

CALIDAD DEL SUELO.

El suelo es un componente ambiental que por su origen, formación y evolución no puede ser aislado del entorno que lo circunda, representando, en la mayoría de ecosistemas terrestres, el medio físico-químico en el que se desarrolla la vida. Es frágil, de difícil y larga recuperación, y de extensión limitada. Por ello, un uso inadecuado del mismo puede contribuir a la degradación de este recurso natural no renovable a corto plazo.

De todo lo anterior se desprende que el concepto tradicional de degradación de suelos como pérdida o reducción del potencial productivo resulta en la actualidad insuficiente, pues existen otras formas de degradación que si bien no están orientadas hacia la producción, disminuyen la calidad medioambiental y, por tanto, la sostenibilidad de los sistemas. Una alternativa consiste en considerar como degradación cualquier cambio en las propiedades del suelo que ocasione una reducción en las funciones que el mismo puede desempeñar. Se puede hablar de diferentes tipos de degradación (física, química y/o biológica), según se produzca una alteración de dichas propiedades del suelo.

El Observatorio Ambiental de la Provincia de San Juan, realiza el monitoreo de algunos parámetros determinantes de la calidad ambiental del suelo. La calidad del suelo, es un conjunto de características cualitativas y/o cuantitativas que le permiten al suelo funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa, y que posibilita su utilización para un propósito específico en una escala amplia de tiempo. El monitoreo consiste en el estudio y evaluación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, que definen su calidad.

La norma en la que se ha basado el Observatorio para determinar los valores admisibles de dichos parámetros, es la **Ley Provincial N° 5824/87 “LEY PARA LA PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS DE AGUA, SUELO Y AIRE Y CONTROL DE LA CONTAMINACION EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN”**, que tiene como objetivo principal preservar la salud de las personas y velar por la calidad ambiental del recurso suelo a fin de salvaguardar las funciones naturales en los ecosistemas, frente a actividades antrópicas con potencial para modificar su calidad, resultantes de los diversos usos del recurso.

Los objetivos principales del monitoreo del suelo, que realiza el Observatorio Ambiental son:

- 1) Establecer normas o guías de aplicación general para diferentes usos del suelo.
- 2) Definir criterios de calidad del suelo.
- 3) Establecer criterios de remediación para suelos contaminados.

Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se establecen los siguientes criterios: Prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales, industriales, comerciales y de servicios, incorporando técnicas apropiadas y procedimientos para su minimización, reúso y reciclaje; utilizar sistemas de agricultura que no degraden, contaminen o desequilibren el ecosistema del área geográfica en que se desenvuelven, lo cual incluye el uso racional y técnico de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas; llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restaurar aquellos suelos que presenten contaminación, restableciendo las condiciones iniciales existentes anteriormente a la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad. La prevención de la contaminación del recurso suelo se fundamenta en las buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicadas a cada uno de los procesos productivos. Se evitará trasladar el problema de contaminación de los recursos agua y aire hacia el recurso suelo o viceversa.

Parámetros de Análisis de Muestras de Sedimento

Análisis de suelo

Cromo	0,5 ppm
Cadmio	0,01 ppm
Hierro	2 ppm
Plomo	0,5 ppm
Cobre	2 ppm
Zinc	2 ppm

- **Cromo (Cr)**

El cromo es un metal que se halla espontáneamente en el agua, el suelo y las rocas, en forma de Cromo (III) y Cromo (VI). También se le encuentra en los cultivos y como elemento remanente en los suelos agrícolas. Además, hay niveles traza de cromo en el medio ambiente, el cual proviene de la actividad industrial.

Sus principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistentes al calor, y como recubrimiento para galvanizados.

¿Cuáles son sus fuentes y efectos en la salud?

Hay varias clases diferentes de Cromo que difieren de sus efectos sobre los organismos. El Cromo entra en el aire, agua y suelo en forma de Cromo (III) y Cromo (VI) a través de procesos naturales y actividades humanas.

Las mayores actividades humanas que incrementan las concentraciones de Cromo (III) son el acero, las peleterías y las industrias textiles, pintura eléctrica y otras aplicaciones industriales del Cromo (VI). Estas aplicaciones incrementarán las concentraciones del Cromo en agua, llegando a través de ella al suelo. A través de la combustión del carbón el Cromo será también emitido al agua y eventualmente se disolverá.

El Cromo (III) es un elemento esencial para organismos que puede interferir en el metabolismo del azúcar y causar problemas de corazón, cuando la dosis es muy baja. El Cromo (VI) es mayoritariamente tóxico para los organismos. Este puede alterar el material genético y causar cáncer.

Los cultivos contienen sistemas para gestionar la toma de Cromo para que esta sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer. Pero cuando la cantidad de Cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de Cromo por los cultivos. Las plantas usualmente absorben sólo Cromo (III). Esta clase de Cromo probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, efectos negativos pueden ocurrir.

En animales, el Cromo puede causar problemas respiratorios, una baja disponibilidad puede dar lugar a contraer las enfermedades, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores.

En los humanos, según la dosis, puede producir erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón y hasta la muerte.

- **Cadmio (Cd)**

El cadmio es un metal pesado considerado como uno de los elementos más tóxicos. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, asociado principalmente a los depósitos de zinc. Su movilidad en el medio depende de varios factores tales como el pH, el potencial redox, la cantidad de materia orgánica y la presencia de arcillas y óxidos de hierro.

Fuentes naturales

El cadmio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración media de 0,1 mg/kg. Se encuentra naturalmente en rocas sedimentarias e ígneas, y en concentraciones similares en depósitos arcillosos y en rocas metamórficas. Aunque los niveles altos de Cd en suelos se relacionan principalmente con la contaminación, pueden ser también de origen litológico (presente en las rocas).

El cadmio es un constituyente muy habitual en casi todos los compuestos de zinc, y también puede encontrarse en minerales de plomo y cobre.

Gran parte de la dispersión del cadmio al ambiente tiene como causa del desgaste y erosión de las rocas, y el posterior transporte de grandes cantidades del metal a los océanos. Sin embargo, la actividad volcánica (incluyendo el vulcanismo subterráneo) es considerada la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera.

Fuentes antropogénicas (producidas por la actividad humana)

Se puede afirmar que los procesos naturales por los cuales se libera cadmio, son insignificantes como fuente de contaminación en comparación las actividades antrópicas.

-Minería y metalurgia: las actividades mineras de metales no ferrosos son la principal fuente de liberación de cadmio (subproducto de la obtención de zinc, por ejemplo), sobre todo al medio acuático. La contaminación puede provenir del agua de drenado de las minas, aguas residuales del procesamiento de los minerales, derrames de los depósitos de desechos, etc.

-Industria: fabricación de baterías y acumuladores, cables, células fotoeléctricas, PVC, colorantes de cadmio, fusibles, soldadura, etc.

-Producción y uso de fertilizantes fosfatados: el contenido de cadmio en los fertilizantes es muy variable y depende la procedencia geográfica de las rocas empleadas para su fabricación.

- Otras fuentes: incineración de residuos de madera y plásticos, combustión de carburantes fósiles, fabricación de cementos, disposición de residuos sólidos en terraplenes.

¿Qué efectos tiene en la salud?

La deposición atmosférica de cadmio, las actividades mineras y la aplicación de fertilizantes y enmiendas en los campos pueden conducir a la contaminación de suelos y a la absorción de cadmio por los cultivos para el consumo humano.

Ingerir alimentos con niveles muy altos de cadmio produce irritación grave del estómago, vómitos y diarrea, pudiendo causar la muerte en algunas ocasiones. Tras la exposición crónica a niveles más bajos del metal, el riñón es el órgano más afectado, ya que la acumulación de cadmio mantenida durante varias décadas provoca el fallo de la función renal por daño en los túbulos (generalmente irreversible). También puede verse alterado el metabolismo del calcio y la resorción ósea, lo que favorece situaciones de osteomalacia u osteoporosis, fracturas óseas, dolor en las articulaciones y formación de cálculos renales. La inhalación de grandes cantidades de aerosoles de óxido de cadmio puede producir neumonitis aguda y edema pulmonar. Tras la exposición prolongada en el tiempo, como sucede en el ámbito laboral, puede desencadenar cambios estructurales en los pulmones y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

El cadmio ha sido calificado como agente carcinógeno de tipo I por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), lo cual implica que existe suficiente evidencia de su carcinogenicidad en humanos.

- **Hierro (Fe)**

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, después del Silicio, Oxígeno y Aluminio, representa el 5,1% de su peso total. Su contenido en el suelo se estima en un 3,8%. Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Los dos minerales principales son la hematita, Fe_2O_3 , y la limonita, $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$. Las piritas, FeS_2 , y la cromita, $Fe(CrO_2)_2$, se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre.

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).

El hierro es un micronutriente esencial para las plantas. Su dinámica está gobernada por la cantidad y tipo de arcilla y la materia orgánica. Esta última forma compuestos estables con el hierro, generando los denominados quelatos. El pH también es un factor importante para determinar la disponibilidad de los oligoelementos, valores de pH superiores a 7,8 que afectan de manera importante la biodisponibilidad de los cationes metálicos y también del boro. Normalmente el hierro es el micronutriente que se presenta en menor concentración en la solución del suelo, debido al efecto del pH.

En relación a la salud humana y animal, a dosis elevadas puede provocar 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 puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada sideriosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares.

- **Plomo (Pb)**

El plomo es un metal pesado, de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

Fuentes

Este metal se encuentra comúnmente en el suelo, de forma especial cerca de caminos, casas antiguas, viejos huertos de fruta, sitios industriales, plantas de energía, etc.

El plomo llega a la atmósfera a través de liberaciones desde minas, fábricas, aleaciones, cuando se quema carbón, petróleo o desechos y las emisiones de los escapes de vehículos de gasolina, contribuyendo todo esto a la contaminación por plomo del ambiente.

La **contaminación de suelo** tampoco se libra y llega al mismo desde el aire, mediante desprendimientos de pintura con plomo, edificios, puentes y otras estructuras. Además, los vertederos pueden contener desechos de mineral de plomo procedente de municiones o baterías.

Los usos del plomo en el pasado, por ejemplo en la gasolina, son una de las causas principales de la contaminación de suelos por este metal, y de los niveles más elevados de plomo que se encuentran cerca de carreteras.

¿Qué efectos produce?

Debemos tener por tanto en cuenta que la contaminación de suelo por plomo produce graves daños. Las sales de plomo tienen un peligro de clase 2, siendo dañina, así como el acetato de plomo, óxido de plomo, nitrato de plomo y carbonato de plomo. El plomo se acumula en organismos, sedimentos, así

como limita la síntesis clorofílica de las plantas perjudicando su crecimiento e introduciéndose en la cadena alimenticia.

Respecto a los animales, la contaminación por plomo puede causar graves efectos en su salud e incluso provocar la muerte. Organismos como crustáceos y otros invertebrados son muy sensibles al plomo.

La contaminación por plomo además puede producir un exceso de plomo en nuestro cuerpo, lo que se denominada la enfermedad de saturnismo.

- **Cobre (Cu)**

El cobre es uno de los metales 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. Fue uno de los primeros metales usados por los humanos.

Es el más noble de los micronutrientes metálicos, debido a su alto potencial de ionización y a su presencia frecuente como elemento nativo en los ambientes terrestres. La calcopirita es la forma mineral más común en los suelos. De los seis micronutrientes, el cobre es probablemente el adsorbido o retenido con mayor frecuencia por las superficies reactivas del suelo, debido a que tiende a formar enlaces covalentes de gran fuerza.

La mayor fracción del contenido total de cobre del suelo está presente en las retículas cristalinas de minerales primarios y secundarios. El cobre se presenta también en el suelo en combinaciones orgánicas y como catión intercambiable en los coloides del suelo.

El contenido de cobre total en suelos agrícolas varía normalmente entre 10 y 200 ppm. Se señala además que es más abundante en materiales minerales de origen basáltico que granítico. Una muy pequeña fracción —generalmente menos de 0,001 ppm— se encuentra en forma soluble y disponible para las raíces de las plantas, la cual casi siempre se encuentra formando complejos con la materia orgánica. El nivel total de cobre varía en forma significativa según la textura del suelo y se incrementa cuanto más fina es esta.

Se sabe que hasta un 70% del contenido de cobre en la planta se concentra en la clorofila. La carencia de cobre conduce a un envejecimiento prematuro de la clorofila, afectando de esta forma la eficiencia fotosintética de la planta. Esto puede conducir a una disminución velada del rendimiento final de la planta. Por lo tanto, en plantas bien abastecidas de cobre, los extremos de los brotes y las hojas nuevas presentan mayor concentración. Las hojas viejas, en tanto, presentan una menor concentración de este elemento. Por el contrario, las hojas jóvenes de las plantas con carencia de cobre suelen contener menos elemento que las hojas más viejas. Esto sugiere que se deba analizar el tejido joven de las plantas para interpretar mejor estos resultados de carencia, exceso o toxicidad de cobre en las plantas.

Efectos nocivos en las plantas

El exceso de cobre en el sustrato puede afectar el desarrollo de la raíz, este quemara sus puntas provocándole un crecimiento lateral excesivo. En la planta, los altos niveles de cobre pueden competir con la absorción de hierro y, en ocasiones, de molibdeno o zinc. Respecto a los nuevos cultivos, al principio pueden tornarse más verdes de lo normal, después presentarán los síntomas de deficiencia de hierro o quizá de otros micronutrientes. Si no es corregida, la amenaza de toxicidad por cobre puede reducir la ramificación y finalmente provocar el deterioro de la planta.

El Cobre no se rompe en el ambiente y por eso se puede acumular 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 que su efecto sobre las plantas, es una seria amenaza para la producción.

Efectos ambientales

La producción mundial de Cobre está todavía creciendo. Esto básicamente significa que más y más Cobre termina en el medioambiente. Los ríos están depositando barro en sus orillas que están contaminados con Cobre, debido al vertido de aguas residuales contaminadas con él. El Cobre entra en el aire, mayoritariamente a través de la liberación durante la combustión de fuel. El Cobre en el aire permanecerá por un periodo de tiempo eminente, antes de depositarse cuando empieza a llover. Este terminará mayormente en los suelos, como resultado los suelos pueden también contener grandes cantidades de Cobre después de que este sea depositado desde el aire.

Puede ser liberado en el medioambiente 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. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados.

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

- **Zinc (Zn)**

El zinc es uno de los elementos menos comunes; se estima que forma parte de la corteza terrestre en un 0.0005-0.02%. Ocupa el lugar 25 en orden de abundancia entre los elementos. Su principal mineral es la blenda, marmatita o esfalerita de zinc, ZnS. Es un elemento esencial para el desarrollo de muchas clases de organismos vegetales y animales. La deficiencia de zinc en la dieta humana deteriora el crecimiento y la madurez y produce también anemia.

Es uno de los ocho micronutrientes esenciales. Es necesario para las plantas en pequeñas cantidades, pero crucial para su desarrollo. La deficiencia de zinc es probablemente la deficiencia de micronutrientes más común en los cultivos en todo el mundo, dando lugar a importantes pérdidas en los rendimientos de cultivos y a problemas nutricionales de la salud humana. Se estima que esta carencia afecta a un tercio de la población mundial.

Suministros inadecuados de zinc pueden resultar en una reducción significativa en el rendimiento de los cultivos y en su calidad. De hecho, el rendimiento puede incluso reducirse en más del 20 % antes de que ocurran síntomas visuales de deficiencia. En las plantas, el zinc es un componente clave de muchas enzimas y proteínas. Tiene un papel importante en una amplia gama de procesos, tales como la producción de la hormona de crecimiento y el alargamiento de entrenudos.

Un suministro adecuado de zinc es esencial para obtener rendimientos rentables. El costo para el agricultor asociado con la pérdida de producción, es mucho mayor que el costo del análisis de suelo y tejido vegetal, así como la aplicación de fertilizantes de zinc. Se establece como valor de referencia 2ppm.

El Zinc ocurre de forma natural en el aire, agua y suelo, pero las concentraciones están aumentando por causas no naturales, debido a la adición de Zinc a través de las actividades humanas. La mayoría del Zinc es adicionado durante actividades industriales, como es la minería, la combustión de carbón y residuos y el procesado del acero. La producción mundial de Zinc está todavía creciendo. Esto significa básicamente que más y más Zinc termina en el ambiente.

Grandes cantidades de Zinc pueden ser encontradas en los suelos. Cuando los suelos son granjas y

están contaminados con Zinc, es decir, superan el valor recomendado de este elemento, los animales absorben concentraciones que son dañinas para su salud. El Zinc soluble en agua que está localizado en el suelo puede contaminar el agua subterránea.

El Zinc no sólo puede ser una amenaza para el ganado, también para las plantas. Las plantas a menudo tienen una toma de Zinc que sus sistemas no pueden manejar, debido a la acumulación de Zinc en el suelo. En suelos demasiado ricos en Zinc sólo un número limitado de plantas tiene la capacidad de sobrevivir. Esta es la razón por la cual no hay mucha diversidad de plantas cerca de factorías de Zinc.

Finalmente, el Zinc en dosis muy elevadas, puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica posiblemente sea más lenta debido a esto.