos et al., 1994).

Los alimentos naturalmente contienen pequeñas cantidades de níquel. El chocolate y las grasas son conocidos por contener altas cantidades. El níquel es tomado y este aumentará cuando la gente come grandes cantidades de vegetales procedentes de suelos contaminados. Es conocido que las plantas acumulan níquel y como resultado la toma de níquel de los vegetales será eminente. Los fumadores tienen un alto grado de exposición al níquel a través de sus pulmones. Finalmente, el níquel se encuentra en detergentes. Los humanos pueden ser expuestos al níquel al respirar el aire, beber agua, comer comida o fumar cigarrillos. El contacto de la piel con suelo contaminado por níquel o agua puede también resultar en la exposición al níquel. En pequeñas cantidades el níquel es esencial, pero cuando es tomado en muy altas cantidades es peligroso para la salud humana (Arcos et al., 1994).

Causa elevadas probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata, enfermedades y mareos después de la exposición al gas de níquel. Embolia de pulmón, Fallos respiratorios. Es un elemento teratogénico. Problemas de Asma y bronquitis crónica, reacciones alérgicas (dermatitis) como son erupciones cutáneas, mayormente de las joyas, desórdenes del corazón (Arcos et al., 1994).

Propiedades físicas y químicas:

Peso atómico: 518.71 g/gmol
Punto de fusión: 1453 °C
Punto de ebullición: 2732 °C
Gravedad específica: 5.8.902 a 25 °C
Solubilidad en el agua: Insoluble; algunas sales son solubles
Solubilidad en orgánicos. Depende de las propiedades e la sal de níquel específica
Presión de vapor: 1mm de HG a 1818 °C

Transporte y destino

Este metal es altamente móvil al frío es muy soluble en agua, en pH mayores de 9 se precipita como carbonato y a pH menores sus compuestos forman hidróxidos, sulfatos y están ligados orgánicos (Arcos et al., 1994).

En la naturaleza los procesos de sorción y co-precipitación involucran óxidos de hierro y manganesos hidratados, que son moderadamente limitantes de su movilidad debido a su consideración de movilidad con el agua, su depósito final tiende a ser los océanos (Arcos et al., 1994).

Efectos a la salud

La exposición al níquel metal y sus compuestos solubles no debe superar los 0,05 mg/cm³ medidos en niveles de níquel equivalente para una exposición laboral de 8 horas diarias y 40 semanales. Los vapores y el polvo de sulfuro de níquel se sospecha que son cancerígenos (Arcos et al., 1994).

El carbonilo de níquel (Ni (CO)₄), generado durante el proceso de obtención del metal, es un gas extremadamente tóxico (Arcos et al., 1994).

Las personas sensibilizadas manifiestan alergias al níquel. La cantidad de níquel admisible en productos que entran en contacto con la piel está regulada en la Unión Europea a pesar de ello, la revista *Nature* publicó en 2002 un artículo en el que investigadores afirmaban haber encontrado en monedas de 1 y 2 euros niveles superiores a los permitidos, se cree que debido a una reacción galvánica

Reglamentación y normas:

Criterios de calidad del agua (USEPA)

Vida acuática.

Agua dulce

Toxicidad crítica: $e^{(.76 \cdot \ln(\text{dureza}) + 4.02)}$ µg/L

Toxicidad crónica: $e^{(.76 \cdot \ln(\text{dureza}) + 1.06)}$ µg/L

Agua salada:

Toxicidad crítica: 140 µg/L

Toxicidad Crónica: 7.1 µg/L

Salud Humana:

Criterio: 13.4 µg/L

Unidades de riesgo CAG, (USEPA): 1.15 (µg/kg/día)⁻¹

Norma recomendada por la NIOSH: 15 µg/m³ TWA (Ni orgánico)

NOM. 021 SEMARNAT 2000, normal: 50 mg/kg

NOM. 021 SEMARNAT 2000, peligroso: 100 mg/kg

Norma técnica ecológica mexicana para agua potable: 5 mg/l

Cd, Cadmio

Es un metal en una variedad de formas que están móviles en el ambiente acuático es carcinógeno por inhalación. Es incierto si es carcinógeno en animales y humanos por vía de ingestión. Se conoce que es teratogénico y es una toxina que produce problemas crónicos en el riñón a una baja exposición (Arcos et al., 1994).

Propiedades Físicas y químicas:

Peso atómico: 112.41 g/gmol

Punto de fusión: 321°C

Punto de ebullición: 765°C

Gravedad específica: 8.642

Solubilidad en el agua: Insoluble; algunas sales son solubles

Solubilidad en orgánicos: variables según el compuesto

Presión de vapor 1mm Hg a 394 °C

Trasporte y destino

Relativamente móvil, se transporta en el medio acuático, hay evidencias que se mueve lentamente en el suelo.

Efectos sobre la salud.

Este metal puede causar cáncer de próstata, y cuando es inhalado causa tumores pulmonares, y si es inyectado produce sarcomas en el sitio de la inyección y/o tumores de células, no es mutagénico pero impide la restauración celular.

Es una toxina teratogénica con efectos en riñones en humanos y animales, causa inmunosupresión, anemia, afección pulmonar, daños al sistema endocrino, así como efectos en la función sensorial y daños a los huesos.

El LD₅₀ oral es de 225 mg/kg la intoxicación aguda causa disnea, edemas, fatiga anorexia, severas alteraciones apáticas, renales, vomito diarrea, náuseas dolores abdominales. Y en una intoxicación por inhalación, produce enfisema y fibrosis, alteraciones renales con proteinuria causando un mayor problema con la exposición prolongada (Arcos et al., 1994).

Reglamentación y normas:

Criterios de calidad del agua (USEPA)

Vida acuática.

Agua dulce

Toxicidad aguda: $e^{(1.3 \cdot \ln(\text{dureza}) - 3.92)}$ $\mu\text{g/L}$

Toxicidad crónica: $e^{(0.75 \cdot \ln(\text{dureza}) - 4.38)}$ $\mu\text{g/L}$

Agua salada:

Toxicidad aguda: 38 $\mu\text{g/L}$

Toxicidad Crónica: 12 $\mu\text{g/L}$

Salud Humana:

Criterio: 10 $\mu\text{g/L}$

Unidades de riesgo CAG, (inhalación) (USEPA): $6.1 (\mu\text{g/kg/día})^{-1}$

Norma nacional primaria de agua potable (USEPA): 10 $\mu\text{g/L}$

Norma recomendada por la NIOSH: 40 $\mu\text{g/m}^3$ TWA 200 $\mu\text{g/m}^3$ por cada 15 min (máximo)

Valor del límite umbral ACGIH: 50 40 $\mu\text{g/m}^3$

Norma técnica Ecológica mexicana: 1.0 mg/L

Norma técnica ecológica mexicana para agua potable: 0.005 mg/L

NOM. 021 SEMARNAT 2000, normal: 0.35 mg/kg

NOM. 021 SEMARNAT 2000, peligroso: 4 mg/kg

Pb, Plomo

El Plomo es un metal blando que ha sido conocido a través de los años por muchas aplicaciones. Este ha sido usado ampliamente desde 5000 A.C. para aplicaciones en productos metálicos, cables y tuberías, pero también en pinturas y pesticidas. El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%). Las comidas como fruta, vegetales, carnes, granos, mariscos, refrescos y vino pueden contener cantidades significantes de Plomo. El humo de los cigarrillos también contiene pequeñas cantidades de plomo (Arcos et al., 1994).

Este elemento se encuentra en la naturaleza en 3 diferentes estados de oxidación, causando principalmente daños al cerebro y sistema nervioso central, causando encefalopatías y neuropatías periféricas. La exposición crónica a bajos niveles causa en niños problemas de aprendizaje, así como daño en los riñones, anemia y cambios severos en el sistema inmune (Arcos et al., 1994).

Propiedades Físicas y químicas:

Peso atómico: 207.19 g/gmol

Punto de fusión: 327.502°C

Punto de ebullición: 1740 °C

Gravedad específica: 11.35 a 20 °C

Solubilidad en el agua: Insoluble; algunos compuestos orgánicos son solubles

Solubilidad en compuestos orgánicos: soluble en HNO₃ y en H₂SO₄ caliente.

Transporte y destino

El plomo metálico y los minerales de plomo comunes son solubles en agua. Generalmente los compuestos naturales no son móviles en superficies normales o en aguas subterráneas, ya que el lixiviado de plomo procedente de las minas se absorbe por el hidróxido férrico o se combina con los iones de carbonato o sulfato para formar compuestos insolubles (Arcos et al., 1994).

El plomo en la atmósfera se mueve a través de la humedad, por ello hay un transporte en el medio acuático muy rápido si se encuentra en forma de ion. La bioacumulación se presenta en los organismos a través de la cadena alimenticia, la biometilación por los micro organismos remueve el plomo de la atmósfera, dejando como última disposición del plomo los océanos profundos (Arcos et al., 1994).

Efectos sobre la salud

El Plomo entra en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Esto es el porqué de los sistemas de tratamiento de aguas públicas, es requerido llevar a cabo un ajuste de pH en el agua que sirve para el uso del agua potable. Que nosotros sepamos, El plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano, este puede principalmente hacer daño después de ser tomado en la comida, aire o agua (Arcos et al., 1994).

El plomo causa varios efectos no deseados, como son: Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones abortos y abortos sutiles perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma, disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad. Es teratogénico y causa serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer (Arcos et al., 1994).

Reglamentación y normas:

Criterios de calidad del agua (USEPA)

Vida acuática. (Criterio propuesto)

Las bajas concentraciones de plomo activo se definían como el que pasa por un filtro de membrana de 0.45 µm después de que la muestra se ha acidificado a un pH de 4 con ácido nítrico

Agua dulce

Toxicidad crítica: $e^{(1.34 \cdot \ln(\text{dureza}) - 2.014)}$ µg/L

Toxicidad crónica: $e^{(.34 \cdot \ln(\text{dureza}) - 5.245)}$ µg/L

Agua salada:

Toxicidad aguda: 220 µg/L

Toxicidad Crónica: 8.6 µg/L

Salud humana:

Criterio: 50 µg/l

Norma primaria de agua potable: 50 µg/l

Norma recomendada por la NIOSH: 0.1 µg/m³ TWA 200 µg/m³ (plomo orgánico)

Norma OSHA: 50 µg/ m³

Valor del límite umbral ACGIH:

0.15µg/m³ TWA (polvos y humos inorgánicos)

0.45µg/m³ TWA (polvos y humos inorgánicos)

Norma técnica ecológica mexicana para agua potable: 0.005 mg/l

NOM. 021 SEMARNAT 2000, normal: 35 mg/kg

NOM. 021 SEMARNAT 2000, peligroso: 200 mg/kg

Al, Aluminio

Este metal es muy utilizado debido a que sus aleaciones son ligeras, fuertes, y de fácil formación para muchos procesos de metalistería; son fáciles de ensamblar, fundir o maquinar y aceptan gran variedad de acabados. Por sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso (Arcos et al., 1994).

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra y en la Luna, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de Al silicato. Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos. En esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental.

Propiedades Físicas y químicas:

Peso atómico: 26.981 g/gmol

Punto de fusión: 660 °C

Punto de ebullición: 2450°C

Gravedad específica: 2.7 a 20 °C

Solubilidad en el agua: Insoluble; algunas sales son solubles

Efectos sobre la salud

El Al es uno de los metales más ampliamente usados y también uno de los más frecuentemente encontrados en los compuestos de la corteza terrestre. Debido a este hecho, el Al es comúnmente conocido como un compuesto inocente. Pero todavía, cuando uno es expuesto a altas concentraciones, este puede causar problemas de salud. La forma soluble en agua del Al causa efectos perjudiciales, estas partículas son llamadas iones. Son usualmente encontradas en soluciones de Al combinadas con otros iones, por ejemplo cloruro de Al (Arcos et al., 1994).

La toma de Aluminio puede tener lugar a través de la comida, respirarlo y por contacto en la piel. La toma de concentraciones significantes de Al causa un efecto serio en la salud como: Daño al sistema nervioso central, Demencia, Pérdida de la memoria, Apatía, Temblores, severos (Arcos et al., 1994).

El Al es un riesgo para ciertos ambientes de trabajo, como son las minas, donde se encuentra en el agua. La gente que trabaja en fabricas donde el Al es aplicado durante el proceso de producción puede aumentar los problemas de pulmón cuando ellos respiran el polvo de Al. El Al puede causar problemas en los riñones de los pacientes, cuando entra en el cuerpo durante el proceso de diálisis (Arcos et al., 1994).

Efectos ambientales del Al

Los efectos del Al han atraído la atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El Al puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las concentraciones de Al parecen ser muy altas en lagos acidificados. En estos lagos un número de peces y anfibios están disminuyendo debido a las reacciones de los iones de Al con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas (Arcos et al., 1994).

El Al puede afectar a la captación del fósforo a través de la precipitación del fosfato de Al en la superficie de la raíz y/o en el espacio libre, aunque el complejo formado puede interferir simultáneamente estimulando la captación de fósforo. La inhibición de la captación del calcio y el magnesio es a menudo observada y es posiblemente el resultado de la competencia de cationes para bloquear la zona dañada (Arcos et al., 1994).

Una conclusión de las relaciones existentes, por ejemplo en la avena, entre el Al concentrado en el suelo y la concentración de magnesio requerido en el mismo, es que el

Al disminuye drásticamente, mientras que el contenido de magnesio se dispara, los niveles de calcio son ligeramente más bajos y los de potasio no afectan (Arcos et al., 1994).

Elevadas concentraciones de Al no sólo causan efectos sobre los peces, pero también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el Al a través del aire.

Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. Las consecuencias para los animales que respiran el Al a través del aire son problemas de pulmones, pérdida de peso y declinación de la actividad. Otro efecto negativo en el ambiente del Al es que estos iones pueden reaccionar con los fosfatos, los cuales causan que el fosfato no esté disponible para los organismos acuáticos.

Altas concentraciones de Al no sólo pueden ser encontrados en lagos ácidos y aire, también en aguas subterráneas y suelos ácidos. Hay fuertes indicadores de que el Al puede dañar las raíces de los árboles cuando estas están localizadas en las aguas subterráneas. (Arcos et al., 1994).

Niveles normales

Los alimentos no procesados tales como frutas frescas, hortalizas y la carne contienen muy poco Al. Compuestos de Al se agregan durante el procesamiento de algunos alimentos tales como: harina, polvo para hornear, colorantes, agentes para prevenir, aglutinación. Una persona adulta promedio consume aproximadamente 7 a 9 mg de Al al día en los alimentos. La mayoría de la gente absorbe muy poco Al a través de la respiración. Los niveles de Al en el aire generalmente oscilan entre 0.005 y 0.18 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de aire, dependiendo de la localidad, las condiciones climáticas y del tipo y nivel de actividad industrial en el área. La mayor parte del Al en el aire se encuentra suspendido en forma de pequeñas partículas de polvo (Arcos et al., 1994).

Los niveles de Al en áreas urbanas e industriales son más altos y oscilan entre 0.4 y 8.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración de Al en aguas naturales (por ejemplo, lagunas, lagos, arroyos) generalmente es menor de 0.1 (mg/L) de agua. La ingesta de Al a través del agua potable generalmente es baja. A veces el agua es tratada con sales de Al durante el proceso de producción de agua potable. Aun así, los niveles de Al generalmente no exceden 0.1 mg/L. En varias ciudades se han detectado concentraciones de Al en el agua potable de 0.4 a 1 mg/L (Arcos et al., 1994).

La población general está expuesta al Al en algunos cosméticos, desodorantes, y medicamentos tales como aspirina con cubierta entérica.

Los antiácidos tienen 300 a 600 mg de hidróxido de Al (aproximadamente 104 a 208 mg de Al) por tableta, cápsula, ó 5 (mL) de dosis líquida. Muy poco de esta forma de Al entra a la corriente sanguínea.

Las aspirinas con cubierta entérica pueden contener 10 a 20 mg de Al por tableta.

Las vacunas pueden contener pequeñas cantidades de compuestos de Al, no más de 0.85 mg/dosis (Arcos et al., 1994).

Cu, Cobre

Es un metal de transición e importante metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas y su abundancia.

De los cientos de compuestos de cobre, sólo unos cuantos son fabricados de manera industrial en gran escala. El más importante es el sulfato de cobre (II) pentahidratado, el agente más ampliamente utilizado en la prevención de la putrefacción de la madera, telas, cuerdas y redes de pesca. Las principales aplicaciones de los compuestos de cobre las encontramos en la agricultura, en especial como fungicidas e insecticidas; como pigmentos; en soluciones galvanoplásticas; en celdas primarias; como mordentes en teñido, y como catalizadores (Arcos et al., 1994).

Propiedades Físicas y químicas:

Peso atómico: 63.54 g/gmol

Punto de fusión: 1083 °C

Punto de ebullición: 2595°C

Gravedad específica: 8.96 a 20 °C

Solubilidad den el agua: Insoluble; algunas sales son solubles

Solubilidad en compuestos: solo a pH entre 5 a 6; algunas siendo absorbidas en el suelo por las arcillas.

Efectos sobre la salud

Es una sustancia muy común que se encuentra naturalmente y se extiende a través de ambiente a través de fenómenos naturales; los humanos usan ampliamente el cobre. Por ejemplo este es aplicado en industrias y en agricultura. La producción de cobre se ha incrementado en las últimas décadas y debido a esto las cantidades de cobre en el ambiente se ha expandido. Crecimiento, reducción del florecimiento, cosechas

El Cobre es encontrado en muchas clases de comidas, en el agua potable y en el aire, debido a que absorbemos una cantidad eminente de cobre cada día por la comida, bebiendo y respirando. La absorción del Cobre es necesaria, porque el cobre es un

elemento traza que es esencial para la salud de los humanos. Aunque los humanos pueden manejar concentraciones de (Arcos et al., 1994).

La exposición al largo periodo al cobre irrita la nariz, la boca y los ojos y causa dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. Si el cobre es cancerígeno no ha sido determinado aún (Arcos et al., 1994).

Hay artículos científicos que indican una unión entre exposiciones de largo término a elevadas concentraciones de Cobre y una disminución de la inteligencia en adolescentes. (Socializando todas las voces, 2008)

Efectos ambientales del Cobre

La producción mundial de cobre está todavía creciendo. Esto básicamente significa que más y más cobre termina en el medio ambiente. El cobre es liberado en el medio ambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Ejemplo de fuentes naturales son las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. Unos pocos de ejemplos de actividades humanas que contribuyen a la liberación del cobre han sido ya nombrados. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados (Arcos et al., 1994).

El cobre es a menudo encontrado cerca de minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos.

Cuando el cobre termina en el suelo éste es fuertemente atado a la materia orgánica y minerales. Como resultado éste no viaja muy lejos antes de ser liberado y es difícil que entre en el agua subterránea. En el agua superficial el cobre viaja largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres (Arcos et al., 1994).

El cobre no se degrada en el ambiente y por eso se acumula en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos. En suelos ricos en cobre sólo un número pequeño de plantas pueden vivir. Por esta razón no hay diversidad de plantas cerca de las fábricas de Cobres, debido a su efecto sobre las plantas, es una seria amenaza para la producción en las granjas. El Cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica. A pesar de esto el estiércol que contiene cobre es todavía usado (Arcos et al., 1994).

El Cobre puede interrumpir la actividad en el suelo, su influencia negativa en la actividad de microorganismos y lombrices de tierra. La descomposición de la materia orgánica puede disminuir debido a esto.

Cuando los suelos de las granjas están contaminados con Cobre, los animales pueden absorber concentraciones de Cobre que dañan su salud. Principalmente las ovejas sufren

un gran efecto por envenenamiento con cobre, debido a que sus efectos del Cobre se manifiestan a bajas concentraciones (Arcos et al., 1994).

Su método de prueba para aguas es: Norma Mexicana NMX-AA-066-1981, Análisis de Agua para determinación de cobre por el método colorimétrico de la neocuproína.

Normatividad

NOM. 021 SEMARNAT 2000, como micronutrientes, deficiente: menor de 0.2 mg/kg

NOM. 021 SEMARNAT 2000, como micronutrientes, adecuado: mayor de 0.2 mg/kg

Fe, Hierro

Es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre. (Arcos et al., 1994).

La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada. Existen técnicas de separación del hierro del agua. El uso más extenso del hierro es para la obtención de aceros estructurales; también se producen grandes cantidades de hierro fundido y de hierro forjado. Entre otros usos del hierro y de sus compuestos se tienen la fabricación de imanes, tintes (tintas, papel para heliográficas, pigmentos pulidores) y abrasivos (colcótar). (Arcos et al., 1994).

Propiedades físicas y químicas:

Peso atómico: 55.847 g/gmol

Punto de fusión: 1537 °C

Punto de ebullición: 3000°C

Gravedad específica: 7.87 a 20 °C

Solubilidad den el agua: Insoluble; algunas sales son solubles

Efectos sobre la salud

El hierro es encontrado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. El cuerpo humano absorbe hierro de animales más rápido que el hierro de las plantas. El hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos (Arcos et al., 1994).

Provocan conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro resultan en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada sideriosis, que es

observable como un cambio en los rayos X. Ningún daño físico de la función pulmonar se ha asociado con la siderosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro incrementan el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares. LD50 (oral, rata) =30 mg/kg. (LD50: Dosis Letal 50. Dosis individual de una sustancia que provoca la muerte del 50% de la población animal debido a la exposición a la sustancia por cualquier vía distinta a la inhalación. Normalmente expresada como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal) (Arcos et al., 1994).

Efectos ambientales del Hierro

El hierro (III)-O-arsenito, pentahidratado es peligroso para el medio ambiente; se presta especial atención en las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste. (Arcos et al., 1994).

Normatividad

NOM. 021 SEMARNAT 2000, como micronutrientes, deficiente: menor de 2.5 mg/kg

NOM. 021 SEMARNAT 2000, como micronutrientes, adecuado: mayor de 4.5 mg/kg

Mn, Manganese

Se encuentra entre el cromo y el hierro. Tiene propiedades en común con ambos metales. Aunque poco conocido o usado en su forma pura, reviste gran importancia práctica en la fabricación de acero (Arcos et al., 1994).

El manganeso se oxida con facilidad con el aire para formar una capa castaña de óxido. También lo hace a temperaturas elevadas. A este respecto su comportamiento es más parecido a su vecino de mayor número atómico en la tabla periódica (el hierro), que al de menor número atómico, (el cromo) (Arcos et al., 1994).

El manganeso es un metal bastante reactivo aunque el metal sólido reacciona lentamente, el polvo metálico reacciona con facilidad y en algunos casos, muy vigorosamente. Cuando se calienta en presencia de aire u oxígeno, el manganeso en polvo forma un óxido rojo, Mn_3O_4 . Con agua a temperatura ambiente se forman hidrógeno e hidróxido de manganeso (II), $Mn(OH)_2$. En el caso de ácidos, y a causa de que el manganeso es un metal reactivo, se libera hidrógeno y se forma una sal de manganeso (II). El manganeso reacciona a temperaturas elevadas con los halógenos, azufre, nitrógeno, carbono, silicio, fósforo y boro (Arcos et al., 1994).

Los compuestos de manganeso tienen muchas aplicaciones en la industria. El dióxido de manganeso se usa como un agente desecante o catalizador en pinturas y barnices y como decolorante en la fabricación de vidrio y en pilas secas. El permanganato de potasio se

emplea como blanqueador para decoloración de aceites y como un agente oxidante en química analítica y preparativa (Arcos et al., 1994).

Efectos del Manganeso sobre la salud

El Manganeso es un compuesto muy común que se encuentra en todas partes en la tierra. El manganeso es uno de los tres elementos trazas tóxicos esenciales, lo cual significa que no es sólo necesario para la supervivencia de los humanos, pero que es también tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones en los humanos. Cuando la gente no cumple con la ración diaria recomendada su salud disminuirá. Pero cuando la toma es demasiado alta problemas de salud aparecerán (Arcos et al., 1994).

La toma de manganeso por los humanos mayoritariamente tiene lugar a través de la comida, como son las espinacas, el té y las hierbas. Las comidas que contienen las más altas concentraciones son los granos y arroz, las semillas de soja, huevos, frutos secos, aceite de oliva, judías verdes y ostras. Después de ser absorbido en el cuerpo humano, el manganeso es transportado a través de la sangre al hígado, los riñones, el páncreas y las glándulas endocrinas.

Los efectos del manganeso mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con Manganeso son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El Manganeso causa párkinson, embolia de los pulmones y bronquitis (Arcos et al., 1994).

Cuando los hombres se exponen al manganeso por un largo periodo de tiempo el daño puede llegar a ser importante.

Un síndrome que es causado por el manganeso tiene los siguientes síntomas: esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio (Arcos et al., 1994).

Porque el Manganeso es un elemento esencial para la salud de los humanos la falta de este puede causar efectos sobre la salud. Estos son los siguientes efectos: Engordar, Intolerancia a la glucosa, coágulos de sangre, problemas de la piel, bajos niveles de colesterol, desorden del esqueleto, defectos de nacimiento, cambios en el color del pelo, síntomas neurológicos (Arcos et al., 1994).

Efectos ambientales del Manganeso

Los compuestos del manganeso existen de forma natural en el ambiente como sólidos en suelos y pequeñas partículas en el agua. Las partículas de manganeso en el aire están

presentes en las partículas de polvo. Estas usualmente se depositan en la tierra en unos pocos días (Cañadas, 2004).

Los humanos aumentan las concentraciones de manganeso en el aire por las actividades industriales y a través de la quema de productos fósiles. El manganeso que deriva de las fuentes humanas entra en la superficie del agua, aguas subterráneas y aguas residuales. A través de la aplicación del Manganeso como pesticida el manganeso entra en el suelo (Cañadas, 2004).

Para los animales el manganeso es un componente esencial sobre unas 36 enzimas que son usadas para el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas.

Con los animales que comen muy poco manganeso influyen en su crecimiento normal, la formación de huesos y en la reproducción. Para algunos animales la dosis letal es bastante baja, lo cual significa que tienen pocas posibilidades de supervivencia incluso a pequeñas dosis de manganeso cuando éste excede la dosis esencial. El manganeso causa problemas en los pulmones, hígado y vasculares, decremento de la presión sanguínea, fallos en el desarrollo de fetos de animales y daños cerebrales (Cañadas, 2004).

Cuando el manganeso es tomado a través de la piel este causa temblores y fallos en la coordinación. Finalmente, las pruebas de laboratorio con animales han mostrado que diversos envenenamientos con manganeso deberían incluso causar el desarrollo de tumores en animales (Cañadas, 2004).

En plantas los iones del Manganeso son transportados hacia las hojas después de ser tomados en el suelo. Cuando muy poco manganeso puede ser absorbido desde el suelo esto causa perturbaciones en los mecanismos de las plantas. Por ejemplo perturbaciones en la división del agua en hidrógeno y oxígeno, en lo cual el manganeso juega un papel importante.

El manganeso causa síntomas de toxicidad y deficiencia en plantas. Cuando el pH del suelo es bajo las deficiencias de manganeso son más comunes. Concentraciones altamente tóxicas de manganeso en suelo causan inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las mismas. (Cañadas, 2004).

Normatividad

NOM. 021 SEMARNAT 2000, como micronutrientes, deficiente: menor de 1.0 mg/kg

NOM. 021 SEMARNAT 2000, como micronutrientes, adecuado: mayor de 1.0 mg/kg

Na, Sodio

Se emplea en síntesis orgánica como agente reductor. Siendo además componente del cloruro de sodio necesario para la vida. Otros usos son: En aleaciones antifricción (oro), en la purificación de metales fundidos. La aleación Na K, es un material empleado para la

transferencia de calor además de desecante para disolventes orgánicos y como reductor. A temperatura ambiente es líquida. El sodio también se emplea como refrigerante. (Quiminet, 2010).

Cuenta con una gran importancia biológica fundamentalmente en el metabolismo celular, por ejemplo, en la transmisión del impulso nervioso (mediante el mecanismo de bomba de sodio-potasio). Mantiene el volumen y la osmolaridad. Participa, además del impulso nervioso, en la contracción muscular, el equilibrio ácido-base y la absorción de nutrientes por las membranas. La concentración plasmática de sodio es en condiciones normales de 137-145 $\mu\text{mol/L}$. El aumento de sodio en la sangre se conoce como hipernatremia y su disminución hiponatremia (Quiminet 2010).

Propiedades físicas:

Peso atómico 11

Masa atómica 22.98 g/mol

Densidad 0.97 g/ml

Punto de ebullición 892 °C

Punto de fusión 97.8 °C

Efectos del Sodio sobre la salud

El sodio es un componente de muchas comidas, por ejemplo la sal común. Es necesario para los humanos para mantener el balance de los sistemas de fluidos físicos. El sodio es también requerido para el funcionamiento de nervios y músculos. Un exceso de sodio puede dañar nuestros riñones e incrementa las posibilidades de hipertensión.

En contacto el sodio con agua, incluyendo transpiración provoca la formación de los humos de hidróxido de sodio que son altamente irritante para la piel, ojos, nariz y garganta. Esto puede causar estornudos y tos. Las exposiciones muy severas pueden resultar en la respiración difícil, bronquitis de tos y químicos. Contacto con la piel puede causar picazón, hormigueo, térmicas y cáusticas quemaduras y daño permanente. Contacto con los ojos puede resultar en daño permanente y pérdida de la vista. (Environmental Chemistry, 2003).

Efectos ambientales del Sodio

Ecotoxicidad: Límite Medio de Tolerancia (LMT) para el pez mosquito, 125 ppm/96hr (agua dulce); Límite Medio de Tolerancia (LMT) para el pez sol (*Lepomis macrochirus*), 88 mg/48hr (agua del grifo) (Environmental Chemistry, 2003).

Destino ambiental: Este compuesto químico no es móvil en su forma sólida, aunque absorbe la humedad muy fácilmente. Una vez líquido, el hidróxido de sodio se filtra rápidamente en el suelo, con la posibilidad de contaminar las reservas de agua. (Environmental Chemistry, 2003).

K, Potasio

Es el quinto metal más ligero de la tierra; es un sólido blando que de corte fácil, tiene un punto de fusión muy bajo, arde con llama violeta y presenta un color plateado en las superficies no expuestas al aire, en cuyo contacto se oxida con rapidez, lo que obliga a almacenarlo recubierto de aceite. Reacciona violentamente con el agua desprendiendo hidrógeno, incluso puede inflamarse espontáneamente en presencia de agua, es utilizado en la industria para hacer células fotoeléctricas, fertilizantes, sus derivados se usan en la fabricación de la pirotecnia (Environmental Chemistry, 2003).

Efectos del Potasio sobre la salud

El potasio puede ser encontrado en vegetales, frutas, papas, carne, pan, leche y frutos secos. Juega un importante papel en los sistemas de fluidos físicos de los humanos y asiste en las funciones de los nervios. Cuando nuestros riñones no funcionan bien se puede dar la acumulación de potasio. Esto puede llevar a cabo una perturbación en el ritmo cardíaco. (Environmental Chemistry, 2003).

Efectos ambientales del Potasio

Junto con el nitrógeno y el fósforo, el potasio es uno de los macro nutrientes esenciales para la supervivencia de las plantas. Su presencia es de gran importancia para la salud del suelo, el crecimiento de las plantas y la nutrición animal. Su función primaria en las plantas es su papel en el mantenimiento de la presión osmótica y el tamaño de la célula, influyendo de esta forma en la fotosíntesis y en la producción de energía, así como en la apertura de los estomas y el aporte de dióxido de carbono, la turgencia de la planta y la translocación de los nutrientes. Como tal, el elemento es requerido en proporciones relativamente elevadas por las plantas en desarrollo. Las consecuencias de niveles bajos de potasio se muestran por variedad de síntomas: restricción del crecimiento, reducción del florecimiento, cosechas de enos abundantes y menor calidad de producción. Elevados niveles de potasio soluble en el agua pueden causar daños a las semillas en germinación, inhiben la toma de otros minerales y reducen la calidad del cultivo (Environmental Chemistry, 2003).

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo General:

Determinar la Composición Geoquímica en suelos de amortiguamiento de Santa Rosa Xochiac, analizando muestras de suelo superficiales tomando los límites máximos permisibles que la normatividad ambiental sugiere

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar una inspección que permita la identificación de los puntos que serán muestreados
2. Analizar los metales totales, utilizando la técnica analítica de espectro fotometría de absorción atómica que sugiere la normatividad mexicana.
3. Conocer el tipo de suelo y sus características del mismo, mediante pruebas de granulometría.
4. Se propondrán alternativas de solución a las alteraciones de los suelos de la poligonal, tomando como punto de partida la materia orgánica como carbono orgánico, pH, contenido de humedad, granulometría y la concentración de metales.
5. Analizar las posibles consecuencias que generan las alteraciones geoquímicas en la zona de estudio, así como su origen.

1.2.3 Alcances:

Se propondrán alternativas de solución para el mejoramiento de la composición de los suelos del sitio de estudio así como identificando el origen de los mismos, realizando una comparación con los límites máximos permisibles que la norma NOM-004-SERMANAT-2002 y NOM-021-SEMARNAT propone.

1.2.4 Limitantes:

Solo se tomaran 50 muestras de suelo superficial en una parte de la poligonal no analizada geoquímicamente en estudios previos.

Los metales que se determinarán son Al, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb.

1.2.5 Justificación

Contaminación del suelo

Un suelo se degrada al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento del mismo. A ciertos niveles de concentración se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues, de una degradación química

que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo. (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).

Se han de distinguir entre contaminación natural o endógena y contaminación antrópica o exógena. Un ejemplo de contaminación natural es el proceso de concentración y toxicidad que muestran determinados elementos metálicos, presentes en los minerales originales de algunas rocas a medida que el suelo evoluciona. Un caso significativo se produce sobre rocas serpentizadas con altos contenidos de elementos como Cr, Ni, Cu, Mn..., cuya edafogénesis en suelos con fuertes lavados, origina la pérdida de los elementos más móviles, prácticamente todo el Mg, Ca, ..., en ocasiones hasta gran parte del Si, con lo que los suelos residuales fuertemente evolucionados presentan elevadísimas concentraciones de aquellos elementos, que los hacen susceptibles de ser utilizados como menas metálicas. Obviamente a medida que avanza el proceso de concentración residual de los metales pesados se produce el paso de estos elementos desde los minerales primarios, es decir desde formas no asimilables a especies de mayor actividad e influencia sobre los vegetales y el entorno. De esta forma, la presencia de una fuerte toxicidad para muchas plantas sólo se manifiesta a partir de un cierto grado de evolución edáfica, y por tanto es máxima en condiciones tropicales húmedas. (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).

Otro ejemplo de aparición natural de una anomalía de concentración de una forma tóxica se produce en la evolución acidificante de los suelos, por la acción conjunta de la hidrólisis, lavado de cationes, presión de CO₂ y ácidos orgánicos que progresivamente, conducen a una mayor concentración de Al disuelto y a un predominio de especies nocivas como Al⁺³ o las formas Al-OH escasamente polimerizadas. (Macías, 1993).

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Así es bien conocido el hecho de que un solo volcán activo puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, metales pesados, H⁺ y SO₄⁻, que varias centrales térmicas de carbón. Pero las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo. (Macías, 1993).

En los estudios de contaminación no basta con detectar la presencia de contaminantes sino que se han de definir los máximos niveles admisibles y además se han de analizar posibles factores que influyen en la respuesta del suelo a los agentes contaminantes, como son: vulnerabilidad, poder de amortiguación, movilidad, biodisponibilidad, persistencia y carga crítica, que modifican los denominados "umbrales generales de la toxicidad" para la estimación de los impactos potenciales y la planificación de las actividades permitidas y prohibidas en cada tipo de medio. (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).

Vulnerabilidad.- Representa el grado de sensibilidad (o debilidad) del suelo frente a la agresión de los agentes contaminantes. Este concepto está relacionado con la capacidad de amortiguación. A mayor capacidad de amortiguación, menor vulnerabilidad. El grado

de vulnerabilidad de un suelo frente a la contaminación, depende de la intensidad de afectación, del tiempo que transcurre para que los efectos indeseables se manifiesten en las propiedades físicas y químicas de un suelo y de la velocidad con que se producen los cambios secuenciales en las propiedades de los suelos en respuesta al impacto de los contaminantes. Permite diferenciar los riesgos potenciales de diferentes actividades o predecir las consecuencias de la continuación en las condiciones actuales. En muchas ocasiones, resulta difícil obtener los grados de sensibilidad de los suelos frente a un determinado tipo de impacto, debido a la fuerte heterogeneidad de los suelos, incluso para suelos muy próximos. (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).

Poder de amortiguación. Es el conjunto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que lo hacen un sistema clave, especialmente importante en los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reactor complejo, capaz de realizar funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, etc. Por todo ello, el suelo actúa como barrera protectora de otros medios más sensibles, como los hidrológicos y los biológicos. La mayoría de los suelos presentan una elevada capacidad de depuración. Esta capacidad de depuración tiene un límite diferente para cada situación y para cada suelo. Cuando se alcanza ese límite el suelo deja de ser eficaz e incluso puede funcionar como una "fuente" de sustancias peligrosas para los organismos que viven en él o de otros medios relacionados. . (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).

Un suelo contaminado es aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser un problema para el agua, la atmósfera y los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).

El grado de contaminación de un suelo no puede ser estimado exclusivamente a partir de los valores totales de los contaminantes frente a determinados valores guía, sino que se hace necesario considerar la biodisponibilidad, movilidad y persistencia (Calvo de Anta, 1997). Por biodisponibilidad se entiende la asimilación del contaminante por los organismos, y en consecuencia la posibilidad de causar algún efecto, negativo o positivo.

La movilidad regulará la distribución del contaminante y por tanto su posible transporte a otros sistemas. La persistencia regulará el periodo de actividad de la sustancia y por tanto es otra medida de su peligrosidad. (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).

Carga crítica. Representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos. (Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias, 2010).