

III Hipótesis.

En ocasiones las metodologías denominadas como “tecnología de punta”, no son únicamente la solución para la correcta atención de suelos afectados, pudiendo llegara a emplear una o 2 tecnologías sencillas combinadas para cumplir los requerimientos de las autoridades ambientales.

Indice

- I.- Objetivo General.
- I.1.- Objetivo Específico.
- II.- Justificación.
- III.- Hipótesis.
- IV.- Prologo
- V Síntesis
- VI Resumen
- VII Introducción
- VIII Agradecimientos
- IX Desarrollo para determinar la Evaluación del sitio afectado
- X Desarrollo para determinar la Evaluacion de un sitio contaminado.
- XI Generalidades del sitio considerado para desarrollar un estudio paractico de Caracterización de suelo contaminado por diesel.
- XII.- Introducción.
- XII.1.- Antecedentes.
- XII.1.2.- Objetivos.
- XII.1.3.- Entorno.

- XII.1.3.1 Climatología.
 - XII.1.3.2 Hidrología.
 - XII.1.3.3 Geología.
 - XII.1.3.5 Geohidrología.
 - XII.1.3.6 Topografía.
 - XII.1.3.7 Edafología.
 - XII.1.3.8 Flora.
 - XII.1.3.9 Fauna.
 - XII.1.3.10 Aspectos socioeconómicos.
- XII.1.4 Desarrollo de los trabajos.
- XII.1.4.1 Topografía.
 - XII.1.4.2 Geofísica.
 - XII.1.4.3 Perforación de pozos (Perfiles estratigráficos y muestreos).
 - XII.1.4.4 Análisis de Laboratorio.
- XII.1.5 Evaluaciones.
- XII.1.5.1 Comportamiento del contaminante (Modelo conceptual).
 - XII.1.5.2 Volumen del suelo, Subsuelo y agua subterránea contaminada.
- XII.1.6 Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales.
- XII.1.6.1 Riesgo Potencial a la Salud y al Ecosistema.
 - XII.1.6.2 Daños a la Flora y Fauna.
 - XII.1.6.4 Afectaciones socioeconómicas.
- XII.1.7.- Plan de Restauración.
- XII.1.8 Actividades desarrolladas, tiempos y costos
- XII.1.9 Conclusiones.

IV Prologo

La transformación biológica de contaminantes contenidos en terrenos y aguas subterráneas supone un tema que atrae cada vez mas la atención de la comunidad de ingenieros u científicos que trabajan en relación con el medio ambiente. Estas transformaciones pueden ocurrir de forma natural, si bien suelen producirse muy lentamente y limitadas por la disponibilidad de nutrientes, oxigeno o por los microorganismos adecuados. Las alteraciones que pueden sufrir los factores que influyen en la reacción para incrementar la tasa de transformación biológica se traduce en la biorrecuperación (tratamiento de suelos y aguas subterráneas mediante procesos que sean rentables y conseguir un grado de tratamiento determinado, es necesario la aplicación de métodos y principios de ingeniería. Por esta razón, son los Ingenieros especializados en medio ambiente los normalmente son responsables del desarrollo, diseño, operación y gestión de los procesos y sistemas de biorrecuperación.

Desafortunadamente los programas de ingeniare medioambiental rara vez incluyen elementos para el trabajo con sistemas subsuperficiales. Desde 1990, se han publicado gran numero de libros sobre la generación de terrenos y aguas subterranas, algunos de ellos incluso dedicados por completo a la recuperación mediante procesos biológicos. Sin embargo, se han realizado pocos intentos destinados a la consecución de un testo para estudiantes de ingeniería en el cual se haga hincapié en los métodos cuantitativos.

Se pretende que este texto se convierta en materia de consulta para todo aquel estudiante interesado en la recuperación de suelos, aguas subterráneas, métodos. Debido a que son pocos los estudiantes que traten sobre la ciencia del suelo, la hidrología de aguas subterráneas y microbiología, en particular en el capitulo relativo a los procesos de biorrecuperación el objetivo es proporcionar a los conocimientos básicos sobre los mecanismos secundarios asociados a la misma. Dicho conocimiento permite a os alumnos el estudio de los complejos problemas derivados a las variaciones en las características del emplazamiento del foco contaminante y el propio terreno, las propiedades de los contaminantes y las interacciones microbianas. Se hace una introducción al tema, que incluye fuentes de contaminación, principales características de las contaminantes y tendencias y métodos de regeneración en la actualidad, consiste en una introducción sobre aquellas características del terreno en suelos, los procesos de absorción, desorcion, evaporación, dispersión así como otros.

Los métodos de biorrecuperación que se emplean en la actualidad como tratamientos en in situ del terreno y de las aguas subterráneas y la regeneración de suelos contaminados a través de tratamientos en lechos, tales como los suelos agrícolas, y también mediante el compostaje del terreno. Ambos métodos suelen llevarse a cabo ex situ, es decir, se excava el terreno contaminado y el tratamiento se realiza bien en una localización previamente establecida y preparada a los efectos, o bien en un contenedor de reacción. Otros de los métodos de regeneración mediante procesos biológicos, denominados ex situ, es el tratamiento de los sólidos en suspensión, se mezcla el agua con el terreno contaminado. que se consigue un fluido que se puede mezclar, airear y bombear. Se intensifica la desorción de los contaminantes, lo cual supone una mayor probabilidad de aumento de las tasas de degradación microbiana. En los sistemas de sólidos en suspensión, también es más sencillo la adición de los nutrientes necesarios. Los compuestos orgánicos en fase vapor resultan de la distribución de los mismos entre terrenos y aire o entre agua y aire. Las fuentes de generación más habituales de estos compuestos orgánicos son los terrenos contaminados de compuestos volátiles tratados mediante los procesos de extracción de vapores del terreno y/o difusión de aire. Por lo tanto la aplicación del tratamiento de los vapores normalmente asocia a la regeneración de suelos y aguas subterráneas in situ. Los procesos de degradación microbiana de vapores suelen emplearse para el tratamiento de los gases producidos en las instalaciones de tratamientos de aguas residuales e instalaciones industriales. Sin embargo. La aplicación de tratamientos biológicos a vapores para la depuración de los gases extraídos con el método de extracción de vapores del terreno gran éxito en términos de transformación de los contaminantes y relación costo – remediación.

V Síntesis

La contaminación o modificación indeseable de las características de los suelos en México, se presenta básicamente en dos vertientes; la erosión o desertificación y la modificación de sus características debido a los derrames, accidentales o dolosos, de materiales o sustancias químicas. Ambos procesos tienen idéntico resultado: la pérdida de la capacidad productiva de los mismos.

La pérdida de la fertilidad de los suelos y de la capacidad de biodegradación de los organismos que viven en ellos, como producto de su contaminación, erosión o desertificación, es considerada hoy en día como una de las amenazas más serias para la supervivencia, no tan sólo de la flora y fauna que dependen directamente de tales procesos, sino incluso para los seres humanos, dadas las estrechas interrelaciones entre los diferentes elementos que constituyen los ecosistemas.

Al fenómeno anterior se agrega el del deterioro creciente de las fuentes de abastecimiento de agua potable, ya sean subterráneas o superficiales, derivado de manera creciente de la contaminación del suelo y subsuelo.

El depósito no autorizado, ilegal o doloso, de materiales considerados perniciosos conlleva a la contaminación, en mayor o menor grado, del suelo subyacente y puede representar un riesgo inaceptable para la calidad del agua subterránea, sobretodo en lo que hace a sitios abandonados que contienen una cantidad ya incuantificable de diferentes químicos, mismos que, al estar presentes a lo largo de muchos años, sus efectos adversos han tenido tiempo suficiente para desarrollarse.

Todo esto ha influido para que, a todos los niveles de gobierno, se hayan realizado una serie de esfuerzos tendientes a la restauración del ambiente, específicamente del suelo. Estos esfuerzos no han tenido una dirección única y han obtenido resultados diversos, por lo que se hizo necesario establecer directrices y políticas únicas de observancia general.

Para sustentar una política nacional consistente, como era necesario, se tomaron en cuenta las peculiaridades del país en cuanto a contextos, características institucionales, disposiciones legales existentes, recursos y realidades.

La experiencia mexicana al respecto, como muchas otras en materia ambiental, es todavía limitada. El sector ambiental en México es incipiente y el marco reglamentario, aún cuando se ha ido perfeccionando constantemente, está solo parcialmente articulado y actualmente se está perfeccionando su aplicación. Muestra de ello es la última modificación a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

En ese sentido cabe recordar también que aún no se cuenta con un Reglamento que regule lo referente a la contaminación del suelo, por lo que las actuaciones de las autoridades se han ajustado solo a lo que está expresamente dispuesto en la LGEEPA vigente y al Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Una práctica común ha sido utilizar la NOM-052-ECOL 93 como parámetro para determinar si un suelo está contaminado o no, para determinar si se debe ordenar la restauración de un sitio o para decidir sobre el destino final del suelo. Esta práctica, aunque extendida, es errónea, dado que el suelo contaminado, en tanto componente del medio ambiente, no es un residuo peligroso, por ello, hay que restaurarlo para que siga siendo parte del medio y pueda seguirse usando como tal. Es importante recalcar que cualquier sustancia, al ser depositada accidental o premeditadamente en un suelo, modifica las

condiciones del mismo de tal forma que puede cambiar su composición o calidad al grado que lo inutiliza para darle el uso al que se venía destinando o para el que tendría vocación, en ese sentido se hace necesario exigir la restauración del mismo.

Una vez que el Instituto Nacional de Ecología (INE) determine los niveles de limpieza o criterios definitivos de restauración, la Profepa se encargará de velar por su cumplimiento. Además, a medida que la aplicación de las diferentes tecnologías para la restauración de suelos avancen, se pretende que se usen cada vez más frecuentemente las evaluaciones de riesgo a la Salud/Ambiente. Una vez que el INE determine o apruebe una metodología en particular para estas evaluaciones, la Profepa exigirá el cumplimiento del límite o criterio pertinente o la aplicación de la metodología de evaluación de riesgo para determinar el nivel respectivo.

En tanto sucede lo anterior, y para subsanar las lagunas reglamentarias existentes, se conformó, a iniciativa de la Profepa, el **“Grupo de Trabajo sobre Restauración de Suelos Contaminados” (GDT)**, interinstitucional y multidisciplinario, cuyo objetivo principal fue el establecimiento de criterios interinos de restauración de suelos contaminados.

Desde su puesta en marcha en 1998, el GDT ha privilegiado el enfoque a resultados, y es justamente por los resultados que ha dado que, actualmente lo consideramos como el ejemplo mas acabado de vinculación exitosa entre las Universidades y el sector público. De hecho se ha reconocido el esfuerzo desinteresado de ese grupo de científicos mexicanos, cuyas deliberaciones han resultado tan valiosas para la gestión ambiental en México.

Los 90's se recordarán como la década en la que se iniciaron de manera formal, ordenada y con objetivos claros, los trabajos de restauración de suelos contaminados. En esta década se presenta el punto de quiebre en donde se pudo destinar una parcela – contaminada, riesgosa y sin un uso- a los usos productivos que se le tenían destinados.

Los trabajos realizados en la materia, nos hacen tomar nuevos bríos y nos recuerdan que en México, día con día, se hacen esfuerzos por mejorar nuestras capacidades para enfrentar los problemas añejos que nos aquejan. En este campo es donde hemos podido demostrar que se puede avanzar en la protección ambiental si se tienen objetivos claros y se convoca a la comunidad interesada. A efectos de comparación, la Ley alemana en materia de suelos contaminados se promulgó apenas en 1999, su caso es muy parecido al mexicano, porque tampoco cuenta con recursos suficientes, en cantidad y oportunidad, para resolver sus problemas, mismos que pueden considerarse más complejos habida cuenta de que en ese país existen sitios tanto civiles como militares, por ejemplo fábricas de armamento con una problemática mas complicada.

Por último, es pertinente recordar que, aún cuando no se ha determinado con exactitud la generación de residuos peligrosos en México, las estimaciones con las que se cuenta han demostrado que la porción más grande de los residuos generados se disponen de manera inadecuada en patios de empresas, barrancas, cuerpos de agua, terrenos baldíos o junto con los residuos municipales, mientras que solo a una pequeña fracción se le da un tratamiento o disposición adecuados.

VI Resumen

El objetivo de est tesis es la descripción y fundamentos para aplicación de las metodológicas en la recuperación de terrenos contaminados. Los procesos biológicos se aplican con gran facilidad a la transformación de contaminantes orgánicos y en consecuencia se hará hincapié en las características de los compuestos orgánicos y a los factores que convierten a los mismos en susceptibles en ser tratados mediante procesos biológicos.

Constituye en un campo de la ingeniería ambiental que esta evolucionándose y expandiéndose rápidamente. Los ingenieros que trabajan en la regeneración de terrenos y aguas subterráneas en general y en biorrecuperacion en partículas,

deben hacer frente a exigentes reglamentos, importantes decisiones sobre salud pública y a la gran incertidumbre existente en relación con el conocimiento de las condiciones reales en los sistemas de subsuelo. Las herramientas de mayor relevancia a la hora de resolver la mayoría de los problemas de recuperación son un juicio competente e integridad. Esta Tesis pretende proporcionar una base técnica para la comprensión y a la aplicación de conceptos relativos a la recuperación, más que servir como un completo manual para el diseño del sistema.

Se ha comprobado que los tratamientos biológicos son más económicos que los procedimientos químicos o físicos. El mercado para la biorrecuperación es bastante amplio en el almacenamiento de hidrocarburos derivados del petróleo, contaminantes que se ha comprobado son biodegradables de manera relativamente fácil.

En este momento no se conoce con exactitud el número de emplazamientos destinados a biorrecuperación, en muchos casos, los informes relativos al tipo de programa de biorrecuperación, no están correctamente documentados. O bien no están actualizados, se han comprobado que, muy a menudo, en los programas de biorrecuperación se describen en forma incorrecta los métodos empleados y el rendimiento obtenido en la descontaminación del emplazamiento.

VII Introducción

A partir de la aparición del Reglamento Interior de la Semarnap, en el que se otorgan atribuciones específicas en materia de suelos a Profepa, la Dirección General de Emergencias Ambientales ha estado trabajando en la elaboración de un marco conceptual y metodológico que permitiera dotar de certeza técnica y jurídica a los trabajos que en esta materia se realizaran.

Para ello, y en el seno del GDT se procedió a establecer un conjunto de reglas claras y específicas, que rigieran, desde la perspectiva de la autoridad, los trabajos necesarios, tomando en cuenta sobretodo que en el plano operativo es donde era especialmente grave la falta de las mencionadas reglas y procedimientos.

Durante la realización de Auditorías Ambientales, prontamente se evidenció que los suelos de predios que no están abandonados, se encuentran contaminados más frecuentemente por materiales que por residuos peligrosos, y que quienes ingresan al Programa de Auditoría Ambiental también están dispuestos a realizar las acciones de restauración necesarias. Cabe también aclarar que lo

que se conoce coloquialmente como un sitio contaminado es en realidad un predio o instalación con suelo contaminado.

La Auditoría Ambiental al ser un examen metodológico y exhaustivo de una instalación industrial incluye la revisión, por supuesto, del suelo subyacente. De hecho, muchas industrias han decidido de manera voluntaria hacer del conocimiento de la Profepa su pasivo ambiental, a través del proceso de Auditoración Ambiental.

Es importante mencionar que, en muchos de los Planes de Acción derivados de las Auditorías Ambientales, la restauración de suelos ha sido el factor de mas peso económico y el que consume un lapso de consecución mas largo, a veces hasta de años. Sin embargo, en el marco del proceso de obtención de un certificado de Industria Limpia, esta deficiencia también ha de ser solventada.

Lo que anteriormente se consideraba un gasto innecesario, ha ido tomando cada vez más su real dimensión. En los hechos, la inversión en las actividades de restauración de suelos, prontamente genera dividendos *en imagen*, a través del proceso de certificación como Industria Limpia. Además, permite el conocimiento exacto de los pasivos ambientales, sobretodo durante los procesos de compraventa de terrenos urbanos industriales de alto valor, cuya finalidad sea el cambio a uso de suelo habitacional, situación que se conoce en los EEUU y que en el país está emergiendo con gran dinamismo.

Actualmente es satisfactorio poder recalcar que, aprovechando la ventaja comparativa del esquema de restauración aplicado: su certeza técnica y jurídica, diversos actores han decidido participar obteniéndose un arreglo de actividades en donde todos ganan. Evitándose así la situación *irónica* que se *enfrentaba* en la que se reunían todos los elementos necesarios: el ordenamiento legal, los límites de limpieza, la disponibilidad de tecnologías y de fondos, y la voluntad de los particulares, sin embargo, por una razón u otra, no se realizaban los trabajos.

Por todo lo anterior es que, también en este campo, los últimos tres años han sido de gran actividad, pues pasamos de un marco de actuación prácticamente nulo a un esquema completo en el que se tienen actividades iniciales de evaluación con objetivos específicos finales de limpieza, en función del uso de suelo, junto con especificaciones de laboratorio inequívocas y criterios cuantitativos de muestreo.

Un resultado indeseable de la anterior ausencia de criterios y procedimientos en materia de restauración de suelos fue que, al no existir la demanda de análisis de laboratorio específicamente destinados a este componente del ambiente, la de por sí limitada capacidad analítica del país en la materia no tenía el incentivo

Suficiente para desarrollarse, llegándose al extremo de tener que solicitar y aceptar resultados de laboratorios extranjeros.

El impulso que ha recibido este campo ha modificado o creado un mercado específico de análisis de laboratorios y demanda de consultorías, lo cual ha venido a fortalecer la capacidad de gestión del sector ambiental del país, permitiendo a los responsables escoger entre una gama más amplia de posibilidades. Vale mencionar también la presencia de que actualmente está tratando suelos contaminados con plaguicidas, situación inédita en México.

Complementariamente, junto con las autoridades hacendarais se está trabajando en la conformación de un Fideicomiso para emergencias ambientales, cuyo objetivo principal sería el enfrentar los problemas relativos al pasivo ambiental que representan los llamados sitios abandonados, para los cuales no hay un responsable identificado que deba hacer frente a los costos de la restauración. Mediante este mecanismo se pretende resolver añejos problemas para los que, hasta hoy, no se ha encontrado solución expedita.

Por último, no podemos dejar de reconocer ampliamente el esfuerzo sostenido de los académicos, científicos y servidores públicos que conforman el GDT sin cuyo esfuerzo y dedicación, el campo de la restauración* de suelos no habría experimentado el vertiginoso avance reciente. Su trabajo desinteresado ha permitido que suelos contaminados que anteriormente formaban parte de un enorme pasivo, tengan ahora un uso productivo y una situación legal clara y ambientalmente amigable.

En este documento se utiliza el término “**restauración**” como sinónimo de Remedación, Saneamiento, Limpieza, Rehabilitación, Regeneración, etc. Se refiere al conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. De cualquier forma se entiende como “las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del suelo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva”.

VIII Agradecimientos

A Dios por haberme dado la oportunidad de *compartir todos* mis logros, a mi esposa Soraya del Carmen Ortiz Arcos y a mis dos Hijas Kassandra Dzuara Ibarra Ortiz y a Karla Stefania Ibarra Ortiz.

A la Universidad Autonoma de Nuevo León y a la Corporación Mexicana de Investigaciones en Materiales por el apoyo brindado para la realización de mis estudios.

A M.C. Jorge Crabajal Aldape por darme el apoyo al realizar mis estudios.

A mis padres Mateo Ibarra Torres y Maria de Jesús, por haberme dado las bases firmes en mi educación y ejemplos que siempre me han dado.

Dedicatoria:

A mi esposa Soraya del Carmen Ortiz Arcos por haberme siempre otorgado esa fuerza y empuje para terminar mis proyectos en situaciones adversas, por darme todo su amor y comprensión para concluir con mi Tesis de Maestría.

A mis dos Hijas Kassandra Dzuara Ibarra Ortiz y Karla Stefania Ibarra Ortiz por ser mi ilusión de tratar de dar mi máximo esfuerzo para hacer las cosas de la mejor manera posible para que ellas vean en mí un ejemplo a seguir y a su madre quien les dio la luz de nacer con la ayuda de Dios nuestro Señor.