

164
2er

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

" BIO-REMEDIACIÓN IN SITU "

(RESTAURACIÓN QUÍMICO-BIOLÓGICA; DE TIERRA
CONTAMINADA CON DIESEL, A TRAVES DE BACTERIAS
NATIVAS Y PSEUDOMONAS)

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R A Q U Í M I C A

P R E S E N T A:

SANDRA MAGDALI TERAN VILCHIS

MEXICO, D.F.



266032

1998

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente	Prof.	SVESHTAROVA PEKARKOVA BISERKA
Vocal	Prof	SALDIVAR OSORIO LILIANA
Secretario	Prof.	LASTRA AZPILICUETA MARIA DOLORES
1er Suplente	Prof.	PASTELIN PALACIOS RODOLFO
2do Suplente	Prof.	AGUILAR CARDENAS ANA ESTHER

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

ECOLÓGICA PROFESIONAL DE MÉXICO S.A. DE C.V.

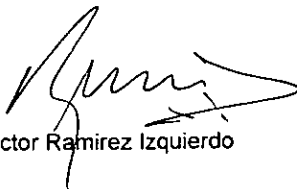
Y FACULTAD DE QUÍMICA (UNAM)

ASESOR DEL TEMA:



Dra. Liliana Saldivar Osorio

SUPERVISOR TECNICO:



Ing. Victor Ramirez Izquierdo

SUSTENTANTE:



SANDRA MAGDALI TERÁN VILCHIS

CAPÍTULOS
TESIS
BIO-REMEDIACIÓN "IN SITU"

(REMEDIACIÓN QUÍMICO-BIOLÓGICA DE TIERRA CONTAMINADA CON DIESEL, A
TRAVÉS DE BACTERIAS NATIVAS Y PSEUDOMONAS)

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	Página
1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema	16
1.3	Hipótesis	17
1.4	Objetivos	18
1.5	Generalidades	19
CAPÍTULO 2	BIO-REMEDIACIÓN	
2.1	Generalidades	30
2.2	Técnicas de Bio-remediación	32
2.3	Factores que afectan el proceso de Bio-remediación	35
CAPÍTULO 3	BACTERIAS DEGRADADORAS DE HIDROCARBUROS	
3.1	Generalidades	37
3.2	Reproducción	45
3.3	Clasificación de bacterias	45
3.4	Procesos bioquímicos de las Pseudomonas	62
3.5	Metabolismo microbiano	63
3.6	Degradación microbiana	64
CAPÍTULO 4	ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO	
4.1	Rasgos físicos	66
4.2	Ubicación	67
4.3	Climatología	67
4.4	Geología	68
4.5	Suelos	70

CAPÍTULO 5	MARCO LEGAL	
5.1	Legislación ambiental, en materia de ecología	80
5.2	Normatividad	89
5.3	Aspectos legales	90
CAPÍTULO 6	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS, EN ZONAS AFECTADAS	
6.1	Consideraciones generales	91
6.2	Componentes del proyecto	96
6.3	Identificación de afectaciones ambientales	97
6.4	Descripción de las afectaciones ambientales identificadas	99
6.5	Determinación de la metodología de restauración	103
CAPÍTULO 7	METODOLOGÍA	
7.1	Generalidades	104
7.2	Muestreo y análisis	109
7.3	Remoción de suelo contaminado	109
7.4	Proceso de bio-remediación	110
7.5	Análisis y certificación	111
7.6	Nivelación	112
CAPÍTULO 8	RESULTADOS	
8.1	Criterio de restauración ambiental	116
CAPÍTULO 9	CONCLUSIONES	121
CAPÍTULO 10	BIBLIOGRAFÍA	130

Si para recobrar lo recobrado
debí perder primero lo perdido.

Si para conseguir lo conseguido
tuve que soportar lo soportado.

Si para estar ahora enamorado
tuve que haber estado herido.

Tengo por bien sufrido lo sufrido
tengo por bien llorado lo llorado.

Porque después de todo he comprendido
que no se goza lo gozado,
sino después de haberlo padecido.

Porque después de todo he comprobado
que lo que todo árbol tiene de florido
vive de lo que tiene sepultado.

Autor anónimo

El éxito no se logra con la suerte, es el
resultado de un esfuerzo constante.

No hay modo más noble de vencer
que morir luchando.

El éxito es un trayecto no un destino.

Las flores que crecerán mañana
son las semillas que sembramos hoy.

Es grande el hombre que reconoce sus
errores, pero más grande es el que
calla sus aciertos.

A DIOS

Por haberme permitido realizar uno de mis más grandes sueños.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Porque a través de ella tuve la oportunidad de adquirir los conocimientos que
ahora tengo y al mismo tiempo vivir momentos fantásticos.

A LA VIDA Y A MIS PADRES

Por permitirme ser una mujer libre, que toma sus propias decisiones, por alentarme a luchar por lo que quiero, a disfrutar la vida, a creer en dios, a valorar a las personas, a valorarme a mi misma y a vencer mis miedos y fracasos.

A Todas aquellas personas que me han ayudado sincera y desinteresadamente con una palabra de aliento, motivándome para ser cada día mejor.

A LA MEMORIA DE MI ABUELITO

NEMESIO ANTONIO VILCHIS GARDUÑO

Quien me enseñó con hechos, el verdadero valor de la vida.

A LA MEMORIA DE MI ABUELITA

MARÍA LUISA CAMARENA RICO

Quien me enseñó que el verdadero amor, es dar siempre todo lo mejor de uno mismo sin esperar nada a cambio.

A MI MAMÁ

EMMA VILCHIS LOPEZ

Con todo el cariño, amor y respeto que me inspira por ser una mujer triunfadora,
con espíritu de lucha, buscando siempre realizarse como mujer, como persona,
como profesionista y como mamá.

A MI PAPÁ

JUAN EFRAIN TERÁN CAMARENA

Por ser un gran hombre, triunfador, ecuaníme, equilibrado y consentidor.

A MI ABUELITA

MARÍA FELIX LÓPEZ PÉREZ

Por alentarme día a día con su sabiduría y actitudes a ser mejor persona.

A MI HERMANO

CHRISTIAN IVAN TERÁN VILCHIS

Quien a pesar de ser el más pequeño, siempre me ha ayudado.

A MIS PRIMOS Y HERMANOS

Esperando sinceramente que esto sirva de aliciente para su superación, ya que como nieta primogénita me ha tocado dar el primer paso y me gustaría de todo corazón no ser la única.

Claudia Angélica

Christian Ivan

Miguel Angel

Katia Karina

Carlos Alberto

Jeniffer Gisela

Gabriela Grissel

Daniela Aline

Michel Eduardo

Diana Fernanda

Jessica Alejandra

Paulina

Ricardo

Daniel

Ruben

Edgar Alan

Liliana

Mariana

Viridiana

Johana

Antonio

José Augusto

Josué Gabriel

Jesús Daniel

Julio Cesar

Mauricio

Alejandro

Adrián

Hugo Damaris

Ivan Alonso

Yunue Michelle

Paola

Enrique

Oscar

Carla Nicole

Magdiel Alejandra

José Luis

CON UN RECONOCIMIENTO ESPECIAL

DRA. LILIANA SALDIVAR OSORIO

ING. VICTOR RAMIREZ IZQUIERDO

PROFA. ZOILA EVELINA

PSICOLOGA SILVIA ARJONA

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La energía es la base de la civilización industrial; sin ella, la vida moderna dejaría de existir.

En épocas prehistóricas la fuente principal de energía la proveían los músculos. Luego, el hombre aprendió a utilizar el fuego para cocinar y protegerse del frío; después captaron la fuerza del viento con las naves de vela y los molinos, las ruedas hidráulicas aprovecharon la fuerza de los saltos de agua. (1)

La leña fue la primera fuente de energía para el ser humano y la más importante durante la mayor parte de su historia. Era muy asequible porque en muchas partes del mundo crecían grandes bosques. En los tiempos antiguos también se usaban algunas otras fuentes de energía que sólo se encontraban en zonas puntuales: asfalto, carbón, turba de depósitos superficiales y petróleo procedente de filtraciones de yacimientos subterráneos.

La situación cambió en la edad media cuando la leña empezó a utilizarse para fabricar carbón vegetal, que se empleaba para obtener metales a partir de sus menas. A medida que se talaban los bosques y disminuía la cantidad de leña disponible, en los comienzos de la Revolución Industrial, el carbón vegetal fue sustituido en la obtención de metales por el coque procedente del carbón mineral. Este carbón, que también empezó a usarse para propulsar las máquinas de vapor, se fue convirtiendo en la fuente de energía dominante a medida que avanzaba la Revolución Industrial. (1)

Hoy se explotan una amplia variedad de recursos energéticos, desde combustibles fósiles hasta átomos. La energía impulsa los sistemas de transporte; da calor, luz y fuerza mecánica a la industria, el comercio y el hogar.

Las necesidades energéticas de todo el mundo se satisfacen, primariamente, mediante tres fuentes de combustibles fósiles: carbón mineral, petróleo y gas natural.

La fuente de energía más importante es el petróleo. La producción de este mineral ha venido aumentando aceleradamente, estimulada por el alza de precios en el mercado internacional. (1)

El origen del petróleo ha sido objeto de diversas hipótesis. Unos afirman que es resultado de la descomposición de sustancias orgánicas, animales o vegetales; otros sostienen que la formación de este mineral la han determinado ciertas reacciones de orden químico; otros creen que el petróleo es producto de emanaciones volcánicas.

Hasta el año de 1900, el petróleo se utilizó principalmente para el alumbrado. A partir de esa fecha y a consecuencia del desarrollo de los motores de explosión, del crecimiento de la industria petroquímica, de la difusión del motor diesel de combustión interna, del consumo directo de aceites pesados, del mazut en las calderas de los grandes navíos y del uso para calefacción y generación de energía eléctrica, se ha multiplicado el empleo del petróleo. (1)

Aunque hacía siglos que el petróleo se empleaba en campos tan diferentes como la medicina o la construcción, la era moderna del petróleo empezó con la perforación de un pozo comercial en Pensilvania (Estados Unidos), en 1859. La industria petrolera estadounidense creció rápidamente y surgieron numerosas refineries para fabricar productos derivados del petróleo crudo. Las compañías petroleras empezaron a exportar su principal producto, el queroseno empleado para iluminación, a todas las zonas del mundo. El desarrollo del motor de combustión interna y del automóvil creó un enorme mercado; nuevo para otro derivado importante, la gasolina. Un tercer producto, el gasóleo de calefacción, empezó a sustituir al carbón en muchos mercados energéticos. (1)

Las compañías petroleras, la mayoría estadounidenses, encontraron inicialmente reservas de crudo mucho mayores en Estados Unidos que en otros países.

Esto hizo que las compañías petroleras de otros países, sobre todo Gran Bretaña, Países Bajos y Francia empezaran a buscar petróleo en muchas partes del mundo, especialmente en Oriente Próximo.

Los británicos iniciaron la producción del primer campo petrolífero en esa zona (concretamente en Irán) justo antes de la I Guerra Mundial. Durante la guerra, la industria petrolera estadounidense produjo dos tercios del suministro mundial de petróleo a partir de yacimientos nacionales, e importó un sexto de México. (1)

Al final de la I Guerra Mundial y antes del descubrimiento de los productivos campos del este de Texas, Estados Unidos, con sus reservas afectadas por el esfuerzo bélico, se convirtió en un importador neto de petróleo durante algunos años.

A lo largo de las tres décadas siguientes, con el apoyo ocasional del gobierno federal de Estados Unidos, las compañías petroleras de ese país se expandieron con enorme éxito por el resto del mundo. En 1955, las cinco principales empresas de petróleo de Estados Unidos producían dos tercios del petróleo del mercado mundial (sin incluir América del Norte y el bloque Soviético). Dos compañías británicas producían casi un tercio, mientras que los franceses sólo producían una quincuagésima parte. Las siete principales compañías estadounidenses y británicas proporcionaban al mundo cantidades cada vez mayores de petróleo barato procedente de las enormes reservas de Oriente Próximo. El precio internacional era aproximadamente de un dólar por barril; durante esa época Estados Unidos era en gran medida autosuficiente, y sus importaciones estaban limitadas por una cuota. (1)

Sin embargo México también fue uno de los países más favorecidos en el mundo en cuanto a recursos petroleros se refiere. En el siglo pasado esta situación no había sido valorada y por ello podemos decir que en términos generales, lo más importante en relación a los hidrocarburos del siglo pasado fue una ley de 1884, en que se daba la propiedad de los mismos al dueño del terreno en que se encontraban.

Esto fue un cambio por que la ley antigua, que venia de la época de la colonia, daba la posesión del petróleo, que llamaban bitúmenes de la tierra, a la corona y con la independencia, esa situación permaneció, era propiedad del gobierno del Estado y se daba en concesión. (1)

Sin embargo la ley de 1884 modifica esto de manera importante, porque fue uno de los puntos cruciales de los conflictos entre las compañías extranjeras y el gobierno.

La explotación del petróleo se inicia en el país en este siglo. El primer dato estadístico de que disponemos es el de 1901, en el que la producción del año fue de 10 mil barriles. Esta producción, por supuesto fue muy pequeña. Varios pozos actualmente en la sonda de Campeche producen individualmente varias veces esa cifra en un solo día. (1)

En 1910 la producción había aumentado 350 veces, alcanzando un promedio de 100 mil barriles diarios. A pesar del aumento la producción era muy modesta.

Mientras México entraba en el periodo revolucionario, las compañías petroleras que manejaban la industria aumentaron rápida y considerablemente la explotación. Aprovecharon este factor interno del país, que permitió un ritmo de incremento superior a 30% anual sostenido por diez años, de manera que para 1921 la producción fue en promedio de 530 mil barriles cifra muy considerable. México se convertía entonces en el segundo productor mundial y en el principal exportador de petróleo en el mundo, ya que de esta cifra más del 95% se vendía en el exterior.

Sin embargo, el beneficio que México recibía era muy reducido. Apartir de esta fecha la producción se reduce rápidamente llegando en 1932 a un mínimo de 90 mil barriles por día. En esta reducción influyeron motivos internos y externos. (1)

Internamente México al ver que la riqueza del petróleo se le iba sin dejar beneficios, intentó controlarla; primero a través de impuestos y después en la constitución de 1917, en que se modificaba la ley de 1884, el petróleo regresaba a ser propiedad del país. (1)

Esto quizás hubiera sido suficiente para influir en la reducción de la explotación, pero externamente las compañías petroleras tuvieron una bonanza: encontraron petróleo en otros países, en particular en Venezuela y entonces como una presión por las dificultades que había con México, voltearon sus ojos hacia Venezuela y la producción de México se vino abajo, inclusive en algunos de los campos que se habían descubierto en aquel entonces, como los campos de Ebanó.

El conflicto entre las compañías extranjeras y el gobierno continuó y como es de todos sabido en 1938 culminó con la expropiación y nacionalización de la industria petrolera. La producción seguía casi al mismo nivel que en 1932 era de 110 mil barriles diarios aproximadamente y el ligero aumento de 90 mil a 110 mil, se debió al inicio de la explotación de la zona de Poza Rica.

Con la expropiación vino un cambio fundamental en la política, consistente en utilizar el petróleo casi exclusivamente para satisfacer las necesidades internas del país, limitando la explotación y exportación a valores pequeños sin sobrepasar en general el 10% o 15% de la producción. La política estaba apoyada además por el hecho de que los precios internacionales no eran atractivos para la exportación y que las cifras de reservas, aunque suficientes, no eran tan abundantes como para propiciar también la exportación.

De 1938 en adelante, la producción subió paulatinamente, alcanzando en 1973 la cifra de 525 mil barriles diarios. Este valor es prácticamente igual al de 1921, durante estos años el crecimiento fue alrededor de 6% anual. Pero indudablemente que entre las dos cifras, la de 1921 y la de 1973 hay una gran diferencia. Mientras que en 1921 la producción se exportó casi totalmente, en 1973 toda la producción se consumió internamente, inclusive se tuvo la necesidad de importar una pequeña cantidad complementaria. (1)

En ese mismo año de 1973 se presentó la crisis de energía, la llamada crisis de energía, que para México se tradujo realmente en una bonanza. Vuelven a influir factores externos e internos.

Desde 1972 se habían descubierto los importantes campos de Chiapas y Tabasco, que habrían nuevas perspectivas para el país. Por otra parte, nuevamente el precio del petróleo subió considerablemente. Ante estos factores, México decidió cambiar de política en un momento favorable, entrar a la exportación del petróleo con la idea de usar las divisas así generadas para impulsar aún más el desarrollo industrial del país.

En este camino llegamos a 1982 en que la producción fue de aproximadamente 2.8 millones de barriles diarios, de los cuales el 1.7 se dedicaron a la exportación y el 1.1 al consumo interno. La exportación fue una vez y media el consumo interno. Pero los factores han vuelto a cambiar.

El precio del petróleo, que en los últimos años subía constantemente, se ha estabilizado y aun se puede decir que ha bajado. Se ha visto que el petróleo de México, por ser preponderantemente pesado, no es apetecido en el mercado mundial.

Hacia 1991, la empresa petrolera extrae y procesa el petróleo para aportar 92% de los energéticos que mueven al país es decir que sin los hidrocarburos se habrían consumido ya todos los árboles del planeta para obtener leña. Y en tanto se crea un energético plenamente capaz de sustituirlo, el petróleo llegará al final del siglo XXI como el principal combustible. (1)

El petróleo ha sido llamado a menudo oro líquido, por su valor en la civilización moderna. Es por cierto, mucho más útil que el oro. Los sistemas agrícolas, industriales, de transporte y de comunicación dependen del petróleo en cientos de formas, y su posesión o falta puede afectar vitalmente todas las actividades de una nación.

La industria petrolera juega un papel básico en la economía mexicana. No sólo por la cantidad de bienes y servicios demandados por la misma, sino también porque el país depende en gran parte de sus ingresos petroleros para financiar sus proyectos de desarrollo.

El petróleo como tal es un líquido oleoso e inflamable constituido principalmente, por hidrocarburos (compuestos que contienen solamente hidrógeno y carbono). Todos los tipos de petróleo se componen de hidrocarburos. El contenido de hidrocarburos del petróleo va desde el 50% hasta el 98%. El resto está formado, principalmente por compuestos orgánicos que contienen oxígeno, nitrógeno o azufre. (2)

El petróleo bruto es un líquido fluido, negruzco o verdoso. Es una mezcla compleja de hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos.

Existen tres grandes categorías de petróleos crudos (denominados a veces simplemente 'crudos'): los de tipo parafínico, los de tipo asfáltico y los de base mixta. Los petróleos parafínicos están compuestos por moléculas en las que el número de átomos de hidrógeno es siempre superior en dos unidades al doble del número de átomos de carbono. (2)

Las moléculas características de los petróleos asfálticos son los naftenos, que contienen exactamente el doble de átomos de hidrógeno que de carbono. Los petróleos de base mixta contienen hidrocarburos de ambos tipos.

Los hidrocarburos son el recurso natural más importante con que cuenta el país. En la actualidad el 90% de las necesidades energéticas se satisfacen a base de petróleo y gas.

La exportación de crudo, y muy marginalmente de productos derivados, aporta el 76% de las divisas que se reciben. El 9% de los hidrocarburos se destinan a la elaboración de productos petroquímicos básicos, con lo cual se satisface el 85% de la demanda de la industria química nacional. Cabe señalar que ya se ha logrado una dependencia tecnológica bastante menor en las fases primarias -exploración, explotación, y refinación- del aprovechamiento de los hidrocarburos. (1)

El aprovechamiento óptimo de los hidrocarburos requiere por tanto. Del desarrollo de una industria petroquímica moderna, entendiendo por ésto, una industria que participe activamente en la generación de nuevas tecnologías. Esto a su vez necesita de la presencia de una fuerte infraestructura científica y de una interrelación continuada con la fase industrial.

Del petróleo crudo se derivan miles y miles de productos de todo tipo, tanto directa como indirectamente, entre ellas se encuentran¹

La Gasolina que es el producto del petróleo de mayor demanda: el 45% de rendimiento total de crudo se destina a la producción de este combustible. Es una combinación de diferentes hidrocarburos. Los automotores consumen unos nueve décimos de la gasolina que se produce; el resto la emplean aviones, tractores y diversos tipos de equipos. El combustible para los aviones de reacción es, en principio una mezcla de gasolina y queroseno.

El Queroseno es un combustible líquido liviano y volátil derivado del petróleo. Aun en 1909 constituía el 33% de la producción total de petróleo; desde entonces, el porcentaje disminuyó hasta el rededor del 3%. Antes el queroseno se utilizaba, principalmente, para iluminación. Ahora sirve, ante todo, como combustible para la cocina, instalaciones de calefacción y equipo de granja. También se emplea en la mezcla de combustibles para aviones de reacción.

Los Combustibles Diesel han experimentado demanda cada vez mayor en años recientes. Hay motores diesel que emplean estos combustibles en barcos de todo tamaño, locomotoras, autobuses, camiones pesados y muchas instalaciones para la producción de electricidad. Durante las décadas pasadas, la demanda de combustibles diesel aumentó desde decenas de millones hasta cientos de millones de barriles por año.

Los Aceites combustibles livianos se usan para quemadores automáticos de calefacción hogareña, y en pequeñas unidades comerciales. También para fundición y otras cosas. Una parte sustancial de cada barril de petróleo crudo se utiliza para aceites combustibles livianos.

¹ Ver figura I Esquema de Proccso

Los Aceites combustibles residuales (fracciones pesadas de petróleo crudo) son sustancias viscosas, o que fluyen con lentitud. Van en quemadores especiales para calefacción comercial, motores de vapor marinos y de ferrocarriles y otros fines. Los aceites combustibles residuales son, en general, los más baratos derivados del petróleo.

Los Lubricantes generalmente constituyen sólo una parte bastante pequeña del total de productos del petróleo. Sin embargo, son sumamente importantes, pues las partes móviles de muy diversas máquinas requieren lubricación. Hay lubricantes para máquinas en general, turbinas de vapor y telares de hilanderías, cilindros de motores de vapor y en general para toda rueda, engrane o eje.

Las Grasas son importantes para los rodamientos de difícil acceso en operaciones a altas temperaturas y en cajas de rodamientos que no pueden ser herméticas. Se emplean además, donde el goteo o las salpicaduras de lubricantes fluidos podrían contaminar los productos.

La Cera se extrae, principalmente, por enfriamiento, filtrado y lavado de fracciones de aceite lubricante. La de parafina se usa en embalajes y envases; para impermeabilizar recipientes de leche contra el agua y el vapor y para envoltorios de pan, cereales y comidas congeladas. También se usa en la preparación de moldes para dentaduras postizas y para el vaciado de partes intrincadas de maquinarias.

El Asfalto se obtiene como residuo de la refinación del petróleo crudo. Sirve principalmente, para la composición de productos para techado y pavimentos.

El Coque de petróleo es un producto residual de los procesos de craqueo y destilación destructiva. Se emplea mucho como combustible, pero tiene otras aplicaciones; sirve en la refinación de metales, en la fabricación de carburo de calcio (con el que se elabora el gas acetileno) y en la producción de abrasivos y materiales con gran resistencia térmica.

El Negro de humo es un subproducto del proceso de craqueo. Se usa en la fabricación de neumáticos de automóviles, en otros productos de caucho, en tintas de imprenta, pinturas, discos fonográficos y otras cosas.

Los Gases de petróleo licuados se almacenan y manipulan bajo presión para mantenerlos en estado líquido. Se emplean mucho como combustibles para cocinas allí donde no hay servicios públicos. También sirven en neveras, calentadores de agua, caloríferos y hornos. A menudo se agregan al gas manufacturado para enriquecerlo. Los gases de petróleo licuados son importantes en la granja: calientan incubadoras y empolladoras, esterilizan los enseres de ordeñar y otros secan frutas vegetales y previenen el daño de la helada.

Los Productos petroquímicos constituyen la cantidad mayor de productos químicos orgánicos y algunos inorgánicos derivados del petróleo crudo y el gas natural. Entre los productos petroquímicos orgánicos figuran el etano, propano, butano, isobutano, ciclohexano y fenol. Los inorgánicos incluyen el amoníaco y el peróxido de hidrogeno.

Los Productos secundarios de petróleo incluyen numerosos derivados cuyo numero crece anualmente. La mayoría de los detergentes sintéticos se elaboran de productos de petróleo. Dos de los ingredientes principales en la fabricación de caucho sintético son los productos químicos butadieno y estireno, derivados del petróleo. Entre las fibras sintéticas hechas con éste o sus derivados, están el nylon, ortón, dacrón, dynel y acrilán. Todos éstos se consideran plásticos, incluyendo botellas flexibles de polietileno, adhesivos, pinturas con base plástica, mangueras para jardín, cortinados, tapizados para autos, equipajes y tuberías. Junto con estos productos elaborados, el petróleo da otros secundarios, como cera para pisos y lustradores para muebles, desinfectantes, antisépticos, champús, cremas evanescentes y humectantes, lociones para manos, lápiz labial, coloretes, lacas para uñas, removedores de pinturas, ungüentos y drogas.

DE UN POZO PETROLERO

CARTA DE FLUJO

Que rastrea el petróleo crudo desde el pozo al producto terminado

GAS NATURAL
GASOLINA NATURAL

Luego que el petróleo crudo es refinado, la mezcla de vapores y líquidos caen para a la unidad de condensación. El líquido se separa y se condensa en los columnas. Los de punto de ebullición más elevado se condensan hasta el fondo, los de punto de ebullición más bajo, pasan al tope. Observarse que la línea de condensación de la tierra.

GASOLINA BRUTA

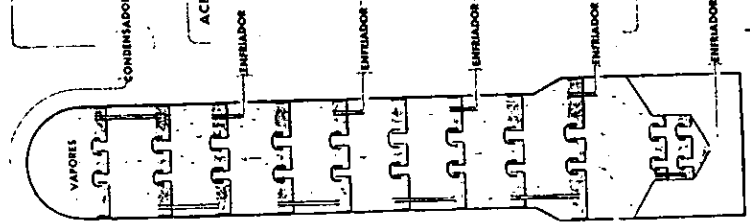
QUEROSÉN BRUTO

ACEITES COMBUSTIBLES Y DIESEL LIVIANOS

GAS OIL (PETRÓLEO QUE SE USA PARA ELABORAR GAS)

DESTILADO DE LUBRICANTE

SEDIMENTOS PESADOS



TORRE DE FRACCIONAMIENTO

SEPARADOR ALMACENAMIENTO DE GAS OIL

ESTACION DE BOMBEO DE LA TUBERÍA

ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO CRUDO DE LA REFINERÍA

ALAMBICQUE DE LA TUBERÍA (CALENTADOR)

VARIOS MILES DE PIES DE PROFUNDIDAD EN LA TIERRA

GAS

ALAMBICQUE DE TUBERÍA DE CRUDO

GAS NATURAL

GASOLINA DE AVIACION

GASOLINA PARA AUTOMOTORES

QUEROSÉN TERMINADO

ACEITES PARA CALEFACCION DEL HOGAR Y COMBUSTIBLES DIESEL

BASES DE HIDROCARBUROS

ACEITES COMBUSTIBLES INDUSTRIALES

ACEITES LUBRICANTES TERMINADOS

CERA - PARAFINA

COQUE

ASFALTO

TANQUE DE MEZCLA PURIFICACION QUIMICA

GASOLINA CRAQUEADA

GASES DE HIDROCARBUROS

TRATADORES QUIMICOS

UNIDAD DE CRAQUEO CATALITICO REGENERADOR REACTOR FRACCIONADOR PRIMARIO

COND.

ENRIADOR

ENRIADOR

FILTRO COLADOR DE ACIOLA

ACEITE LUBRICANTE REFINERADO

SALMUELA PETROLICA A 1-1-2

FILTRO-PRESA

DESTILADOR DE COQUE

DESTILADOR DE ASFALTO CONDENSADOR

CICLONES

CALENTADOR DE LA TUBERIA

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Los vapores de petróleo son mezclados con catalizador granular y enviados al reactor. Se produce aquí una reacción química a alta temperatura, y los hidrocarburos más pesados son decompuestos en otros más livianos. El catalizador agotado pasa luego al regenerador, donde se le quitan los depósitos de carbón. El catalizador puede, entonces, utilizarse nuevamente.

Gas que se convierte

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

Calentador de vapor de agua

En sus orígenes y hasta nuestros días la industria petrolera ha generado una contaminación ambiental considerable. A lo largo de los años, bajo la doble influencia de los avances tecnológicos y el endurecimiento de las normas, se ha ido haciendo mucho más limpia. Los vertidos de las refinerías han disminuido mucho y aunque siguen produciéndose explosiones en los pozos son relativamente infrecuentes gracias a las mejoras tecnológicas. Sin embargo, resulta más difícil vigilar la situación en los mares. Los petroleros oceánicos siguen siendo una fuente importante de vertidos de petróleo. De igual forma los derrames de hidrocarburos en suelos siguen presentando graves problemas.

La contaminación ambiental es uno de los aspectos más negativos de la problemática del hombre moderno. Junto con la explosión demográfica, el uso irracional de los recursos naturales y la espiral inflacionaria, entraña una grave amenaza de dimensión incurable para el género humano. (2)

El país como todos los que integran el tercer mundo, sufre una contaminación típica, producto a la vez, del impetuoso desenvolvimiento de su aparato industrial.

La contaminación tiene su origen en numerosas causas y, si bien puede decirse que siempre ha existido, los niveles que alcanza en la actualidad hacen peligrar la capacidad de la biósfera para soportar y propiciar la vida. Factores como la explosión demográfica, las tendencias multitudinarias de los asentamientos humanos en grandes urbes, las características técnicas de nuestras industrias y la multiplicación de los medios de transporte, han hecho que la contaminación alcance proporciones de desastre. (2)

La atmósfera no reconoce fronteras ni se divide política o geográficamente; no sigue las líneas de los límites territoriales, ni discrimina a los unos para favorecer a los otros.

Básicamente existen tres tipos de contaminación y son:

- A) Contaminación del Agua
- B) Contaminación del Aire
- C) Contaminación del suelo

Contaminación del Agua:

El agua representa uno de los más preciados recursos, pues además de ser indispensable para todos los seres vivos y de formar parte de la materia viva, es utilizada en casi todas las actividades humanas

Se conoce como contaminación del agua, a la incorporación en agua de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. (2)

Contaminación del Aire:

En nuestro planeta la vida, tal como la conocemos, no sería posible sin el aire.

Se conoce como contaminación atmosférica o del aire, a la contaminación de la atmósfera por residuos o productos secundarios gaseosos, sólidos o líquidos, que pueden poner en peligro la salud del hombre y bienestar de las plantas y animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. (2)

En Estados Unidos, el Plan de Gestión de la Calidad del Aire de 1967 y las enmiendas a la misma constituyen la base legal para el control de la contaminación atmosférica. La Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) es la principal responsable de que se apliquen los requerimientos de la ley, que especifica que deben establecerse estándares de calidad del aire para las sustancias peligrosas. En la escena internacional, 49 países acordaron proteger la capa de ozono en marzo de 1985, en una convención auspiciada por las Naciones Unidas. En el Protocolo de Montreal, renegociado en 1990, se solicita la eliminación progresiva de ciertos clorocarbonos y fluorocarbonos antes del año 2000 y ofrece ayuda a los países en vías de desarrollo para realizar esta transición. (2)

Contaminación del Suelo:

Los suelos constituyen un medio vivo en perpetua transformación; son una mezcla de sustancias minerales y de materia orgánica transformada por la descomposición de residuos vegetales y animales, en sustrato de fenómenos de increíbles complejidad.

En realidad, los suelos constituyen el sustrato de vida sobre el globo terrestre. Es de los suelos donde fundamentalmente se obtienen los alimentos. (2)

El ciclo de vida de un suelo obedece a las reglas del ecosistema compuesto de una sustancia mineral inorgánica que sirve de soporte y alimentación a los vegetales, así como de las plantas capaces de producir materia orgánica por la fotosíntesis y que no necesitan para su subsistencia más que aire, agua y sustancias minerales; existen en él animales que consumen vegetales, bacterias y microhongos que descomponen las materias muertas para volverlas a incluir en el circuito de producción.

El transporte es vital en la industria petrolera y al mismo tiempo es uno de los principales factores que contribuyen a la contaminación. En los primeros tiempos, cuando las refinerías estaban cerca de los yacimientos, se transportaba fácilmente el petróleo en sus diversas formas, en barriles, carromatos, barcazas, y ferrocarriles. En años recientes, se han desarrollado grandes explotaciones petroleras en regiones muy alejadas de los centros de población y de la industria. El crudo extraído de estos campos es trasladado a las refinerías cerca de los grandes mercados por tuberías o buques tanque, según se transporte por tierra o agua. A veces se utilizan vagones tanque de ferrocarril, y hasta camiones, para transportar el crudo desde los sitios a los que no se puede llegar con tuberías.

El transporte es un factor de integración de la actividad económica y como tal, la eficiencia de su funcionamiento repercute ampliamente en la productividad. A pesar de su dinamismo, superior al de otros sectores, se ha convertido en cuello de botella para el resto del sector económico nacional.

La polarización entre la ubicación de los recursos y los centros productores con las zonas urbanas dentro de la orografía accidentada del país, ha requerido de gran atención la cual no ha sido suficiente para satisfacer las necesidades.

La industria petrolera en los últimos años, ha tenido una expansión en sus actividades de exploración, explotación, transformación, y comercialización. Estas actividades llevan consigo un riesgo de contaminación debido en ocasiones, a derrames accidentales de hidrocarburos y vertimientos sin control, que en un momento dado han llegado a afectar los terrenos aledaños a las instalaciones e incluso terrenos ajenos. (2)

Es por ello que en muchas ocasiones se hace necesario transportar los hidrocarburos por medio de autotanques, los cuales a su vez y como se mencionó anteriormente se encuentran expuestos a sufrir u ocasionar accidentes de grandes magnitudes de tal manera que en muchas ocasiones, los hidrocarburos son derramados sobre los suelos con usos específicos es decir: sobre acotamiento de carreteras, predios agrícolas, ríos, lagunas, etc. Que generalmente se encuentran a los alrededores de donde surgen los accidentes.

1.2 Planteamiento del problema

Una de las problemáticas más comunes es la volcadura, de camiones que se dedican a transportar materiales peligrosos, en las carreteras por las cuales transitan continuamente, la mayoría de ellos provocados por exceso de velocidad, cansancio, ingestión de bebidas alcohólicas, fallas mecánicas, carreteras en mal estado, factores climatológicos etc.

Los remolques y semi remolques, son partes fundamentales que contribuyen a que las sustancias puedan transportarse, de tal manera que son clave en incidentes en carretera, ya que los derrames de materiales peligrosos a través de éstos, originan la contaminación directa del suelo.

Una fuga de materiales peligrosos normalmente transportados en recipientes sujetos a presión y dependiendo de la toxicidad del material, puede ocasionar afectaciones graves a la población expuesta durante la fuga, así como un impacto considerable al equilibrio ecológico.

Tal es el caso del accidente automovilístico, el cual se suscitó el pasado 31 de Mayo de 1997, en el que un camión que transportaba diesel, se volcó sobre la carretera, en Km. 52 + 000 del tramo Matatlán Totolapan, éste en la localidad de Santiago Matatlán-Oaxaca.

Dando origen a que se derramaran 29,000 L. de diesel, sobre el acotamiento de la carretera y un predio agrícola, según el acta levantada por las autoridades competentes.

El derrame se suscitó al desprenderse el doli o pemo del semiremolque unido al remolque el cual origino que al volcarse, el diesel derramado corriera a través de una cuneta del carril contrario de la carretera federal llegando finalmente a un terreno agrícola el cual siguió la trayectoria de la pendiente natural.

1.3 Hipótesis

Debido al tipo de problemática mencionada anteriormente, el proyecto de tesis se enfoca a encontrar un medio de tratamiento adecuado al sitio contaminado por el derrame de (diesel), en este caso se propone la restauración por el método de bio-remediación como un método factible y económicamente viable, en el cual se propone que las bacterias *Pseudomonas* degraden los hidrocarburos derivados de petróleo logrando un efecto significativo en la limpieza del terreno.

1.4 Objetivos

- 1 Determinar la afectación en función del entorno característico de las zonas dañadas
- 2 Comprobar que la técnica de Bio-remediación "in situ" es una metodología de restauración eficaz.
- 3 Determinar la velocidad de Bio-degradación, en función del volumen de tierra afectada
- 4 Comprobar de una manera objetiva que la técnica de Bio-remediación es factible y económicamente viable.

1.5 Generalidades

Cuando se considera la Bio-remediación para un sitio en particular, deben evaluarse los siguientes factores:

Características del contaminante

- Corrosividad
- Reactividad
- Explosividad
- Toxicidad
- Inflamabilidad
- Biodegradabilidad

Para ello se recurre a las siguientes hojas de especificaciones:

DIESEL

NOMBRE DEL FABRICANTE: PEMEX - REFINACIÓN

Gcia. Control de Producción
Av. Marina Nacional No. 329
7° Piso Torre Ejecutiva
Colonia Huasteca, C.P.14311
México, DF.

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

NOMBRE QUÍMICO: Diesel

SINÓNIMOS: Diesel, Combustible automotriz, Aceite combustible

PESO MOLECULAR: 238-553

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN: 1270

PROPIEDADES FÍSICAS

- Temperatura de ebullición (Rango) a 760 mmHg : 288-338°C
- Gravedad específica (H₂O) : 0.841
- Presión de vapor : No aplicable
- pH : No aplicable
- Solubilidad en agua : Insoluble
- Densidad : 0.852 gr./ml
- Apariencia y olor: líquido café claro y olor semejante a Querosina

Composición química

Los combustibles para máquinas de combustión interna del tipo Diesel, se elaboran a partir de la fracción de crudo comprendido entre el destilado de la Querosina y el petróleo combustible o aceites lubricantes. Dada la variación del petróleo crudo y de los diferentes procesos de refinación, la composición de los destilados del petróleo no es fija. El Diesel es una mezcla de más de 200 compuestos cuya composición varía ampliamente de un lugar a otro.

El número y complejidad de los componentes en el diesel limitan un análisis exhaustivo para identificar y cuantificar las concentraciones de los constituyentes químicos específicos; sin embargo, la caracterización química provee un perfil cualitativo útil del producto. La US-EPA resume las clases de hidrocarburos en por ciento en peso de Diesel de petróleo de la siguiente manera:

Análisis de diesel de petróleo de acuerdo a sus clases de hidrocarburos

CLASIFICACIÓN DE COMPUESTO	DIESEL (% PESO)
PARAFINAS	42.70
CICLOPARAFINAS	
Mono	23.40
Di	8.00
Tri	2.00
	33.40
AROMATICOS	
Alquilbencenos	9.70
Indanos	4.80
Dinaftenobencenos	1.30
Alquilnaftalenos	5.30
Bifenilos	1.30
Fluorenos	0.70
Aromáticos tricíclicos	0.80
Bencenos	47.0 ppm.

Compuestos principales del combustible diesel

Pentano	Tetraetilciclohexano
Hexano	Benceno
Ciclohexildecano	Tolueno
Trimetildodecano	Xileno
Hexadecano	Dimetilpropilbenceno
Metil hexadecano	Etil trimetil benceno
Trimetil hexadecano	Trietil tolueno
Tetrametil hexadecano	Isopentil trimetil benceno
Ciclohexano	Fenil metil dimetil benceno
Dimetil ciclohexano	Dimetil propil trimetil benceno
Trimetil ciclohexano	Hexadieno
Tetrametil ciclohexano	Metil pentadieno
Dietil metil ciclohexano	Dimetil pentadieno
Etil dimetil ciclohexano	Heptametil hepteno
Dimetil Ciclooctano	Octadecano
Hexil trimetil ciclobutano	Decano hidro dimetil naftaleno
Dimetil ciclopentano	Tetrahidro dimetil naftaleno
Dibutil ciclopentano	Tetrahidro trimetil naftaleno
Butil propil ciclopentano	Naftaleno
Pentil propil ciclopentano	Trimetil naftaleno
Dietil dimetil ciclohexano	Metil bifenilo
Butil trimetil ciclohexano	Dimetil bifenilo
Dimetil ciclopentil ciclohexano	

HOJA DE SEGURIDAD

COMBUSTIBLE DIESEL

NOMBRE DEL PRODUCTO: Combustible Diesel

CAS NO. : Sin asignación

SINONIMOS: Mezcla compleja de hidrocarburos alifáticos, olefinicos, nafténicos y aromáticos

FORMULA: Mezcla

Estimacion de peligrosidad (NFPA 704) escala para estimacion de peligro

Salud	= 1
Incendio	= 2
Reactividad	= 0
Especiales	= Ninguno

0 = Mínima

1 = Ligera

2 = Moderada

3 = Seria

4 = Severa

INGREDIENTES PELIGROSOS

LIMITES DE EXPOSICIÓN:

PPM, OSHA, ACGIH, OTROS

COMPONENTE	CAS No.	%	PEL	TLV	LIMITE	DANO
Mezcla de Hidrocarburos, Alifáticos, Olefínicos, Nafténicos y Aromáticos	No Reportado	> 99	100	100	Ninguno	Combustible

MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

SI SE INHALA : Trasladar a un lugar con ventilación adecuada. Dar respiración artificial. Si no respira, proporcionar atención médica de inmediato.

EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS : Lave inmediatamente los ojos con agua abundante durante 15 minutos, levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior. Proporcionar ayuda médica de inmediato.

EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL : Lave inmediatamente la piel con agua y jabón abundante. Retire la ropa y zapatos contaminados; lávelos antes de volverlos a usar. Proporcionar atención médica si persiste la irritación después del lavado.

SI SE INGIERE : No induzca el vómito. Proporcionar atención médica de inmediato. Si se presenta el vómito espontáneamente, mantenga la cabeza de la víctima por debajo de su cadera para evitar que su respiración introduzca el vómito a sus pulmones.

INFORMACION SOBRE RIESGOS A LA SALUD

RUTAS PRINCIPALES DE EXPOSICION: Inhalación, contacto con la piel u ojos

SEÑALES Y SINTOMAS DE LA EXPOSICION

INHALACION : Respirar los vapores puede irritar la nariz y garganta, provocar tos y molestias en el pecho; puede provocar dolor de cabeza, mareo y otros efectos en el sistema nervioso central.

CONTACTO CON LOS OJOS : El líquido y vapores pueden irritar los ojos

CONTACTO CON LA PIEL : Un contacto rápido puede secar la piel. El contacto prolongado o repetido puede irritar la piel, causando dermatitis.

INGESTIÓN : Ingerir el líquido puede provocar el vómito. Si se presenta el vómito espontáneamente, no permitirá que el vómito sea respirado hacia los pulmones ya que incluso una pequeña cantidad en los pulmones puede dar como resultado neumonía química y edema / hemorragia pulmonar.

EFFECTOS CRÓNICOS POR EXPOSICIÓN: Pruebas dedicadas a la vida de la piel indican que un material de composición similar produce cáncer de la piel en animales experimentales. La relación de estos resultados con los humanos no se ha establecido por completo.

CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS GENERALMENTE POR LA EXPOSICIÓN:
Ninguna reportada

DATOS SOBRE TOXICIDAD

ORAL : No se encuentran datos

DÉRMICA : No se encuentran datos

INHALACIÓN : No se encuentran datos

CARCINOGENICIDAD : Este material no está considerado como carcinógeno por el Programa Nacional de Toxicología, por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer, por la Administración de Sanidad y Seguridad Profesional.

PROTECCIÓN PERSONAL

VENTILACIÓN: Ventilación mecánica para expulsión local capaz de mantener las emisiones en el punto de uso por debajo del PEL.

PROTECCIÓN RESPIRATORIA: Si las condiciones de uso generan vapores, vaho, use un respirador apropiado aprobado por la NIOSH para esos niveles de emisión. Los respiradores apropiados pueden ser de máscara de cara completa o de un respirador de careta con cartucho purificador de aire para vapores vaho orgánico, de respiración autónomo en el modo de demanda de presión o un respirador suministrado con aire.

PROTECCIÓN DE OJOS: Gafas de seguridad con campos laterales, generalmente se reconoce que los lentes de contacto no se usarán cuando se trabaje con sustancias químicas debido a que los lentes de contacto pueden contribuir con la severidad de un daño.

ROPA DE PROTECCIÓN: Camisa de manga larga, pantalones zapatos de seguridad, guantes impermeables y delantal impermeable.

OTRAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Se tendrá cerca y listo para usarse un lava ojos y una ducha de seguridad.

INFORMACIÓN SOBRE INCENDIO Y EXPLOSIÓN

PUNTO DE INFLAMACIÓN, °F: 104

LÍMITES INFLAMABLES EN EL AIRE, % INFERIOR: 0.7
SUPERIOR: 5.0

MÉTODO USADO: PMCC

MEDIO DE EXTINCIÓN: Use brisa de agua, agentes químicos secos, CO₂, o espuma de alcohol.

PROCEDIMIENTOS ESPECIALES PARA COMBATIR UN INCENDIO: Los bomberos usarán equipo de respiración autónomos y ropa de protección completa. Use brisa de agua para enfriar los contenedores y estructuras cercanas expuestas al incendio.

PELIGROS INUSUALES DE INCENDIO Y EXPLOSION: Extinguir todas las fuentes cercanas de ignición. Se pueden formar mezclas de combustible en o arriba del punto de inflamación. Se formarán gases tóxicos / inflamables a temperaturas elevadas. Los gases tóxicos se formarán a partir del material de combustión, se pueden acumular cargas estáticas que pueden causar un incendio eléctrico.

REACTIVIDAD PELIGROSA

ESTABILIDAD: Estable

POLIMERIZACIÓN: No se presentará

CONDICIONES A EVITAR: Calor, Chispas y flamas abiertas

MATERIALES A EVITAR: Agentes oxidantes fuertes

DERRAME, FUGA Y PROCEDIMIENTOS PARA DESECHO

ACCIONES A TOMAR PARA DERRAMES O FUGAS

DERRAME EN LA TIERRA: Eliminar fuentes de ignición. Mantenga alejado al público. Evite la descarga adicional o material, si es posible hacerlo sin riesgo. Evite que los derrames entren en las alcantarillas, cursos de agua o zonas bajas. Contenga el líquido derramado con arena o tierra. No use materiales combustibles tal como el aserrín.

Recupere bombeando (use un motor a prueba de explosión o una bomba de mano), o empleando un absorbente conveniente.

Consulte a un experto sobre el desecho del material recuperado.

Asegúrese que el desecho va de acuerdo con los requerimientos gubernamentales y que cumpla con los reglamentos sobre desecho locales. Notifique de inmediato a las autoridades apropiadas. Tome todas las acciones adicionales necesarias para evitar y remediar los efectos adversos del derrame.

DERRAME EN EL AGUA: Elimine de la superficie por despumación o con absorbentes convenientes. Si está permitido por las autoridades locales y las agencias ambientales, se pueden emplear el hundimiento y/o dispersantes convenientes en aguas libres.

Consulte a un experto sobre el desecho del material recuperado.

Asegúrese que el desecho va de acuerdo con los requerimientos gubernamentales y que cumpla con los reglamentos sobre desecho locales. Notifique de inmediato a las autoridades apropiadas. Tome todas las acciones adicionales necesarias para evitar y remediar los efectos adversos del derrame.

MÉTODOS DE DESECHO: Deseche el producto contaminado y materiales usados al limpiar derrames o fugas en una manera aprobada para este material. Consulte agencias reguladoras federales, estatales y locales apropiadas para comprobar los procedimientos apropiados de desecho.

PRECAUCIONES ESPECIALES

PRECAUCIONES PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO: Mantenga lejos del calor, chispas y flamas. Almacene en un lugar frío, seco y bien ventilado lejos de materiales incompatibles. Ventee frecuentemente el contenedor y más a menudo en climas cálidos para liberar la presión. Aterrice eléctricamente todo el equipo cuando se maneje este producto y sólo use herramientas antichispas. Mantenga el contenedor cerrado herméticamente cuando no esté en uso. No emplee presión para vaciar el contenedor. Lávese completamente después de manejarlo. No se lleve hacia dentro de los ojos, sobre la piel o sobre la ropa.

PRECAUCIONES POR REPARACIONES Y MANTENIMIENTO: No corte, triture, soldé o perfore sobre o cerca de este contenedor.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

BIO-REMEDIACIÓN

2.1 Generalidades

Se han estudiado diversas técnicas o métodos para la remediación de suelos, de las cuales se pueden mencionar:

Desorción térmica, incineración, composta, bio-tratamiento (bio-pila), inyección, extracción de vapor, aislamiento, confinamiento, incorporación asfáltica, pirólisis infrarroja, tratamiento con radio frecuencias, y la bio-remediación que es objeto de este estudio. (16)

En este proyecto se propone el uso de la bio-remediación, como una técnica a emplear para el saneamiento de suelos contaminados por hidrocarburos, en este caso específico (Diesel), ya que representa una alternativa técnica y económicamente factible, y emplea una tecnología natural, puesto que la microflora nativa puede utilizar hidrocarburos como fuente de carbono y de energía para su crecimiento y proliferación en el suelo, de tal manera que el diesel es destruido y/o transformado a compuestos inocuos o menos dañinos, sin embargo no se debe perder de vista que la bio-remediación tiene sus limitaciones y no es una solución mágica. No obstante estas limitaciones normalmente son compensadas por el ahorro en los costos comparado con la aplicación de otras tecnologías.

De la degradación microbiana de hidrocarburos resulta la liberación de productos inocuos tales como CO₂, agua, y biomasa celular como productos finales.

Esta tecnología envuelve el uso de agentes químicos, biológicos y manipulaciones físicas que degradan, remueven e inmovilizan los contaminantes.

Los tratamientos "in situ" se dividen en tres categorías: Biológicos, Químicos y Físicos.

Dentro de la clasificación de los biológicos se encuentra la bio-degradación "in situ", comúnmente conocida como Bio-remediación y se basa en el concepto de estimular la microflora para descomponer los contaminantes, por otra parte los tratamientos químicos implican la inyección de productos químicos para degradar, inmovilizar o lavar los contaminantes. Los métodos físicos se refieren a la manipulación del suelo usando calor, frío u otros medios. (13)

Por tanto la bio-remediación es uno de los mecanismos degradativos mas importantes ya que de alguna manera integra las tres categorías para compuestos orgánicos y es utilizado cada vez con más frecuencia para la transformación de los contaminantes orgánicos peligrosos como lo es el (Diesel) a compuestos inocuos. La bio-remediación se logra a través de una serie de reacciones bioquímicas mediante las cuales se transforman los contaminantes gradualmente en el suelo a productos finales orgánicos e inorgánicos, ésto es dióxido de carbono, agua y especies inorgánicas de nitrógeno, fósforo y azufre.

La bio-remediación es un tratamiento biológico en el cual se utilizan bacterias aeróbicas que poseen la habilidad de catalizar bioquímicamente la oxidación de compuestos usando oxígeno molecular para iniciar la secuencia de reacciones. En una población microbiana de un sistema de suelo, un grupo de microorganismos puede parcialmente metabolizar un compuesto sin derivar carbono o energía para la síntesis celular, pero puede proporcionar un sustrato de crecimiento adecuado para otro grupo de bacterias. (13)

2.2 Técnica de Bio-remediación

Actualmente el método de bio-remediación consiste en estimular microorganismos nativos como lo es el caso de las *Pseudomonas* para degradar contaminantes orgánicos entre ellos el Diesel, mediante el ajuste de ciertas condiciones físicas y químicas del sitio contaminado, más aún, parece ser el camino más útil para la bio-remediación porque involucra la adición de agentes químicos para estimular los organismos nativos. Estas sustancias químicas, tales como el oxígeno, peróxido de hidrógeno, nutrientes inorgánicos, etc. hace que los microorganismos (*Pseudomonas*) se dispersen mas fácilmente a través de la zona contaminada y por tanto aumenten la velocidad de degradación del contaminante.

La tecnología de bio-remediación "in situ" es una técnica que esta en crecimiento sin bargo puede decirse que el tiempo de instalación del sistema depende de la complejidad del mismo, estrategia y tamaño del sistema. (16)

2.3 Factores que afectan el proceso de Bio-remediación

Algunos factores del suelo afectan el proceso de degradación, la manipulación de estos factores es importante para lograr la degradación.

Existen hasta ahora cinco factores principales:

El primer factor que limita el crecimiento microbiano en suelos es la escasez o ausencia de una fuente de energía adecuada y disponible. La gran mayoría de los microorganismos del suelo son heterotróficos y utilizan el material orgánico disponible como fuente de energía. Estos incluyen elementos tales como carbono, hidrógeno, nitrógeno y fósforo. Después del carbono, el factor de crecimiento más importante es el oxígeno, el cual actúa como un aceptor de electrones y como fuente de energía para conducir el metabolismo del contaminante. El oxígeno es necesario para el crecimiento de bacterias aeróbicas, sin él se afectaría la velocidad de metabolización y eventualmente se detendría.

El segundo factor observado es el pH ya que el intervalo de acidez o alcalinidad óptimo para los microorganismos del suelo está entre seis y ocho, para la mayoría de las especies, sin embargo la mayoría de las bacterias crecen mejor a un pH relativamente neutro y las hace más resistentes a choques térmicos y a condiciones de secado.

Como tercer factor se tiene la temperatura en el suelo, las reacciones bioquímicas siguen la regla general de que la reacción química se incrementa cuando la temperatura se incrementa.

La actividad microbiológica requiere de agua; como resultado la temperatura debe ser mayor que el punto de congelamiento del agua. También algunos microorganismos contienen enzimas que pueden desaparecer a temperaturas de 50°C, por lo que, esta temperatura representa el límite razonable para la actividad microbiológica. La degradación óptima del Diesel por bacterias aeróbicas como es el caso de las *Pseudomonas* ocurre a temperaturas entre 15°C y 30°C.

Cuarto, aunque la literatura científica contiene información de cómo el contenido de humedad del suelo afecta el crecimiento de la población microbiológica en relación con las cosechas, muy poco se conoce de cómo el contenido de humedad del suelo afecta la degradación microbiológica de agentes químicos orgánicos. En general los microorganismos necesitan agua para mantener su proceso metabólico y condiciones de demasiada humedad pueden ser desfavorables para el crecimiento de los microorganismos. Sin embargo no todos los grupos de microorganismos son igualmente afectados por bajos contenidos de humedad y sólo algunas especies se eliminan totalmente en suelos secos.

Un contenido de humedad cerca de 80% de capacidad de campo o de 15-20% con base en el peso, ha sido reportado como óptimo para la bio-remediación de suelos. La importancia radica en que ésta afecta la disponibilidad de los contaminantes, transferencia de gases, el nivel tóxico efectivo de los contaminantes, el movimiento y crecimiento de los microorganismos y la distribución de especies. Bajos niveles de humedad restringen la actividad microbiana mediante la limitación del movimiento celular y de reacciones metabólicas.

Y por último el quinto factor, hay por lo menos once elementos esenciales en los macronutrientes y micronutrientes que deben presentarse en los suelos en las cantidades adecuadas para mantener el crecimiento de las bacterias aerobias. Esto incluye nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre. Algunos micronutrientes adicionales son necesarios para mantener el crecimiento de las bacterias anaerobias como son el níquel, cobalto y azufre. De esta forma la presencia de estos nutrientes en el suelo debe optimizarse para alcanzar la mayor eficiencia de degradación. La presencia de estos nutrientes y de oxígeno tiene efectos significativos en la degradación del Diesel. En particular el nitrógeno y el fósforo junto con el oxígeno, aceleran la bio-degradación. La proporción de carbono degradable contra los nutrientes principales en la biomasa es generalmente 100 partes de carbono por 10 partes de nitrógeno por una parte de fósforo.

Además de estos factores la concentración de la sustancia orgánica puede tener un efecto marcado en la velocidad de degradación. (3)

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3

BACTERIAS DEGRADADORAS DE HIDROCARBUROS

3.1 Generalidades

Como parte fundamental en el método de bio-remediación "in situ" sobresalen en forma especial las Bacterias, debido a que hay muchas poblaciones en un determinado suelo y son el grupo más abundante en el mismo, el número de células bacterianas en el suelo siempre es grande pero los individuos son pequeños.

Debido al diminuto tamaño de las bacterias y a que los otros cinco grupos poseen células grandes o filamentos extensos, las bacterias representan mucho menos de la mitad de la masa celular microbiana total. (4)

En suelos aireados adecuadamente predominan bacterias y hongos, mientras que en los ambientes que contienen poco o nada de oxígeno sucede lo contrario, únicamente las bacterias son responsables de casi todos los cambios químicos y biológicos. Aunque los otros grupos llevan a cabo muchas transformaciones similares a las que realizan las bacterias, éstas sobresalen porque son capaces de crecer rápidamente y de descomponer una gran variedad de substratos naturales. (4)

Las bacterias del suelo pueden colocarse en dos grandes grupos:

- Las especies nativas o autóctonas: que son residentes verdaderos
- Los organismos invasores o alóctonos

Las poblaciones nativas perduran por largos períodos sin tener actividad metabólica, pero en determinado momento, estas formas nativas proliferan y participan en las funciones bioquímicas de la comunidad.

Las especies alóctonas por el contrario, participan de manera significativa en las actividades de la comunidad.

Entre las poblaciones nativas hay especies bacterianas que se desarrollan considerablemente cuando se agregan nutrientes orgánicos fácilmente degradables. Estas bacterias de gran actividad metabólica necesitan ser provistas de nutrientes para un crecimiento rápido, pero el abasto se consume fácilmente; entonces estas bacterias responden de inmediato a la adición de sustancias y se mantienen en gran número mientras haya nutrientes disponibles, pero disminuyen una vez que se agota su fuente alimenticia. Otras poblaciones autóctonas crecen de una manera característica, usando como nutrientes la fracción orgánica del suelo, los constituyentes resistentes de restos vegetales o bien componentes de otras células microbianas; ya que estos nutrientes son menos degradables y están presentes por largos períodos, tales organismos crecen lentamente y su abundancia no está sujeta a grandes fluctuaciones. (4)

La cantidad y el tipo de bacterias están determinados en gran medida por el tipo de suelo y las prácticas de cultivo; por ejemplo, el número de bacterias en la mayoría de las praderas es mayor que en terrenos de cultivo comparables, como resultado de una mayor densidad de raíces y una elevada cantidad de materia orgánica disponible, que proviene de la descomposición de raíces y restos de plantas, la abundancia también aumenta conforme se va de zonas frías a zonas más cálidas. El contenido de materia orgánica del suelo influye en gran parte sobre la densidad bacteriana. Por lo que el número de bacterias es mayor en zonas cultivadas que en zonas vírgenes. (4)

El tamaño de la comunidad en suelos minerales está relacionado directamente con el contenido de materia orgánica, por lo que en localidades ricas en humus las bacterias son numerosas. La adición de material carbonáceo tiene también gran influencia en el número y actividades bacterianas, y la incorporación de abonos vegetales o residuos de cultivo inicia una rápida respuesta microbiológica.

La microbiología es la ciencia que se ocupa del estudio de todos los microorganismos es decir, las bacterias, levaduras, actinomicetos, hongos, algas y protozoos y a consecuencia del desarrollo de los estudios relacionados con los microbios, no es posible en la actualidad que dicha ciencia abarque un campo tan vasto, por lo que comúnmente se admite que la microbiología estudie únicamente a las bacterias, las levaduras, los actinomicetos y los hongos desde el punto de vista de su estructura, fisiología y bioquímica. (5)

Así pues son dos las ramas principales de la Microbiología:

LA BACTERIOLOGIA: que se ocupa de las bacterias propiamente dichas, de los Actinomycetes, los Espiroquetales, los virus, Ricktsias y Bacteriografos.

LA MICOLOGIA: que comprende el estudio de los hongos y las levaduras

BACTERIAS: se ha discutido mucho acerca de si las bacterias deben ser consideradas como plantas o animales pero indiscutiblemente la suma algebraica de sus características las coloca en el Reino Vegetal a causa de su poder quimiosintético y su método de reproducción típicamente vegetal. No obstante hay algunas Bacterias que se semejan mas a los animales inferiores que a las plantas como los **Sporichiaetales**.

Botánicamente constituyen una clase denominada **Schizomycetes** del **Phylum Thallophyta** del Reino Vegetal. En este Phylum están comprendidos, además las algas y los hongos, con los cuales las bacterias guardan ciertas relaciones.

Si se sigue la clasificación de Engler y Prantl, las bacterias están en la división **Schizophyta** que comprende dos clases:

Schizomycetes (Bacterias)

Chizophyces (Algas cianofíceas)

POSICION DE LAS BACTERIAS EN EL REINO VEGETAL

En 1883, Eichler clasificó a las plantas en dos grupos Criptógamas y Fanerógamas, dividiéndolas de la siguiente manera:

- A CRIPTÓGAMAS
 - DIV. I Tallophyta: Bacterias, Algas y Hongos
 - DIV II Bryophyta: Hepáticas y Musgos
 - DIV III Pteridophyta: Helechos

- B FANERÓGAMAS
 - DIV. I Gymnospermas: Coníferas, etc.
 - DIV. II Angiospermas: Monocotiledoneas y
Dicotiledoneas

Posteriormente en 1912 Engler y Prantl presentaron su sistema taxonómico del Reino Vegetal en el que se establece una secuencia filogenética y por lo tanto de acuerdo con la teoría biológica de la evolución de los seres vivos.

Dicho sistema comprende 13 grupos diferentes o divisiones (Phyla) como sigue:

- I Schizophyta (Bacterias y algas cianoficeas)
- II Myxomigetes
- III Flagellatae
- IV Dinoflagellatae
- V Bacillariophyta
- VI Conjugatae
- VII Chlorophyta
- VIII Charophyta
- IX Phaeophyta
- X Rhodophyta
- XI Eumycetae (Hongos y levaduras)
- XII Embriophyta Asiphonogama (Hepaticas, musgos y helechos)
- XIII Embriophyta Siphonogama (Gimnospermas y angiospermas)

Aún cuando esta clasificación ha sido modificada en los últimos años, da una idea acerca de la posición de los microorganismos en el Reino Vegetal. Como se ve las bacterias son los organismos vegetales menos diferenciados y aparentemente mas primitivos entre todos los vegetales, constituyendo el punto inicial en la evolución de estos seres.

Los individuos aquí comprendidos pueden clasificarse según su forma en tres grupos:

COCOS
BACILOS
ESPIRILOS

Y como formas secundarias las siguientes:

VIBRIOS O VIBRIONES
ESPIROQUETOS TREPONEMAS, etc.

COCOS	MICROCOCOS:	o esferas aisladas.
	DIPLOCOCOS:	Agrupamientos en pares
	ESTREPTOCOCOS:	Agrupamientos en rosario o cadenas
	ESTAFILOCOCOS	Agrupamientos en racimos
	SARCINAS	Agrupamientos en paquetes cubicos.
BASILOS	BASTONES	Cortos y rígidos
	BASTONES	Filamentosos no ramificados
	BASTONES	Filamentosos y ramificados a veces con ramificación falsa
ESPIRILOS	ESPIRALES:	Encorvados y con cilios
	ESPIRALES:	Simple
VIBRIONES	BASTONCITOS:	Cortos y ligeramente encorvados y con aspecto de coma.
ESPIROQUETAS	FILAMENTOS:	Contorneados, con membrana ondulante a veces
	ESPIRALES :	Apretadas, con o sin membrana.

Las bacterias según su modo de vida pueden distinguirse en parásitas, saprófitas, simbióticas, etc. También presentan el fenómeno de la antibiosis, comensalismo, sinergismo y metabiosis.

Las bacterias parásitas son aquellas que viven a expensas de organismos vivos pues de ellos obtienen todos los materiales indispensables para su metabolismo. A este grupo pertenecen las bacterias que causan enfermedades en el hombre, los animales y las plantas.

Por saprofismo se entiende la vida de los microorganismos sobre materia orgánica muerta, es decir la utilización de los materiales contenidos en los organismos muertos como es el caso de la mayoría de las bacterias no parásitas y de muchos hongos y Actinomycetes.

La simbiosis es una relación biológica entre dos o mas organismos. Por la cual obtienen beneficio mutuo. Por medio de ella el crecimiento y la multiplicidad de los microorganismos son mas vigorosos o su metabolismo mas completo, como ejemplos pueden citarse el caso del crecimiento de bacterias aeróbicas y anaerobias en un mismo medio de cultivo ya que las primeras consumen el oxígeno que sería perjudicial a las segundas, en tanto que éstas no compiten con aquellas respecto al consumo de dicho gas. (8)

El comensalismo es una asociación por medio del cual dos especies microbianas pueden vivir juntas una puede atacar el material nutritivo con producción de algún compuesto utilizable por la otra, es decir una especie se beneficia, mientras que la otra no obtiene aparentemente beneficio alguno pero tampoco se perjudica, como ejemplo puede citarse el caso de *Bacillus cereus* y *Pseudomonas fluorescens*. La primera puede hidrolizar la caseína en virtud de poseer enzimas proteolíticas muy activas, en tanto que la segunda no ataca la caseína pero puede en cambio utilizar los aminoácidos que resultan de su hidrólisis de tal manera que cuando ambas bacterias ocurren juntas en presencia de dicha proteína, la primera la hidroliza y la segunda puede utilizar los aminoácidos resultantes asegurando de esta manera su supervivencia. (7)

En relación a la antibiosis hay ciertos hechos dignos de mencionarse. Así por ejemplo se sabe que el bacilo piocianico (*Pseudomonas aeruginosa*) produce sustancias activas, (piocinasa y piocianina) contra diversas bacterias gram-positivas y gram negativas, de tal manera que impiden el desarrollo de estos gérmenes. Diversas especies de los géneros *Actinomycetes* y *Streptomyces* producen también sustancias antibióticas para ciertos cocos y bacterias en forma de bastón.

Respecto a su metabolismo general, las bacterias pueden ser Prototróficas o Heterotróficas. Las primeras son las que oxidan materiales sencillos (CO_2 , Fe, S, CH_4 , H, etc.) obteniendo de esta manera la energía necesaria para sus diversos procesos metabólicos. Las segundas toman del medio en que viven, sustancias complejas ya elaboradas y son, en su mayoría, las parásitas o saprófitas. (7)

Las bacterias, como otros microorganismos y diversas sustancias extrañas, pueden obrar como "antígenos", es decir que al ser inoculadas a un organismo lo inducen a defenderse mediante la producción de sustancias contrarias en acción. Tales antígenos pueden proceder del flagelo: Antígeno flagelar o Antígeno H, en el caso de bacterias móviles o del cuerpo; Antígeno somático o Antígeno O y son importantes en Serología. Cuando el antígeno pasa al organismo determina la producción de otras sustancias llamadas anticuerpos. El anticuerpo que se opone a la acción de una toxina se denomina antitoxina; el de una enzima, anti enzima, etc. La acción de los antígenos en el organismo determina estados especiales más o menos graves: alergia, anafilaxia o intoxicaciones cuando las sustancias son de acción fuerte. Estas reacciones del organismo pueden llamarse de hipersensibilidad.

3.2 Reproducción

la reproducción es por simple partición. Esta división es muy rápida pues en unas cuantas horas se forman billones de individuos. La división, fisiparidad o esquizogonia; da nombre a la clase **Schizomycetes**. (8)

3.3 Clasificación de Bacterias

La clase **Schizomycetes** comprende los cinco siguientes órdenes en la clasificación actual de Pergey, Breed, Murray y colaboradores, admitida por el comité de bacteriólogos Americanos:

I	EUBACTERIALES	Eubacteriinae Caulobacteriineae Rhodobacteriineae
II	ACTINOMYCETALES	
III	CHLAMYDOBACTERIALES	
IV	MYXOBACTERIALES	
V	SPIROCHAETALES	

Ademas de estos cinco ordenes pueden considerarse otros tres grupos.

Grupo I	Orden Rickettsiales.
Grupo II	Orden Vírales
Grupo III	Fam. Borrelomycetaceae.

Cada orden esta dividido en familias; cada familia en tribus, las tribus en géneros y estos comprenden, a su vez, una o varias especies.

Orden eubacteriales: Son organismos unicelulares, no diferenciados, que pueden presentar formas esféricas o de bastoncitos cortos o largos, con extremos encorvados, cuadrangulares o redondeados. Y no presentan formas filamentosas ni ramificadas. Unos son móviles por medio de flagelos polares o peritriquiales; otros son inmóviles.

Otros son gram-positivos y otros gram-negativos llamados así según tomen o no el primer colorante en la técnica de coloración de Gram. En su metabolismo algunos pueden utilizar elementos como el C, H, S, Fe, etc.; siendo por lo tanto prototróficos. Unos crecen en medios corrientes de laboratorio, otros necesitan medios especiales conteniendo albúminas, sangre, asparragina, factores de crecimiento, etc.

No forman bacterio-purpurina ni bacterioclorina; pero pueden desarrollar otros pigmentos de color azul, rojizo, amarillo, anaranjado y diversos tintes de color verde, nunca contienen clorofila. Presentan reproducción por esquizogonia.

Algunos exhiben movimientos semejantes a los de algunas cianofíceas. No acumulan Fe ni S.

El orden esta dividido en tres subórdenes como sigue:

I Eubacteriineae con las siguientes familias:

- Nitrobacteriaceae
- Pseudomonadaceae
- Azotobacteriaceae
- Rhizobiaceae
- Micrococcaceae
- Neisseriaceae
- Lactobacteriaceae
- Corynebacteriaceae
- Bacteriaceae
- Bacillaceae

II Caulocateriineae con las familias:

Novakiaceae
Gallionellaceae
Caulobacteriaceae
Siderocapsaceae
Pasteuriaceae

III Rhodobacteriineae, con las familias:

Thiorhodaceae
Athiorhodaceae
Chlorobacteriaceae

I El suborden Eubacteriineae comprende a las bacterias verdaderas, constituidas por células rígidas, libres, generalmente no ramificadas ni unidas al substrato por estructuras especiales. No forman vainas, pero si pigmentos de tipo no fotosintético.

Así las familias que comprende son:

- 1) Familia Nitrobacteriaceae: Son organismos autotróficos o autotróficos facultativos que utilizan en su metabolismo elementos como el C, H, S, o compuestos sencillos como las sales de amonio, los nitritos o los tiosulfatos. Como géneros representativos se pueden citar a:

Nitrosomonas
Nitrosococcus,
Nitrobacter
Hydrogenomonas
Thiobacillus.

2) Familia **Pseudomonadaceae**. Bastones alargados, sin endoesporas, rectos o mas o menos espiralados, generalmente móviles por flagelos polares y casi todos gram-negativos. Viven en el agua o en el suelo y son patógenos para las plantas o los animales. Comprende como géneros más importantes:

Pseudomonas: Bacterias del suelo y del agua o patógenos de animales y plantas, que producen pigmentos de color verde azulado o verde amarillento, que se difunden en el medio

Acetobacter: Bacterias que oxidan el alcohol a ácido acético.

3) Familia **Azotobacteriaceae**. Células en forma de bastones grandes o de cocos con aspecto de levaduras, con flagelos peritriquiales, Gram negativos, aerobios y capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Comprende un solo género:

Azotobacter

4) Familia **Rhizobiaceae**: Organismos simbióticos, capaces de utilizar el "N₂" atmosférico como:

Rhizobium leguminosarum, que viven en simbiosis en las raíces de plantas del género **Pisum**

Rhizobium meliloti, que viven en la alfalfa

Rhizobium phaseoli, que viven en el frijol, etc.

otros tienen aspecto de bastón con un solo flagelo polar, o con varios peritriquiales. Algunos más son inmóviles. Utilizan azúcar sin producir ácidos en cantidad apreciable. Además del *Rhizobium* existen los géneros *Chromobacterium* y *Agrobacterium* este último de importancia fitopatológica. (4)

5) Familia *Micrococcaceae*. Formas cocoides pequeñas de cinco décimas de micra a una y media micras de diámetro. La mayoría son gram positivas. Unas crecen en medios ordinarios de cultivo y otras en medios especiales. No son parásitas obligadas. Típicamente no forman cadenas. Los géneros que comprende son los siguientes:

a) *Micrococcus*. De pequeño tamaño se presentan en placas o masas irregulares, pero nunca en cadenas largas o paquetes algunas producen pigmentos de color amarillo, naranja o rojo. Generalmente licúan la gelatina:

Micrococcus ureae, *Micrococcus citreus* (*Staphylococcus citreus*),
Micrococcus pyogenes var *aureus* (*Staphylococcus aureus*),
Micrococcus pyogenes var *albus* (*Staphylococcus albus*).

b) *Gaffkya*. Ocurre en tetradas: *G. tetragena*

c) *Sarcina*. Se presenta en paquetes, por ocurrir la división celular en tres planos: *S. lutea* y *S. aurantiaca*, que producen, respectivamente pigmentos amarillos y dorados. Se encuentran en el aire.

6) Familia *Neisseriaceae*. Se caracteriza por sus formas cocoide, gram negativas, siendo los únicos cocos gram negativos. Necesitan medios especiales para su cultivo o desarrollo. Hay un importante género: *Neisseria* del cual se conocen tres especies: *N. gonorrhoeae*, productor de la blenorragia y que se presenta en forma de diplococos en grano de café, *N. catarrhalis*, que forma parte de la flora normal de la nariz. El otro género de la familia es *Veillonella* que comprende micrococos anaerobios de escasa importancia.

7) Familia Lactobacteriaceae. Se caracteriza porque sus miembros producen ácido láctico. Son organismos gram-positivos. Generalmente agrupados en cadenas, que no reducen los nitratatos y atacan azúcares con producción de ácidos.

a) Lactobacillus. Productor de ácido láctico y difícil de cultivarse. *L. delbrueckii*, se utilizan en la industria de la fermentación láctica. *L. acidophilus*, *L. bulgaricus* y *L. casei* son especies que se presentan comúnmente en la leche, siendo la causa de su acidificación.

b) Leuconostoc. Comprende microorganismos que se agrupan en cadenas y que generalmente producen cápsulas impregnadas de gomas. Atacan diversos azúcares y se encuentran en la leche, pulque o materiales azucarados. Atacan la levulosa, produciendo manitol.

8) Familia Corynebacteriaceae. Bastones inmóviles, frecuentemente con gránulos metacromáticos y presentando diversidad de forma y de agrupamiento. Son patógenos para los animales y las plantas y también hay formas que viven en la leche, suelo y agua. comprende los géneros *Corynebacterium*, *Listeria* y *Erysipelothrix*. El primero tiene como especie tipo a *Corynebacterium diptheriae* agente de la difteria en el hombre.

9) Familia Achromobacteriaceae. Generalmente no producen pigmentos, pero algunas especies dan colores amarillo grisáceos o diferentes tonos de amarillo o naranja. Su característica principal es su falta de enzimas glucolíticas. Comprende tres géneros:

Alcaligenes: que viven en la leche o en el intestino

Achromobacter

Flavobacterium, algunas de cuyas especies producen alteraciones cromógenas en la leche.

10) Familia Enterobacteriaceae. Tiene formas patógenas, siendo casi todas bacilares y gram-negativas. Reducen los nitratos a nitritos y utilizan azúcares con producción de ácidos y gases.

ORDENES	SUBORDENES	FAMILIAS	
EUBACTERIALES	1.) EUBACTERIINEAE	Nitrobacteriaceae	
		Pseudomonadaceae	
		Azotobacteriaceae	
		Rhizobiaceae	
		Micrococoaceae	
		Neisseriaceae	
		Lactobacteriaceae	
		Corynebacteriaceae	
		Achromobacteriaceae	
		Enterobacteriaceae	
		Parvobacteriaceae	
		Bacteriaceae	
		Bacillaceae	
		Nevskiaceae	
		Gallionellaceae	
ACTINOMYCETALES	2.) CAULOBACTERIINEAE	Caulobacteriaceae	
		Siderocapsaceae	
		Thiorhodaceae	
	3.) RHODOBACTERIINEAE	Chlorobacteriaceae	
		1.) MYCOBACTERIACEAE	
		2.) ACTINOMYCETACEAE	
	3.) STREPTOMYCETACEAE		

CHLAMYDOBACTERIALES 1.) CHLAMYDOBACTERIACEAE
 2.) CRENOTHRICHACEAE
 3.) BEGGIATOACEAE

MYXOBACTERIALES 1.) CYTOPHAGACEAE
 2.) ARCHANGIACEAE
 3.) SORANGIACEAE
 4.) POLYANGIACEAE
 5.) MYXOCOCCACEAE

SPIROCHAETALES 1.) SPIROCHAETACEAE
 2.) TREPONEMATACEAE

		ORDEN
		RICKETTSIALES:
	GRUPO I	Rickettsiaceae
		Bartonellaceae
		Chlamydozoaceae
		ORDEN VIRALES:
		PHAGINEAE
GRUPOS INCIERTOS	GRUPO II	PHYTOPHAGINEAE
		ZOOPHAGINEAE
	GRUPO III	FAMILIA:
		Borrelomycetaceae

11. Familia Parvobacteriaceae: comprende formas patógenas, casi todos bacilares y gram negativas, que frecuentemente requieren líquidos humorales para su crecimiento y presentan movimientos pero no del tipo flagelar. Comprenden los géneros:

- a) *Brucella*: La especie *B. melitensis* es el agente causante de la fiebre de Malta, enfermedad de larga duración, con síntomas semejantes a la tuberculosis. Se transmite por la leche de cabra principalmente, las otras dos especies de *Brucella* (*abortus* y *suis*) son patógenas para el hombre y algunos animales.
- b) *Pasteurella*: Organismos gram-positivos, de formas bacilares. *P. pestis*, produce la peste bubónica, transmitida particularmente por las pulgas de las ratas. Es pleomórfica y altamente patógena.
- c) *Hemophilus*: Requiere los factores X y V de crecimiento que se producen en el líquido sanguíneo. Como *H. pertussis*, agente de la tosferina.

12 Familia Bacteriaceae Esta familia comprende un solo género que no produce endoesporas y que no puede ser colocado en las otras familias de bacterias no esporuladas. Por lo tanto es una familia mal definida y artificiosa. Todos los individuos tienen aspecto de bastones, cortos o largos, móviles o inmóviles, pero nunca con flagelos polares. La mayoría son saprófitos: *Bact. Mycoides*, *Bact. Mutabile*, etc.

13 Familia Bacillaceae. Se distingue de todas las demás por producir endoesporas. Son gram-positivas y generalmente inmóviles. Hay aerobios y anaerobios. Comprende dos géneros:

- a) *Bacillus*: Bastones cortos o largos, gram-positivos, tienen endoesporas y son aerobios. *B. anthracis* (bacteria carbonosa) produce la fiebre carbonosa y morfológicamente se distingue por ocurrir en cadenas que toman aspecto de "caña de bambú" con sus células cuadrangulares: *B. subtilis*, *B. mycoides*, *B. brevis* que son organismos comunes en el suelo.

b) Clostridium: Bastoncitos cortos o largos, tienen endosporas, pero son anaerobios. Cl. Welchii, productor de la gangrena gaseosa; Cl. Tetani, productor del tétanos; Cl. Sordelii y Cl. Pasterianum son algunas de las especies mas representativas.

II Sub-orden Caulobacteriineae. Bacterias no filamentosas unidas al substrato por prolongaciones a manera de peripúncleos los cuales se impregnan de goma, hidróxido férrico y otros materiales. Otras formas no son pedunculadas. No producen esporas ni vainas y son tópicamente acuáticas. La familia mas importante es Gallionellaceae que se distingue de las demás por que sus representantes presentan bandas de hidróxido férrico. La especie tipo es la Gallionella ferruginea.

III Sub-orden Rhodobacteriineae. Células esféricas. Ligeramente flexuosas o espiraladas que varían de una a veinte micras en su tamaño. Pueden ser de color rojo, púrpura, café o verde por la presencia de bacterio-clorofilo u otros pigmentos semejantes o bien carotenoides y capaces de realizar un metabolismo fotosintético. Pueden o no contener gránulos de azufre las familias son tres:

Thiorhodaceae

Athiorhodaceae

Chlorobacteriaceae

Las dos primeras con pigmentos color púrpura y la tercera con pigmentos verdes.

Al referirse a las bacterias del azufre en los suelos, se describirán las especies más importantes.

- B. Orden Actinomycetales. Después de los Eubacteriales, este orden bacterial no es el que reviste mayor importancia a consecuencia de los amplios estudios de que ha sido objeto en la actualidad, por el gran número de agentes antagonistas que contiene, es decir, relacionados con los fenómenos de antibiosis. El orden de actinomycetales comprende organismos que forman células alargadas, con tendencia a la ramificación. Las hifas no exceden de 1.5 micras con una micra o menos de diámetro. En las Mycobacteriaceae el micelio es rudimentario o ausente no se forman esporas y las células son ácido-resistentes.

Los Actinomycetaceae y Streptomycetaceae producen generalmente un micelio característico ramificado y se multiplican por medio de esporas especiales, oidiosporas o conidios. Las esporas especiales se forman por fragmentos de plasma dentro de hifas esporóforas rectas o espiraladas; las oidiosporas se forman por segmentación o división transversal de las hifas semejante a la formación de oidios entre los hongos verdaderos, los conidios se producen aisladamente en el extremo de conidioforos simples o ramificados. Crecen fácilmente en medios artificiales y forman colonias bien desarrolladas. La superficie de la colonia, especialmente en los Actinomycetaceae y Streptomycetaceae pueden cubrirse con un micelio aéreo. Algunos forman colonias incoloras o blancas, mientras que otros producen una variedad de pigmentos algunas especies son parcialmente ácido-resistentes. La mayoría son mesofílicas y algunas termofílicas. Ciertas formas pueden crecer a baja tensión de oxígeno, hay aprófitos, parásitos y patógenos. Comprende las siguientes tres familias.

- a) Mycobacteriaceae: Micelio rudimentario o ausente. No forma esporas. Son ácido resistentes. Hay un solo género: Mycobacterium cuyas dos especies más importantes son *M. tuberculosis* y *M. leprae*.

- a) Actinomycetaceae: Producen verdadero micelio. El micelio vegetativo se divide por segmentación en elementos bacilares o cocoides. Pueden producir esporas en hifas aéreas. Algunas especies son parcialmente ácido-resistentes. Colonias incoloras o con pigmento.
- b) Streptomycetaceae: Micelio verdadero. El micelio vegetativo normalmente no se divide. Los conidios van en esporóferos. Las formas son primariamente del suelo, a veces termofílicas en el estiércol, unas pocas son parásitas.

La familia Actinomycetacea comprende dos géneros: Nocardia y Actinomyces. Gen Nocardia. Comprende a las formas aerobias obligadas. Las colonias son bacterioides, lisas, rugosas o plegadas, de consistencia blanda, a veces compactas y coreáceas en los estados juveniles. La mayoría de cuyas ramas se rompen en oidiosporas o esporas de segmentación. Algunas especies son parcialmente ácido-resistentes.

La familia Actinomycetaceae comprende dos géneros: Nocardia y Actinomyces. Gen. Nocardia. Comprende a las formas aerobias obligadas. Las colonias son bacterioides, lisas, rugosas o plegadas, de consistencia blanda, a veces compactas y coreáceas en los estados juveniles. La mayoría de cuyas ramas se rompen en oidiosporas o esporas de segmentación. Algunas especies son parcialmente ácido-resistentes.

Género Actinomyces. Comprende formas anaerobios o microaerofílicas. Parásitas, no ácido-resistentes, no proteolíticas y no diastáticas.

La familia Streptomycetaceae comprende dos géneros:

Streptomyces y Micromonospora. Género Streptomyces. Produce conidios en cadenas en las hifas aéreas. El micelio es muy ramificado y típicamente aéreo. Son aerobios. Se encuentran generalmente como saprófitos en el suelo y menos comúnmente como parásitos en plantas o animales. Pueden distinguirse cinco grupos según la estructura de las hifas esporulantes.

1. Hifas rectas, ramificación monopódica, nunca producen espirales regulares.
2. Hifas esporóforas en racimos.
3. Formación espiral en el micelio aéreo. Espirales largas y abiertas.
4. Formación espiral en el micelio aéreo. Espirales cortas y compactas.
5. Hifas esporóforas agrupadas sobre el micelio en verticilos o mechones.

Genero *Micromonospora*: Los conidios se producen terminal y aisladamente en conidióforos cortos. Micelio bien desarrollado, fino y no septado de 0.3 a 0.6 micras de diámetro. Crecen bien en el substrato. Nunca forma un verdadero micelio aéreo. Se multiplican por medio de conidios producidos solos al extremo de conidioforos especiales en la superficie del micelio en el substrato. Son fuertemente proteolíticos y diastáticos. Muchos son termofílicos y pueden crecer a 65°C. Generalmente saprófitos. Ocurren principalmente en el estiércol descompuesto, polvo, suelo y en el fondo de los lagos.

- C. Orden Chlamydo bacteriales. Bacterias filamentosas, parecidas a algas, pero incoloras, con o sin vaina y con o sin ramificaciones. La vaina puede contener hidróxido férrico o materia orgánica o ambos. Pueden presentar movimientos de oscilación. Puede producir conidios o células flageladas móviles, pero no endosporas. Todas son formas de agua dulce o marinas. Comprende tres familias Chlamydo bacteriaceae, Crenothrichaceae y Beggiatoaceae. Las dos primeras no contienen gránulos de azufre, en tanto que la tercera puede contenerlos cuando crecen en presencia de sulfuros.
- D. Orden Myxobacteriales. Células alargadas, delgadas y flexibles que desarrollan colonias extensivas a manera de pseudoplasmodios. Se unen en grupos de 2 a 12 o más individuos con sus ejes paralelos. Pueden producir esporas, excepto las del genero *Cytophaga*. Generalmente contienen pigmentos de diverso color. Casi todos son saprófitos. La familia más importante del orden es Cytophagaceae o sea las bacterias relacionadas con la celulosa.
- E. Orden Spirochaetales. Este orden así como los grupos inciertos (Rickettsiales, Vírales y familia Borrelomycetaceae) revisten gran importancia médica pero no industrial o agrícola, por lo cual nose describiran en detalle.

Variaciones bacterianas: Es bien sabido que las bacterias y en general todos los microorganismos sujetos a la acción diversa del medio ambiente, pueden cambiar de forma y aun en sus propiedades fisiológicas generales. De aquí que en un principio se confundieran las simples variaciones bacterianas y diera éste origen a la creación de nuevas especies, sin serlo en realidad.

En la actualidad se sabe perfectamente que los microorganismos pueden cambiar su forma por multitud de causas y a este hecho se le ha dado el nombre de pleomorfismo en contraposición a la doctrina del monomorfismo que sostenía que los microorganismos son invariables en su forma.

Hay que aclarar sin embargo que el pleomorfismo moderno es en realidad diferente del que sostenían los primeros microbiólogos pues éstos lo explicaban suponiendo que las diferentes especies eran simplemente diferentes formas de crecimiento de una sola especie verdadera, en otras palabras que un coco podría pasar sucesivamente por las formas de *Bacillus*, *Vibrio*, etc. por lo que estos nombres genéricos, así como los de *Micrococcus* y *Spirillum* no tenían razón de existir.

El pleomorfismo en este sentido ya no se admite, pero sí en la aceptación de cambios en la morfología microbiana a consecuencia de la acción del medio.

Dichas variaciones pueden ser temporales y desaparecer en cuanto cesa la causa que las dio o bien pueden ser permanentes y en este caso afectar la estructura genética del microbio, por lo que el cambio resulta definitivo, En este último caso la variación recibe el nombre de mutación.

Las variaciones y mutaciones pueden referirse únicamente a la morfología o también a la fisiología, variación antigénica, variaciones en las colonias, etc.

La designación de formas de involución introducida por Nageli en 1887 se aplica a fenómenos de regresión a formas primitivas, o bien aquellas formas aberrantes o degenerativas que pueden presentar las bacterias en el transcurso de su vida, por lo que se refiere únicamente a los cambios en la apariencia de las células microbianas, que no tienen que ver con su actividad metabólica o fisiológica.

El término de colonias secundarias se aplica a aquellas que se desarrollan a partir de colonias viejas o en degeneración y a consecuencia de la formación de pequeñas protuberancias, mas o menos ostensibles, en torno a las colonias viejas. Estas colonias hijas aparecen frecuentemente en el crecimiento de algunas *Bacillus* del suelo: *B. mycoides*.

Por último el término ciclo bacteriano se refiere a los diversos cambios morfológicos y fisiológicos que pueden presentar las bacterias en el transcurso de su vida, así por ejemplo los *Rhizobium* pueden presentar diversas formas de acuerdo con las condiciones del medio.

Se ha prestado considerable atención a los grupos taxonómicos en los que caen las bacterias. Entre los géneros especialmente comunes o que tienen un interés mayor, se incluyen *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Hiphomicrobium*, *Metallogenium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pedomicrobium*, *Pseudomonas*, *Sarcina*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Xanthomonas*.

Las condiciones microbiológicas varían drásticamente de un sitio a otro. Algunos suelos contienen organismos capaces de degradar los contaminantes, si dichas bacterias pueden ser mantenidas correctamente; a ésto se denomina bioestimulación.

Otros suelos pueden contener muy pocas o ninguna de estas bacterias, en estos casos los suelos tienen que ser inoculados con las bacterias apropiadas para que puedan destruir los contaminantes. Esta inoculación se denomina bioaumentación. Por lo tanto se debe analizar cada sitio en particular con ciertas bases para determinar la existencia de bacterias útiles

La degradación microbiológica de productos de petróleo en este caso particular Diesel en suelos, ya sea vía natural o por métodos facilitados, es un proceso utilizado exitosamente para reducir las concentraciones del producto (Diesel) en suelos a niveles aceptables.

Un género de bacterias ha sido notado por el amplio espectro de hidrocarburos que se sabe pueden degradar. Este es él genero de las *Pseudomonas*, la cual tiene muchas especies.

Estos organismos son facultativos, generalmente con un estricto metabolismo respiratorio, lo que las hace inactivas en muchas pruebas bioquímicas comúnmente utilizadas para identificar bacterias, como resultado estas bacterias están pobremente caracterizadas.

El hábitat natural de este tipo de bacterias es el suelo, agua y agua residual, estas bacterias son parásitos de plantas y ocasionalmente se encuentran en el tracto intestinal de mamíferos, y pueden ser patógenos oportunistas en animales y humanos.

Ningún otro tipo de bacterias es capaz de estos niveles de adaptabilidad, Al menos 93 diferentes hidrocarburos entre ellos el (Diesel) son degradados por este género y aun más están siendo descubiertos actualmente.

Estas bacterias pueden degradar ya sea hidrocarburos no halogenados o también mono a tetrahalogenados en situaciones aeróbicas y anaeróbicas. Estos son especialmente efectivos en un medio ambiente aeróbico que utiliza propiamente los factores: pH, temperatura, humedad, disponibilidad de alimentos (materia orgánica), micro y macronutrientes.

La Pseudomona es una bacteria gram-negativa en forma de bacilos rectos o ligeramente curvos, motiles con un flagelo polar, son aeróbicos obligados con un metabolismo respiratorio en el cual el oxígeno es el electrón aceptor terminal puede vivir donde exista oxígeno libre en cantidades comparativamente altas.

Las Pseudomonas crecen en medios simples y en medios selectivos puede sobrevivir con metales oxidados como su única fuente de oxígeno mientras que la cantidad de agua y micronutrientes estén disponibles.

Las Pseudomonas son comúnmente asociadas con la contaminación de alimentos y su putrefacción. El intervalo de temperaturas para su crecimiento efectivo es de 18 a 30 grados centígrados, aunque puede sobrevivir a temperaturas mas altas, sólo si el oxígeno es abundante y se inactiva cuando la temperatura cae por debajo del nivel efectivo mínimo.

Las Pseudomonas son susceptibles al secado, sin embargo son muy adaptables y capaces de sobrevivir en condiciones extremas. El intervalo de pH que el grupo puede tolerar es de 6.5-9.0, el género como uno solo es moderadamente tolerante a las sales (0.5 % +-) y se adapta o muta rápidamente para ajustarse a nuevas condiciones.

Ciertos miembros del género son capaces de generar transferencia de genes así como de conjugación. Esto significa que las Pseudomonas, aunque son de crecimiento lento en la naturaleza, pueden adaptarse rápidamente a condiciones cambiantes debido a que todos o casi todos los miembros del género son capaces de ajustarse a nuevas o a diferentes condiciones mediante la transferencia de genes. En lugar de que la mayoría de la población bacteriana muera y que sólo sobrevivan pocas mutaciones, casi toda la población puede cambiar para cumplir con las demandas ambientales. Las Pseudomonas además excretan exotoxinas, las cuales pueden limitar el crecimiento, o aniquilar a todas las bacterias competitivas.

3.4 Procesos Bio químicos de las Pseudomonas

Muchas de las reacciones químicas involucradas en los procesos de purificación de los elementos deben ser medidas biológicamente

Estas reacciones químicas no son espontáneas y requieren de una fuente externa de energía para su iniciación. La suma total de procesos mediante los cuales los organismos vivientes asimilan y utilizan los alimentos para subsistir, crecer y reproducirse es llamado metabolismo. Sin embargo ocurren, dos tipos de procesos simultáneamente, cada uno involucrando muchos pasos. Un proceso, llamado catabolismo, es la fase degradativa del metabolismo, en el cual las moléculas nutritivas complejas y relativamente grandes que provienen del entorno o bien de sus propios depósitos de reserva, se degradan para producir moléculas más sencillas, provee la energía para la síntesis de células nuevas así como para el mantenimiento de otras funciones celulares. El otro proceso, llamado anabolismo, constituye la fase constructiva o biosintética del metabolismo y provee el material necesario para el crecimiento celular a partir de precursores sencillos. Cuando una fuente alimenticia externa se interrumpe, los organismos utilizan los alimentos almacenados como energía de mantenimiento en un proceso denominado catabolismo endógeno.

A diferencia de los procesos industriales de degradación, las bacterias pueden selectivamente fraccionar moléculas grandes de hidrocarburos a moléculas pequeñas. Estas tienden a degradar primero las moléculas más simples y después a las moléculas más recalcitrantes.

Las enzimas bacterianas son muchas veces más efectivas para degradar hidrocarburos que otros productos, ya que la cantidad de calor necesaria es significativamente menor que la requerida para la degradación industrial. Las enzimas juegan un papel importante en las reacciones bioquímicas y pueden ser consideradas como catalizadores orgánicos que influyen las reacciones sin convertirse en reactantes, disminuyendo la energía de activación necesaria para iniciar las reacciones. Las enzimas son compuestos proteínicos complejos que son específicas en términos de las reacciones que puedan soportar.

3.5 Metabolismo Microbiano

Entre las numerosas reacciones del ciclo del carbono que dan por resultado la mineralización del carbono orgánico se encuentra una serie de transformaciones, que provocan la degradación de hidrocarburos. Muchos de los hidrocarburos o sus derivados se agregan o son sintetizados en el suelo, siendo su mineralización y formación de importancia en el ciclo general del carbono.

Una vez dentro de la membrana, las sustancias químicas tales como hidrocarburos son degradadas por los microorganismos que usan la ruta metabólica de respiración aerobia, en la que las sustancias orgánicas son oxidadas a CO_2 y agua además de otros productos; usando oxígeno molecular como electrón aceptor terminal.

3.6 Degradación Microbiana

El hidrocarburo más sencillo, es modificado notablemente por las condiciones del medio ambiente. La presencia de O₂ en los lugares donde los organismos están activos disminuye la liberación de CH₄ pero en terrenos mal drenados expuestos al aire podría liberarse un poco debido a que el O₂ no puede penetrar en muchos de los sitios de actividad microbiana. La transformación es suprimida por los compuestos nitrogenados que las bacterias pueden utilizar como aceptores de electrones; de este modo, los nitratos los nitritos y el N₂O realizan una inhibición pero esto no sucede con el amonio.

En suelos inundados los ácidos orgánicos sencillos se acumulan conforme el O₂ es consumido por los aerobios residentes y la cantidad de ácido acético, n-butírico y frecuentemente fórmico y propiónico aumenta antes o en forma concomitante con la biogénesis del CH₄.

Más aún, los ácidos orgánicos pueden acumularse en gran medida si los productores de metano no se encuentran muy activos, probablemente debido a que éstos no se encuentran metabolizando estos sustratos.

Puede observarse que los principales productos de la degradación de moléculas son el CO₂ y el CH₄ pero la proporción de los gases varía con el sustrato en cuestión.

La ruta metabólica de la reducción de CO₂ se ha establecido para la fermentación de gran variedad de compuestos carbonados-y puede formularse una ecuación general para este proceso:



En este caso el CH₄ proviene de la reducción del CO₂ a expensas del donador de hidrógenos, H₂R, el cual es convertido de este modo en el productor R.

La sustancia representada como H₂R frecuentemente es orgánica.

Subsecuenteemente, se han aislado un determinado número de bacterias que en cultivo puro, son capaces de utilizar H₂ molecular para la reducción de CO₂ en forma idéntica al tipo de reacción dado por la ecuación anterior.

Con frecuencia se liberan del suelo hidrocarburos sencillos y volátiles. Desde hace algún tiempo se sabía que algunos hongos liberaban el gas en cultivo pero ensayos recientes han revelado que la capacidad de síntesis no es rara. Así especies de *Agaricus*, *Alternaria*, *Aspergillus* entre los hongos, *Pseudomonas*, bacterias formadoras de esporas y actinomicetos tienen esta capacidad

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIO ECONOMICO

En este punto se describen las características ambientales de la región donde se ubica el predio afectado por el derrame accidental de diesel, es decir en el municipio de Tlacolula localidad de Santiago Matatlán, Estado de Oaxaca.

4.1 Rasgos Físicos

La superficie del Estado de Oaxaca es de 95,364 km². Quinto lugar por su extensión en el país y representa el 4.85% del territorio nacional.

El Estado de Oaxaca, está situado en la parte sureste del país, limita al Noroeste y Norte con los estados de Puebla y Veracruz; al Este con el Estado de Chiapas; al Sur con el océano Pacífico y al Oeste con el estado de Guerrero. Geográficamente se localiza entre los paralelos 15° 38' 00" y 18° 48' 30" de latitud Norte; y entre los meridianos 93° 52' 00" y 98° 30' 30" de longitud Oeste.

La entidad está integrada por 30 distritos y 570 municipios los cuales destacan por su vegetación y uso agrícola, pecuario, comercial, industrial o turística, en varias localidades.

El accidente y derrame de Diesel, motivo del presente estudio, ocurrió en el Km 52 + 000 de la Carretera México - CD, Cuauhtémoc, perteneciente al Estado de Oaxaca.

Su cabecera municipal está ubicada entre los paralelos a los 16°52' de latitud norte y 96°23' de latitud oeste, el Municipio de Tlacolula localidad de Santiago Matatlán comprende una superficie aproximada de 9,536.4 Km², cifra que representa el 1% de la superficie total del estado.

El municipio de Tlacolula limita al Norte con los municipios de Ixtlán y Villa Alta, al Este con los municipios de Ocotlán y centro de Oaxaca, al Sur con los municipios de Miahuatlán y Yautepec, al Oeste con los municipios de Mixe y parte del municipio de Yautepec.

4.2. Ubicación

Dentro de la caracterización climática del Estado, es preciso tener en cuenta las particularidades del relieve, puesto que sólo el 36.9%, se halla abajo de los 500 m de altitud (en 24,400 Km² no se llega a 200 m mientras que para otros 10,800 Km², la altura está comprendida entre 200 y 500 m).

La altitud media de la entidad es de 1,200 m con picos que llegan a los 3,240 m el municipio de Tlacolula localidad de Santiago Matatlán tiene una altitud de 1740 msnm y se localiza en la región de los valles centrales.

4.3 Climatología

Temperaturas promedio:

Para el municipio de Tlacolula, la temperatura promedio anual es de 18.8°C, con una máxima promedio anual de 28.1°C, mientras que la mínima promedio anual es de 11.1°C. La temperatura mínima extrema corresponde a Febrero con 3.0 °C y la máxima extrema a Abril con 37.0 °C. Los meses más calurosos son de Abril a Junio, según sus medias mensuales y los que presentan sus temperaturas más bajas son de Diciembre a Febrero.

Precipitación promedio anual:

Con base en los datos de la estación meteorológica, se observa que en el municipio de Tlacolula, la precipitación promedio anual es de 33.9 mm, llegando a ser en el mes de Agosto de 86.0 mm y en el mes de marzo de 9.0 mm. Los meses en los que se registra una mayor precipitación son junio, julio y agosto y los meses que registran menor precipitación son de noviembre a febrero. No se presenta el fenómeno de la canícula.

Lluvia máxima en 24 horas: En la región de estudio, los meses con valor más alto de lluvia máxima en 24 horas fueron de mayo a agosto con registros desde 40.0 mm hasta 42.0 mm siendo los más bajos en los meses de Noviembre a febrero con un registro de 10 mm.

Evaporación total: En lo que respecta a este factor, en la región se registran los índices más altos de evaporación en los meses de abril y mayo con los registros de 146.8 mm hasta 169.7 mm y los índices más bajos en enero con 84.3 mm.

Intemperismos severos

Heladas, granizo y nevadas

De acuerdo a los datos obtenidos, no se presenta la posibilidad de que ocurran estos fenómenos a nivel municipal.

Tempestad eléctrica

Según los reportes oficiales, no se presentan tempestades eléctricas en el año.

Neblina

Por lo que respecta a este factor, a lo largo de todo el año no se presentan días con niebla. Con base en estos datos, se puede considerar a la región con intensidad de nieblas nulas.

Velocidad y dirección del viento.

Proviene la mayor parte del año del Noroeste y varían dependiendo del año, los vientos llegan a razón de 2 a 6 km./seg.

4.4 Geología

Geológicamente el estado presenta una gran variedad de afloramientos, correspondiendo los terrenos más antiguos a rocas metamórficas. Existen además rocas de origen marino, rocas ígneas intrusivas, rocas ígneas de origen volcánico y materiales piroclásticos.

Los principales afloramientos en el Estado son :

- a) Pleistoceno-Reciente
- b) Plioceno
- c) Cenozóico Superior
- d) Cenozóico Medio Volcánico
- e) Cenozóico Inferior
- f) Mioceno
- g) Eoceno
- h) Cretácico Superior
- i) Cretácico Inferior
- j) Cretácico Indiferenciado
- k) Jurásico
- l) Rocas intrusivas del mesozóico
- m) Paleozóico Superior
- n) Paleozóico Metamórfico
- o) Rocas intrusivas del Paleozóico Inferior
- p) Rocas intrusivas del Paleozóico

En el municipio de Tlacolula, con una localidad llamada Santiago Matatlán, la geología de afloramientos frecuentes que se presenta es:

Cenozoico Medio Volcánico.

-Sismicidad:

Varios factores geológicos se conjugan y hacen de la zona una provincia de alto riesgo sísmico.

Por la frecuencia e intensidad con que ocurren los sismos, el Estado de Oaxaca tiene el más alto índice de movimientos telúricos en la República Mexicana.

En el estado se localizan las siguientes zonas de riesgo sísmico:

Zona Crítica: Es la de mayor riesgo sísmico, con movimientos intensos y frecuentes. Abarca la región Costa y la Vertiente septentrional de la Sierra Madre del Sur

Zona de Alto Riesgo: De sismos frecuentes. Abarca la región Mixteca y el Sureste del Istmo. El sitio de estudio, se encuentra en esta zona, por lo que se considera de alto riesgo.

Zona de Mediano Riesgo: De sismos poco frecuentes. Comprende esta zona, la pendiente norte de la Sierra de Oaxaca.

Zona de Bajo Riesgo: De sismos esporádicos o inexistentes. Comprende toda la planicie costera del Golfo

4.5. Suelos

La clasificación de los suelos en el área de estudio se realizó tomando como base:

El medio Ambiente del Suelo

En una introducción a la microbiología del suelo es esencial considerar cuidadosamente la naturaleza del medio ambiente en el cual se encuentran los microorganismos. Las fuerzas que desempeñan algunas funciones en la dinámica de las poblaciones, así como los efectos de estas poblaciones sobre su medio ambiente, están determinadas en gran medida por las características físicas y químicas del suelo. Por lo tanto, a estas propiedades debe dirigirse inicialmente la atención.

El término suelo se refiere al material exterior, poco compacto de la superficie terrestre, un estrato característicamente diferente del lecho rocoso subyacente. Un cierto número de factores caracterizan esta región de la corteza terrestre. Es la región en la que se sustenta la vida vegetal y de la cual las plantas obtienen soporte mecánico y muchos de sus nutrientes. Químicamente, el suelo contiene una gran cantidad de sustancias orgánicas que no se encuentran en los estratos mas profundos. Para el microbiólogo, el medio ambiente edáfico es único en diferentes aspectos: contiene gran variedad de bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios; es uno de los sitios mas dinámicos en interacciones biológicas en la naturaleza, en el cual se realizan la mayor parte de las reacciones bioquímicas involucradas en la descomposición de materia orgánica, la intemperización de las rocas y la nutrición de cultivos agrícolas.

Descripción General del Suelo

El suelo está formado por cinco componentes principales: Materia mineral, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos. La cantidad de estos constituyentes no es la misma en todos los suelos sino que vaía con la localidad.

La cantidad de materia orgánica y mineral, que forman parte de la porción inanimada. Es relativamente fija en un determinado lugar sin embargo, la proporción de aire y agua varía. El aire y agua juntos representan aproximadamente la mitad del volumen del suelo; dicho volumen se denomina espacio poroso. La fracción mineral, que generalmente contribuye con poco menos de la mitad del volumen, se origina de la desintegración y descomposición de las rocas, modificándose con el transcurso del tiempo. Por lo general, la materia orgánica constituye del 3% al 6% del total.

La porción viviente del suelo (incluyendo varios animales pequeños y microorganismos) constituye menos del 1% del volumen total; aun así, esta porción es indudablemente esencial para la producción de cultivos y la fertilidad del suelo.

La porción inorgánica del suelo tiene un notable efecto sobre los habitantes microbianos, debido a su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes, aireación y retención de agua. En la fracción mineral se encuentran partículas de una gran variedad de tamaños, desde aquellas que son visibles al ojo humano hasta las partículas de arcilla que sólo pueden observarse con ayuda de un microscopio. Las diferentes unidades estructurales se clasifican con base en sus dimensiones. En el extremo superior se encuentran piedras y grava, materiales cuyos diámetros sobrepasan los 2.0mm. Las partículas de arena son un poco mas pequeñas ya que su diámetro es de 0.05 a 2.0 mm. Las estructuras cuyos diámetros se encuentran entre 0.002 y 0.05 mm se clasifican como limo, mientras que las de diámetro menor a 0.002 mm (2 μ m) se consideran como partículas de arcilla. Los diferentes tipos de partículas difieren entre sí por otras características, además de sus dimensiones. Por lo tanto, hay muchas mas unidades estructurales en un gramo de arcilla pura que en un gramo de limo y se encuentran mas partículas en un gramo de limo que una cantidad similar de arena. Sin embargo es de mayor importancia el hecho de que la arcilla expone una mayor área superficial por unidad de masa que las partículas mas grandes. (8)

Debido a que las propiedades químicas y las actividades de las partículas están relacionadas directamente con su área superficial, el estado de la arcilla como constituyente reactivo del suelo es bastante importante. Además, la fracción arcillosa es la que ejerce una mayor influencia en cuanto a sus efectos microbiológicos.

Los suelos donde predominan las partículas grandes presentan una textura gruesa y se denominan ligeros. Por el contrario, los suelos pesados tienen una textura fina y en ellos predominan las partículas pequeñas. Debe tenerse presente que la clasificación tiene un propósito que va mas allá de una simple subdivisión de nomenclaturas, debido a que la facilidad con la que un suelo puede ser trabajado, su aereación y sus relaciones de humedad consecuentemente su actividad biológica están determinadas en gran medida por su textura.

Un corte vertical en el suelo revela que éste presenta un perfil característico, en el cual hay varias capas horizontales que se conocen como horizontes. Aun el análisis más casual de dichas capas muestra que existen diferencias apreciables en su estructura, color y textura. Estos horizontes se usan para clasificar los suelos. (8)

Como regla general, el perfil está formado por tres principales capas: los horizontes A, B y C. además en los bosques puede existir un horizonte orgánico. Un perfil característico puede contener:

- a) una zona superficial delgada o gruesa de restos orgánicos en descomposición
- b) un horizonte inferior del cual se han eliminado algunos constituyentes inorgánicos durante el largo período de formación del suelo
- c) un horizonte de mayor profundidad, en el cual se depositan algunos constituyentes de las capas superiores
- d) un estrato de fondo, de composición semejante a la del material original a partir del cual se formó el suelo³

³ Ver Diagrama de horizontes corte

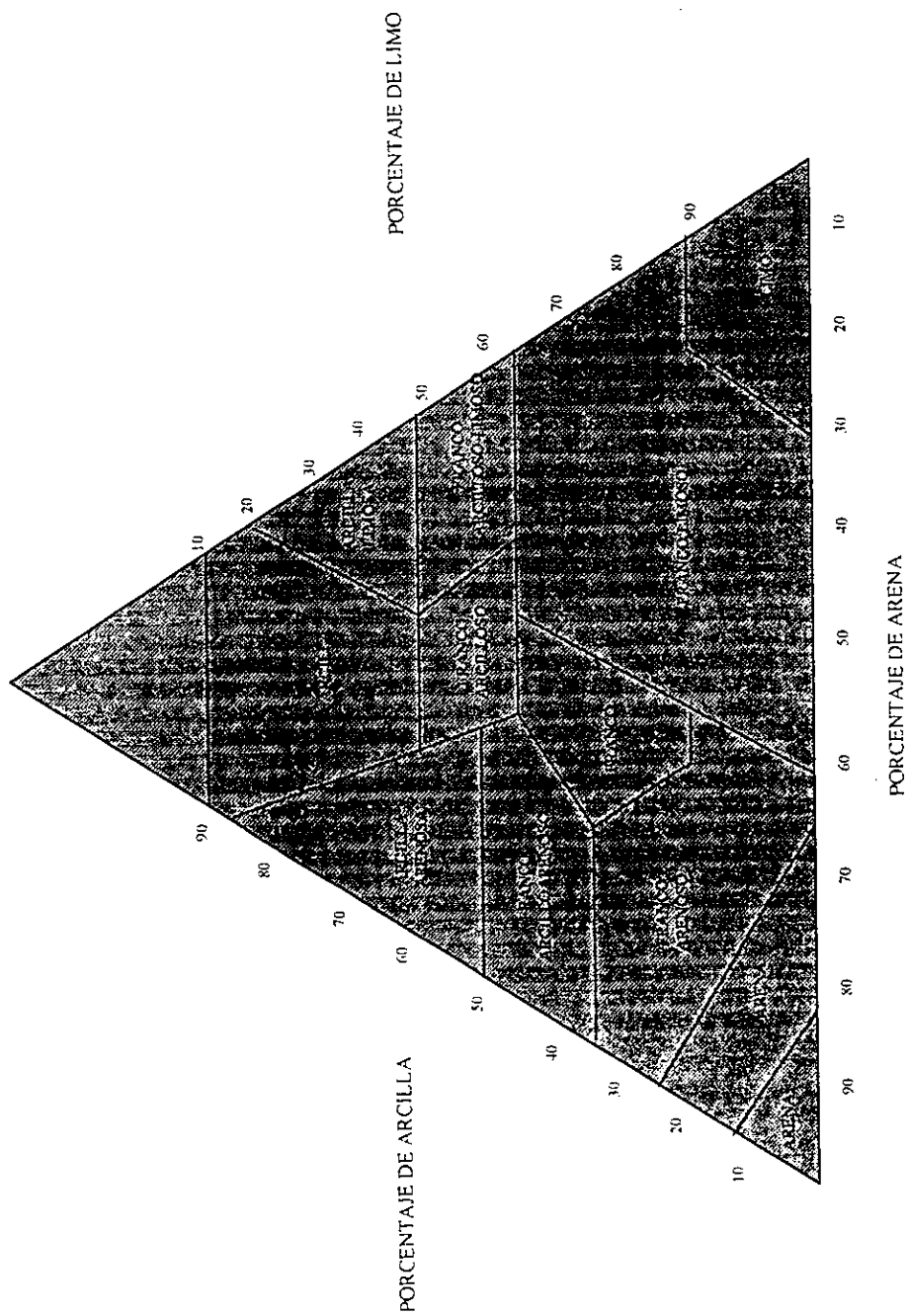


FIGURA 2 TRIANGULO DE TEXTURAS (8)

El estrato de residuos orgánicos es el horizonte O. El horizonte A es el suelo superficial y corresponde al estrato que está sujeto a una marcada lixiviación; es también la capa de mayor interés desde el punto de vista biológico, ya que en ella se encuentran en mayor densidad las raíces, animales pequeños y microorganismos. En esta zona la concentración de materia orgánica es muy alta, representando por lo tanto el principal depósito de nutrientes microbianos. El horizonte B, subsuelo subyacente al horizonte A, por lo general contiene una poca materia orgánica, unas cuantas raíces y una escasa microflora. En este horizonte se acumulan con frecuencia compuestos de hierro y aluminio. En la base del perfil se encuentra el horizonte C, capa que contiene el material parental del suelo. En este estrato, la materia orgánica está presente en cantidades muy pequeñas y se observan pocas formas de vida. (8)

No hay una descripción que caracterice adecuadamente la naturaleza de los perfiles del suelo como perfiles individuales y los horizontes difieren entre si en espesor, composición química, aereación, color, textura y relaciones de agua. Por lo tanto no es sorprendente que sustenten comunidades microbianas de diferente tamaño y actividad. Por lo general se enfoca la atención en la superficie del suelo, debido a que en este sitio la población es mas densa y la disponibilidad de los nutrientes es mayor; del mismo modo, los efectos benéficos o perjudiciales de la microflora sobre las plantas superiores son mas pronunciados en el horizonte A. Por otra parte, el subsuelo modifica las características del estrato superficial como hábitat para macro como para microorganismos.

Los materiales sólidos ocupan alrededor de la mitad del volumen del suelo; el resto lo constituyen poros llenos de aire y agua, ambos esenciales para la vida. La cantidad de espacio poroso depende de la estructura, el contenido de materia orgánica y la textura. En suelos arcillosos, los poros son generalmente pequeños. Por otra parte, en áreas arenosas los poros son grandes pero la cantidad total de espacio poroso es menor que en los suelos donde predominan las partículas finas. El tamaño de cada poro y el espacio poroso total afectan el movimiento y retención de agua; en suelos arenosos el agua se mueve rápidamente a través de los poros grandes pero se tiene poco. En suelos más pesados los numerosos microporos contribuyen a una mayor retención de agua. (8)

La porosidad de los suelos pesados es afectada por el estado de agregación; los agregados son unidades estructurales grandes, compuestas de partículas de limo y arcilla.

A diferencia de la arcilla, el limo y la arena, los agregados son estructuras transitorias cuya estabilidad varía con las prácticas de manejo del suelo, las condiciones meteorológicas, la actividad microbiana y otros factores. Su tamaño varía desde cuerpos grandes que se rompen fácilmente hasta gránulos pequeños de consistencia firme. Además de sus efectos sobre el movimiento de agua y aire (los que a su vez regulan las actividades de la microflora) los agregados son de interés desde el punto de vista microbiológico debido a que el material celular y las excreciones de bacterias, hongos y actinomicetos son factores que afectan la formación y la estabilidad de los gránulos.

Las relaciones de agua de los suelos y los efectos biológicos de la humedad se han estudiado bastante. En algunas regiones o durante ciertas épocas del año, el suelo está muy húmedo y hay demasiada agua para su actividad biológica óptima, mientras que en otras ocasiones el grado de humedad es bajo y los microorganismos son dañados. Debido a que el agua del suelo proviene de la precipitación atmosférica, el abastecimiento es muy variable y, como regla general en la naturaleza, hay marcadas fluctuaciones en el contenido de agua del suelo.

El agua que se mueve por la fuerza de gravedad se denomina agua libre o gravitacional, y se encuentra en los poros mas grandes del suelo, que frecuentemente están llenos de aire; es por ésto que agua gravitacional afecta directamente la aereación. Parte del agua se retiene contra la fuerza gravitacional como resultado de la atracción entre el agua y los otros constituyentes del suelo. No toda agua que llega al suelo es aprovechada biológicamente y sólo una parte de esta porción retenida en contra de la atracción gravitacional puede usarse por los sistemas vivientes. Aparentemente, los constituyentes abióticos del suelo compiten en forma efectiva con los microorganismos por el agua, lo que indica la gran capacidad de retención de los materiales inanimados.

La solución del suelo contiene un determinado número de sales inorgánicas pero, excepto en las regiones áridas, la solución está bastante diluida. La fase líquida es importante para la flora subterránea debido a que contiene varios nutrientes que ésta requiere.

Debido a que los materiales alimenticios necesarios se encuentran en la solución del suelo, el movimiento descendente del agua aleja de la zona de accesibilidad microbiana las sustancias esenciales para la proliferación; de esta manera, se pierden por lixiviación nitrógeno, potasio, magnesio, azufre y calcio, además de fósforo o materia orgánica en menor cantidad. La proporción y la magnitud de tales pérdidas son controladas por la cantidad de precipitación, la presencia y el tipo de vegetación y la textura del suelo. (8)

La aereación y la humedad se relacionan directamente debido a que la parte del espacio poroso que no contiene agua, está llena de gas. El aire se mueve en el interior de los poros que no contienen agua, la cual a su vez, desplaza al aire. Podría decirse que el gas que se encuentra en el perfil constituye la atmósfera del suelo. Esta atmósfera subterránea no es igual a la que rodea a la tierra ni a la de un punto que se encuentra a algunos centímetros de la superficie del suelo. Por lo general, las concentraciones de CO₂ sobrepasan el nivel atmosférico por un factor de diez a cien veces, pero el O₂ es menos abundante. La diferencia en la composición de la atmósfera subterránea y la atmósfera de la superficie se origina por la respiración de microorganismos y raíces vegetales, organismos vivos que consumen O₂ y liberan CO₂.

La difusión de gases tiende a modificar un poco este gradiente de concentración de manera que el contenido de O₂ y CO₂ está determinado tanto por el índice de difusión como por el índice de respiración. Como regla general, al aumentar la profundidad, disminuye el contenido de O₂ mientras que el nivel de CO₂ en la fase gaseosa aumenta. Debido a que el CO₂ y el O₂ son indispensables para el crecimiento de la microflora, los cambios en la atmósfera del suelo afectan el tamaño y las funciones de ésta. Por lo tanto, resulta interesante especular sobre la posibilidad de lograr un suelo bien aereado o (mas adecuadamente oxigenado). Un suelo bien aereado, desde el punto de vista microbiológico, es aquel en el que los procesos microbianos que requieren O₂ se llevan a cabo rápidamente.

Sin embargo es poco probable que el suelo esté siempre suficientemente bien aereado como para satisfacer a todos sus habitantes, debido al problema de transporte de gas en los poros pequeños y en los microambientes en que se encuentran los organismos. Por lo tanto, un suelo que está lo suficientemente aereado para el crecimiento de las plantas superiores no necesariamente contiene una concentración óptima de O₂ para la microflora.

En el extremo opuesto, una aereación inadecuada se relaciona con deficiencias en el drenaje e inundaciones. Debido a que los poros pequeños tienen una mayor afinidad por el agua que los poros más grandes, el estado de aereación de los suelos pesados, en los que predominan los microporos, frecuentemente es inadecuado, o sea que gran parte del volumen está ocupado por el líquido más que por gas, cuando el suministro de O_2 es inadecuado se reduce la velocidad de muchas transformaciones microbianas e incluso se eliminan algunos procesos. En hábitats deficientes en O_2 se inician nuevos procesos microbiológicos, algunos de los cuales pueden ser nocivos para el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, durante las épocas de deficiencia en O_2 se liberan N_2 o CH_4 , aparecen inhibidores orgánicos y se acumulan iones sulfuro, ferroso y manganeso.

Los microorganismos obtienen muchos de sus nutrientes de la porción inanimada del suelo por lo que se requiere considerar la composición química de este medio ambiente. Algunas especies obtienen carbono o nitrógeno de la atmósfera en forma de CO_2 , CH_4 o N_2 pero la mayor parte de estos dos elementos, así como el resto de los nutrientes microbianos se obtiene de la fase líquida o sólida del suelo. (8)

Un factor que debe considerarse en una discusión sobre abastecimiento de nutrientes es la extraordinaria capacidad de los suelos para retener iones. Los cationes (iones cargados positivamente) tales como NH_4 , K, Ca y Mg son extraídos de la solución por los minerales arcillosos, los cuales debido a su carga eléctrica negativa, atraen a los iones cargados positivamente. La materia orgánica del suelo también retiene cationes y su capacidad para extraer de la solución tales iones debe considerarse como la de las arcillas. De hecho, los coloides orgánicos son más activos que las arcillas en cuanto al intercambio iónico. Esta relación de iones positivos conduce a una importante característica del suelo, la del intercambio catiónico. En el intercambio de cationes, un ion de carga positiva que este cerca del complejo arcilloso es liberado y sustituido por un ion de otro tipo. El intercambio iónico está relacionado estrechamente con las transformaciones biológicas debido a sus efectos sobre la disponibilidad de nutrientes y la acidez del suelo.

Algunas de las sustancias inorgánicas que asimilan los microorganismos son aniónicas. Estos iones cargados negativamente están representados por bicarbonatos, nitratos, fosfatos, sulfatos y molibdatos. Sin embargo, el intercambio aniónico nunca es apreciable en el suelo por lo que es de poca importancia desde el punto de vista biológico.

De esta manera, el amonio se extrae fácilmente de la solución del suelo mientras que el nitrato, su forma oxidada, no es retenido fuertemente por los complejos coloidales.

La porción orgánica del suelo, con frecuencia denominado humus, es un producto de las actividades de síntesis y descomposición de la microflora. Es reserva alimenticia predominante debido a que contiene el carbono orgánico y el nitrógeno que se requiera para el desarrollo microbiano. La fracción orgánica resulta de especial interés ya que el humus es a la vez, un producto del metabolismo microbiano y una fuente de alimentos.

Cuando los restos de plantas y animales caen en el suelo se incorporan a él, son sujeto de descomposición; formándose de los residuos una variedad de productos. Conforme el material original y los productos iniciales continúan su descomposición, van convirtiéndose en compuestos orgánicos de color café o negro y en ese momento no queda ningún vestigio del material original. La fracción orgánica nativa se forma de dos fuentes: los restos vegetales originales que entran al suelo y los microorganismos del suelo mismo. Estos últimos actúan sobre los primeros y sintetizan protoplasma microbiano y nuevos compuestos que llegan a formar parte de la fracción orgánica. (8)

El humus existe en un estado dinámico: continuamente es degradado y reconstituido por los habitantes subterráneos a partir de los residuos de la vegetación del terreno. La descomposición provoca la pérdida de algunos compuestos carbonados y al mismo tiempo, se origina nuevo tejido microbiano. La tasa de la pérdida de carbono puede estar relacionada con la estructura y la fertilidad de un suelo; también refleja el nivel de actividad biológica.

En terrenos que no han sido perturbados, el contenido de materia orgánica permanece relativamente constante. La modificación del hábitat mediante el cultivo o las alteraciones en su aereación cambian el contenido de humus hasta que el equilibrio original entre la tasa de adiciones de carbono y la tasa de volatilización se restablezca

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5

MARCO LEGAL

5.1 Legislación Ambiental en Materia de Ecología

No es posible lograr un desarrollo sustentable si no se cuenta con una población sana. A su vez, la salud de la población es el resultado de múltiples interacciones físicas, biológicas, económicas, sociales y ambientales, de ahí que, si las condiciones en las que se encuentran estos factores son favorables, también lo será la salud de la población.

Es indiscutible que, bajo ciertas condiciones, los contaminantes del aire y suelo pueden representar un riesgo para la salud, por lo cual es necesario asumir una actitud prudente al respecto, a fin de evitar en lo posible la exposición prolongada a ellos. Se deriva entonces la necesidad de pugnar por reducir su volumen y tomar medidas efectivas ante contingencias.

También es importante estudiar el efecto que sobre la salud tienen los diferentes contaminantes y determinar los límites máximos permisibles para cada uno de ellos; ya que sólo de esta manera, pueden llegar a ser eficaces las medidas aplicables en caso de emergencia.

El proceso de descentralización de la gestión ambiental de nuestro país tiene su marco de referencia en la Ley General del equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente (LGEEPA). La cual establece la distribución de competencias en materia ambiental hacia los tres niveles de gobierno, diferencia atribuciones Federales, Estatales y Municipales y define responsabilidades en las que habrán de concurrir tanto el gobierno estatal, como las entidades federativas y los municipios. (9)

A través de la LGEEPA se han transferido de manera formal algunas competencias que anteriormente eran responsabilidad federal y actualmente son de carácter local (Artículo 5 y 6 de la LGEEPA). El gobierno federal en este caso tiene la responsabilidad de propiciar las condiciones necesarias para que los gobiernos estatales y municipales asuman dichas funciones en los hechos (Artículo 7 de la LGEEPA).

Las entidades federativas cuentan hoy en día con una Ley de Ecología que da sustento a su propia estructura administrativa en materia ambiental. Por su parte, muchos municipios del país están en proceso de integrar reglamentos. Sin embargo, las necesidades básicas de desarrollo que requieren urgentemente de solución tales como la dotación de agua potable, pavimentación, drenaje y alcantarillado, alumbrado público, abasto e impulso al crecimiento económico en general, han ubicado en segundo orden de prioridades los asuntos ecológicos. Aunado a esto, las experiencias de la política ambiental de los últimos 20 años se han acumulado principalmente en el nivel federal y no en el de los gobiernos estatales. (9)

Por lo anterior, las estructuras responsables de la administración del ambiente en dichas entidades son débiles y tienen grandes dificultades. Esto se observa en el hecho de que las inversiones más significativas y prioritarias de los presupuestos estatales y municipales se destinan a cubrir los rubros antes señalados, remitiendo a mediano y largo plazo las consideraciones de índole ambiental.

Dicha realidad no puede soslayarse, como tampoco puede ignorarse que los problemas de contaminación ambiental y deterioro de los recursos naturales en esas entidades amenazan sus posibilidades de desarrollo.

Las circunstancias descritas han obligado a diseñar mecanismos especiales para que, por una parte, las entidades con más posibilidad consoliden los esfuerzos realizados hasta la fecha para proteger al ambiente y por otra, se brinde apoyo especial a las entidades con mayores dificultades, acelerando el establecimiento de estructuras sólidas para la gestión ambiental. (9)

Esta información tiene el propósito de ubicar el presente estudio dentro del marco ambiental vigente.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

En diversos puntos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente se establecen las directrices y obligaciones en caso de accidentes de este tipo.

La restauración de sitios contaminados tiene sus bases legales dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y entre sus artículos que hacen mención al tema están los siguientes.

Según lo dispuesto en el Artículo 1

La Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- | | |
|--------------|--|
| Fracción III | La preservación, la restauración y el mejoramiento al ambiente. |
| Fracción V | El aprovechamiento sustentable, la preservación y en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas. |

Según lo dispuesto en el Artículo 3 para los efectos de esta Ley se entiende por:

- VI.- Contaminación: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico
- VII.- Contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.
- X.- Criterios Ecológicos: Los lineamientos obligatorios contenidos en la presente ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental.
- XXXIII. Restauración Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales

En el Artículo 98 se hace mención de la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo considerando los siguientes criterios:

- IV En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural.

- V. En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas y

- VI. La realización de las obras públicas o privadas que por si mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

El Artículo 134, en su capítulo IV,

- Fracción III Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales, incorporar técnicas y procedimientos para su rehuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes
- IV. La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas y considerar sus efectos sobre la salud humana a fin de prevenir los daños que pudieran ocasionar, y
- V. En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

En consideración al Artículo 136, fracción III.- Las alteraciones en el suelos que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación

Según lo dispuesto en el Artículo 151.- " En las autorizaciones para el establecimiento de confinamientos de residuos peligrosos, sólo se incluirán los residuos que no pueden ser técnica y económicamente sujetos de reuso, reciclamiento o destrucción térmica o físico química, y no se permitirá el confinamiento de residuos peligrosos en estado líquido"; y en el Artículo 152 BIS.-" Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, 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. (10)

Ecoplan del Estado de Oaxaca

El Ecoplan del Estado de Oaxaca se elaboró con el objeto de evitar o reducir los conflictos que se generan con el medio ambiente natural en el proceso de creación y desarrollo de los asentamientos humanos en el Estado. Considera los diagnósticos y pronósticos del medio natural y del socioeconómico, así como de las alteraciones al medio.

Dentro del Ecoplan de Oaxaca se contemplan las siguientes acciones ecológicas referidas al mejoramiento de la contaminación en el suelo.

Contaminación Ambiental

Sin llegar a ser Oaxaca un estado con grandes concentraciones de población que es donde generalmente se localizan los principales focos de contaminación ambiental, hay lugares donde se inicia esta problemática, generada por falta de previsión y control en cuanto al impacto ambiental, que el desarrollo tiene sobre el medio.

Contaminación de Suelos

Este problema se puede hacer extensivo a todos los importantes centros de población del Estado, que requerirán de adecuada localización de basureros y técnicas que permitan minimizar este tipo de contaminación, que además afecta a la atmósfera e imagen de los entornos

Áreas de Diagnóstico

Del análisis del comportamiento de las áreas detectadas, en relación a los efectos causados por las actividades humanas, las áreas de diagnóstico contempladas con el uso inadecuado del suelo comprenden áreas cuyo uso no es propio a las características naturales que se presentan. Ejemplo: explotación de zonas agrícolas en pendientes mayores de 15%, actividades pecuarias o forestales en zonas de uso agrícola óptimo, etc.

A este respecto, cabe mencionar el proyecto de Ley para Planeación y Producción Agropecuaria, como el instrumento legal para determinar el uso adecuado, indicando lo que se debe hacer en cada zona o terreno.

Alteraciones al Medio

En cuanto a lo que comprende a los suelos, de seguirse utilizando el sistema tradicional de depósito de residuos a cielo abierto en lugares no habilitados para este fin, el problema de contaminación en los suelos se agravará debido al incremento en los volúmenes de residuos; estos depósitos serán focos de infección que afectarán el aire, los cuerpos de agua y en general, la salud de la población por lo que se juzga necesario tomar las medidas pertinentes.

Recomendaciones Específicas

Se refiere a la interacción de los elementos naturales con los asentamientos y esto referido a los suelos, es necesario utilizar el suelo de acuerdo a su vocación y potencialidad natural como requisito fundamental para el uso racional y conservación de este recurso. Para lo cual se hacen las siguientes recomendaciones:

- Evitar la deforestación en terrenos con más de 20% de pendiente. Este parámetro deberá ser más estricto en zonas con precipitación pluvial superior a 1 500 mm. anuales o con promedio anual en velocidades del viento mayor de 10 m/seg.

- Analizar frecuentemente el grado de fertilidad de los suelos agrícolas y derivar acciones mejoramiento y conservación de los mismos.
- Revisar la estructura de los suelos en áreas agropecuarias y su capacidad de aereación y filtración.
- Conservar o restablecer la capa superior de suelo vegetal en áreas erosionadas, utilizando desechos orgánicos o composta.

Plan Nacional del Medio Ambiente

Frenar las tendencias de deterioro del medio ambiente, los ecosistemas y los recursos naturales y sentar bases para un proceso de restauración y recuperación ecológica que permita promover el desarrollo económico y social de México, con criterios de sustentabilidad.

En la misma Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, título segundo, capítulo I, sección I, artículo 46, el Sistema Nacional de Areas Protegidas (SINAP) establece nueve categorías de áreas protegidas, con fundamento en el artículo 48 de la Ley. Las categorías son las siguientes:

- Reservas de la Biósfera
- Parques Nacionales
- Monumentos Naturales
- Áreas de Protección de Recursos naturales
- Áreas de Protección de Flora y Fauna
- Santuarios
- Parques y Reservas Estatales
- Zonas de preservación ecológica de los centros del problema

5.2 Normatividad

El impacto y el riesgo ambiental, junto con el ordenamiento y la planeación ecológica, las NOM en materia de protección ambiental, el establecimiento de Areas Naturales Protegidas (ANP) y la educación ambiental son instrumentos de aplicación de la política ecológica de carácter preventivo. Existen otro tipo de instrumentos de control, eminentemente correctivos, expresados en los procedimientos de inspección y vigilancia, las sanciones administrativas y la denuncia popular.

La ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Título Sexto " Medidas de Control y de Seguridad y Sanciones", establece los sistemas que garantizan el cumplimiento de las normas, criterios y programas para la protección, defensa y restauración a través de ocho capítulos que incluyen respectivamente la observancia de la ley, la inspección y vigilancia, las medidas de seguridad, las sanciones administrativas, los recursos de inconformidad, los delitos del orden federal y la denuncia popular. (9)

Además de reconocerse en la ley la existencia de problemas ambientales, también se proponen mecanismos de prevención y solución, los cuales regulan el cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental y en su caso determinan acciones correctivas, y/o preventivas.

La aplicación de los mecanismos jurídicos antes mencionados requieren la suma de esfuerzos no solamente de la autoridad ambiental, sino también de la sociedad civil en general, ya que siendo todos integrantes de ésta, son potenciales protectores de la misma y se han establecido las bases legales para asegurar a la comunidad una participación activa en el cuidado y protección de su entorno y de los recursos que lo conforman.

La PFFA y El INE organismos operativos y descentralizados de la Semarnap, son las instancias encargadas del tutelaje del patrimonio ambiental y fiscalizadora del cumplimiento de la normatividad; de prevenir un uso menos irracional de los recursos naturales e instrumentar la aplicación de la ley.

5.3 Aspectos Legales

Se revisó la legislación vigente en México, leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas relacionadas con el tema. Se verificó la existencia de acuerdos publicados referentes a la descontaminación de suelos y mantos freáticos.

Paralelamente se realizó una revisión de las normas y criterios de calidad del suelo y del agua subterránea así como descontaminación de sitios en otros países.

De la revisión realizada se tiene que, en ningún reglamento ni Norma Oficial Mexicana se mencionan criterios para la evaluación de los suelos contaminados. Los únicos parámetros publicados se refieren a la definición de residuos peligrosos y en este caso no son aplicables dado que los suelos contaminados no pueden considerarse como residuos.

Para normar los niveles de contaminación por desechos peligrosos, el Instituto Nacional de Ecología es el organismo encargado de establecer los parámetros aceptables de contaminación y por ende, el encargado de establecer si un sitio está contaminado o no.

- El enfoque en este caso, consiste en la evaluación del sitio mediante el análisis de los riesgos específicos ocasionados por el Diesel derramado, este criterio lo utiliza la US-EPA (Hazardous Waste Land Treatment) y el estado de California.

CAPÍTULO 6

CAPÍTULO 6

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS EN ZONAS AFECTADAS

6.1. Consideraciones Generales

Una afectación ambiental es cualquier modificación al entorno natural o humano, o de alguno de sus elementos o condiciones, producida directa o indirectamente por toda clase de actividades humanas que sean susceptibles de modificar su calidad ambiental. Estas modificaciones pueden ser tanto positivas como negativas, y cabe la posibilidad de que sean provocadas tanto por fenómenos naturales, como por el hombre. Es así que en el ambiente en el cual se encuentra existen múltiples alteraciones, que van desde la simple transformación de paisaje hasta el cambio en las condiciones climáticas.

El escenario ambiental existente, se ha ido conformando a través de diferentes procesos, en los cuales los seres vivos han incidido de forma relevante y entre éstos el ser humano ha sido capaz de modificar el entorno en su beneficio.

Es evidente que el desarrollo de las poblaciones humanas viene ligado a un manejo de los recursos que no ha sido del todo adecuado, por lo cual hoy en día nos encontramos con una problemática ambiental que de forma directa está reflejándose en un decremento en la calidad de vida.

No obstante actualmente se están considerando en los aspectos de planeación las implicaciones ambientales, en el entendido que una actividad de desarrollo no tiene como objetivo el provocar afectaciones ambientales, sino por el contrario busca obtener el máximo beneficio para la sociedad involucrada, por lo que cualquier aspecto negativo debe ser modificado o minimizado con la finalidad de dar continuidad a los procesos naturales y así formar los cimientos del desarrollo sustentable.

La afectación ambiental que un proyecto o actividad en particular puede originar en una zona dada, depende, por una parte, de la vocación del uso del suelo y del nivel de deterioro original del área donde se ubique, así como del estado de desarrollo socioeconómico de la zona de influencia del mismo, y por otra de las características específicas del proceso a considerar.

En el caso del accidente bioquímico motivo del presente estudio, el cual se ubica en una zona de acotamiento y una zona de cultivo, no presenta degradación considerable, ya que solo se practican las actividades humanas necesarias para el desarrollo de la agricultura y la presencia de una carretera con alto flujo vehicular, entre otros, permite esperar una afectación grave en el sitio pero, mínima en el circundante medio físico biótico y abiótico.

La identificación de las probables afectaciones exige disponer de un buen conocimiento de las condiciones de la actividad realizada (en este caso específico, de las características y condiciones en que ocurrió el derrame accidental de diesel, así como del medio ambiente receptor del mismo.

Una buena identificación de afectaciones no se limita sólo a un trabajo de gabinete técnico; requiere sobre todo hacer inspecciones "in situ" y trabajos de campo en general, así como la realización en lo posible, de encuestas y consultas a otros órganos de la Administración Pública Federal, a entidades representativas y a la población afectada.

En la identificación es fundamental seguir una sistemática adecuada. Por ello, son de gran utilidad las matrices de afectación y las listas de chequeo, ya que facilitan un análisis pormenorizado y sistemático de las posibles afectaciones.

Las *matrices de impacto/afectación* son cuadros de doble entrada en los que las filas (o columnas) relacionan los **factores o características del medio** que pueden ser afectadas o impactadas, y las columnas (o filas) detallan las **actividades** y características de los proyectos que pueden incidir desfavorablemente sobre la calidad del entorno.

El análisis de las intersecciones entre columnas y filas, ayudará a identificar los posibles impactos, así como el grado de afectación que éstos representan para el entorno, además permiten ver de manera clara la relación causa-efecto que impera en un determinado impacto.

La más conocida y pionera de estas matrices es la Matriz de Leopold, establecida a principios de los setentas por el Servicio Geológico de E.U.A. como guía para los estudios de afectación ambiental. El número de columnas de la Matriz de Leopold es de 88 y el de filas 100, por lo que dicha matriz permite estudiar 8,800 interacciones, sin embargo en proyectos concretos serán muy inferiores las significativas y generalmente sólo unas cuantas las importantes.

No obstante, antes de comenzar a trabajar con ella, se debe comprobar que contiene todos los aspectos del problema en cuestión y del medio ambiente receptor del incidente y en su caso, complementarla con aspectos y características especiales del medio ambiente concreto que no estén contemplados en ella.

Las *listas de chequeo* tienen posibilidades analíticas más limitadas que las matrices, pero son más sencillas de usar, sin necesidad de un conocimiento profundo de la problemática ambiental. En muchos casos estas listas pueden cubrir todas las características del proyecto estudiado, pero en otros deben ser completadas y modificadas o acopladas a las características específicas de cada proyecto, como ya se ha dicho antes para las matrices de afectación.

Se debe tener presente también que tanto las matrices como las listas de chequeo, no suelen relacionar más que los efectos directos y algunos de los derivados, pero no pueden dar todos los efectos inducidos y finales, por lo que, identificados los afectaciones directas significativas, es necesario también analizar las interrelaciones y sus consecuencias, así como aquellas resultantes del efecto acumulativo de los mismas.

Usualmente, la identificación se realiza para cada alternativa y cada fase del mismo proyecto, tales como: selección del sitio, preparación del terreno, construcción, operación, mantenimiento, y abandono del sitio, así como para las actividades conexas del proyecto en turno. No obstante, dadas las características particulares que acompañan al presente estudio, no existen las etapas o fases antes citadas, por lo que únicamente se considera el derrame de diesel como un evento aislado, interactuando con los diversos componentes del medio circundante.

La identificación debe realizarse en una secuencia lógica de investigación en los sectores: medio físico, estético, biológico, ecológico y medio socioeconómico, procurando seguir la relación causa-efecto de los impactos: afectación sobre el medio físico y estético, impactos derivados sobre los otros medios e impactos directos sobre el medio ambiente biológico y sobre el socioeconómico y sus efectos revertidos y cruzados. En estos análisis es fundamental la intuición y experiencia del especialista en cada sector analizado.

En el presente estudio se ha utilizado básicamente el método matricial desarrollado por Leopold (1977), desarrollando una matriz ad-hoc en la que se incluyen las interacciones relevantes presentes, en el contexto de la zona, por otra parte se desarrollaron listas de verificación a través de la integración de información obtenida de proyectos similares.

Se eligieron estas técnicas por las ventajas que ofrecen al permitir disminuir o aumentar las características ambientales o las acciones según las necesidades del proyecto a evaluar, además de ser un excelente método para identificar gráficamente las acciones que deben ser objeto de mayor atención.

Para la identificación y descripción de las afectaciones ambientales ocasionadas por el derrame mencionado, se siguieron los pasos que a continuación se describen:

- Se realizó una investigación de la información bibliográfica especializada en impactos ambientales en proyectos relacionados con el transporte de productos químicos tóxicos.

Con base en la información obtenida a lo largo de este estudio, y una vez realizadas las verificaciones de campo necesarias, se procedió a describir cualitativamente las afectaciones ambientales que fueron generadas por el derrame de diesel en cuestión, precisando qué componentes ambientales resultaron afectados.

- Tras la identificación de las interacciones, se procedió a identificar las medidas de atenuación y compensación, según el caso, que se describirán más adelante.

6.2. Componentes del Proyecto

La siguiente tabla muestra la selección de los componentes del proyecto, lo que representa el primer paso para la identificación de afectaciones ambientales.

Lista de verificación para la selección de componentes. Etapa única (derrame de diesel)

ETAPA DE DERRAME ACCIDENTAL DE DIESEL	• UBICACIÓN FÍSICA DEL PREDIO AFECTADO	• km. 52+000 de la Carretera México-C.D, Cuauhtémoc, municipio de Tlacolula localidad de Santiago Matatlán, Estado de Oaxaca.
	• GRADO DE URBANIZACIÓN DEL AREA	• Los terrenos afectados están dentro de un área federal-privada, del municipio de Tlacolula localidad de Santiago Matatlán, la zona privada es considerada como zona de cultivo.
	• VOLUMEN DERRAMADO	• 29,000 litros de diesel.
	• SUPERFICIE AFECTADA	• 1,200 m ²
	• USO ACTUAL DEL SUELO	• Zona federal correspondiente al acotamiento de la carretera y zona de cultivo.
	• COLINDANCIAS DEL PREDIO	• Los predios afectados colindan con terrenos de vocación agrícola y con la carretera.
	• SITUACION LEGAL DEL PREDIO	• Zona federal y propiedad privada.
	• VIAS DE ACCESO	• La forma más común de llegar al sitio, es a través de la carretera México-C.D. Cuauhtémoc, la cual es transitable todo el año y se encuentra en buen estado.
	• RÍOS O ARROYOS CERCANOS	• No existen arroyos o ríos cercanos.

6.3. Identificación de Afectaciones Ambientales

6.3.1. Matriz de Identificación

La identificación de afectaciones ambientales utilizando una matriz, permite hacer una evaluación cualitativa del proyecto. Mediante la interpretación de cada interacción que se forma entre las actividades que componen el proyecto y los aspectos del medio natural y socioeconómicos en que se desarrolla la obra, se puede establecer si es necesario o no implementar medidas de mitigación.

Por otro lado esta técnica nos permite tener una visión integral de la problemática ambiental, ya que se incluyen todas las acciones propias del proyecto y los factores ambientales que están involucrados; solo se consideraron interacciones relevantes, tomando en cuenta el sentido adverso o benéfico de las acciones, por lo que las matrices que se presentan en este estudio son reducidas (cribadas) con la finalidad de tener una mejor visión de los factores interactuantes.

En la siguiente matriz se utiliza una simbología con base en letras, sólo considerando si la interacción es adversa o benéfica. En la matriz se considera el análisis de una actividad particular del proyecto sobre cada uno de los factores ambientales analizados.

En la matriz se identifican los siguientes impactos:

- A Adverso significativo que puede ser mitigado
- A Adversas significativo que no puede ser mitigado
- a Adverso poco significativo que puede ser mitigado
- a Adverso poco significativo que no puede ser mitigado

Matriz parcial de afectaciones ambientales provocadas por el derrame accidental de diesel.

ATRIBUTOS	ACTIVIDAD	
	DERRAME DE DIESEL	
Agua superficial	--	
Agua subterránea	--	
Suelo	A	
Subsuelo	--	
Flora	a	
Fauna	a	
Aire	--	
Paisaje	a	
Tráfico	a	
Medio Socioeconómico	a	

6.5. Descripción de las Afectaciones Ambientales Identificadas

En este apartado se describen las afectaciones ambientales identificadas, según la secuencia en la que se desarrolló la actividad.

Etapa única (derrame accidental de diesel en el predio).

El derrame de cualquier producto químico en general, dependiendo de sus características químicas, cantidad y concentración, así como las características del sitio afectado, producen alteraciones graves al equilibrio ecológico del medio ambiente del sitio en el que tiene lugar dicho derrame.

En términos generales, se puede considerar que se presenta un gran número de afectaciones negativas, la mayoría de las cuales son mitigables.

En el caso específico de este estudio, es importante hacer énfasis en los siguientes hechos:

Los predios afectados son: uno de acotamiento y el otro de cultivo, encontrándose este último, al momento del derrame; en espera de cosecha.

Las afectaciones identificadas son las siguientes:

Se identificó un impacto adverso significativo debido a que el derrame afectó a los predios, en que quedó impregnado (modificando sus características edafológicas), en un área total aproximada de 1,200 m² y un volumen aproximado de 1,394 m³, distribuidos de la siguiente manera:

ZONA	AREA (m ²)	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN (m ³)
A	562.5	1.15	646.87
B	562.5	1.15	646.87
C	75	1.35	100
TOTAL	1,200	---	1,394

El derrame de diesel en los terrenos afectados provocó una modificación de las características fisicoquímicas del suelo.

Debido a que el diesel derramado ya no es recuperable, el suelo impregnado con diesel se considera técnicamente como un residuo. Esto conlleva necesariamente a considerar el derrame con respecto a este rubro, como una afectación adversa significativa.

Debido a la presencia de material impermeable, no se identifica una afectación al subsuelo y aguas subterráneas.

Se encontró un impacto adverso a la vegetación del lugar puesto que resultaron dañados aproximadamente 11.96 m con cultivo.

A futuro, se prevé una afectación adversa puesto que el derrame representará inhibición en el crecimiento de la vegetación.

En lo relativo a la fauna que pudiera encontrarse presente al momento del derrame, tales como ratones y reptiles de campo e insectos que construyen sus madrigueras en el suelo; se identifica un impacto directo adverso poco significativo.

Se aprecia un impacto adverso poco significativo para el desplazamiento habitual de la fauna a través del terreno pues el hecho de que éste se encuentre impregnado con diesel constituyó un efecto barrera para el desplazamiento habitual de la fauna a través del terreno.

La emisión contaminante de vapores a la atmósfera, fue mínima, por lo que la posible afectación a la calidad del aire se evalúa como un impacto poco significativo de carácter temporal.

El derrame modificó temporalmente la armonía visual de la región, ya que los predios afectados mostraban una superficie apreciable de terreno, de visible color oscuro. Por lo que en este aspecto se afectó en forma parcial y temporal el paisaje de la región, constituyendo un impacto adverso no significativo.

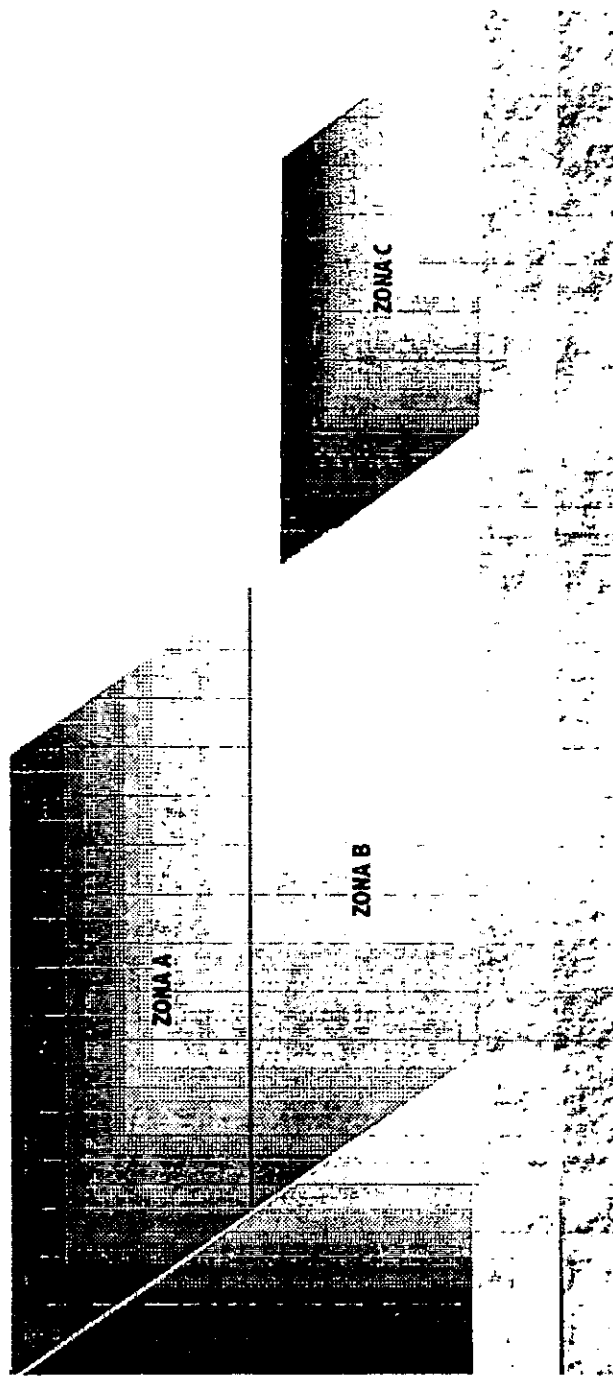
El autotank que transportaba el diesel quedó inutilizado al perder el control, después del choque con el camión de pasajeros y tuvo como consecuencia con lo que el tráfico por la carretera se vio afectado temporalmente.

El impacto socioeconómico por el derrame analizado es adverso y significativo debido a que representa pérdidas tanto para la empresa transportista, así como para el propietario del terreno ya que puede representar la pérdida de los próximos cultivos programados, debido a la presencia del contaminante en el suelo de cultivo.

En lo relativo al Agua Superficial se considera que no hubo impacto, debido a que el derrame de diesel no afectó, en ninguna forma las características fisicoquímicas del agua⁴.

⁴ Ver Diagramas de Zonas Afectadas

FIGURA 3 CROQUIS DE UBICACION DE LAS ZONAS AFECTADAS



PROFUNDIDAD

ZONA A ACOTAMIENTO DE LA CARRETERA	1.15 m
ZONA B TIERRA DE CULTIVO	1.15 m
ZONA C TIERRA DE CULTIVO	1.35 m

DETERMINACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL

Para llevar al cabo la determinación de la tecnología en este caso fue necesario conocer las características particulares del contaminante, la cantidad que fue derramada, el volumen de suelo contaminado y el escenario del sitio a restaurar.

Las alternativas tecnológicas existentes para solucionar el problema de contaminación de suelos son las siguientes:

- Confinamiento del material contaminado.
- Tratamiento físico y/o químico del suelo contaminado hasta alcanzar la recuperación del contaminante, en este caso Diesel.
- Bio-Remediación in-situ, la cual consiste en crear un medio apropiado para la adaptación bacterias especiales que serán capaces de degradar el contaminante.

Para tomar una decisión respecto a la ruta tecnológica que ha de utilizarse, es necesario analizar las ventajas y desventajas de las alternativas existentes, tanto técnica como económicamente, a continuación se presenta un análisis comparativo entre la primera y la última de las opciones anteriores.

TABLA DE ANÁLISIS COMPARATIVO.

OPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
A	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> El material contaminado se retira relativamente rápido 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> No soluciona el problema de contaminación, solo cambia de lugar el material <input checked="" type="checkbox"/> Se debe retirar la parte fértil del suelo, el cual debe ser restituido con tierra de préstamo de otros lugares. Origina, de tal forma impactos por erosión <input checked="" type="checkbox"/> Debido al volumen que se requiere manejar, el costo de esta opción es elevado
B	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> El material permanece en su sitio <input checked="" type="checkbox"/> Debido a que el contaminante se descompone es una solución real al problema de la contaminación <input checked="" type="checkbox"/> Se devuelven a los terrenos sus condiciones normales <input checked="" type="checkbox"/> Los equipos a utilizar (tractores, sistemas de riego) y los puntos a realizar (rastreo, riego), están en consonancia con la actividad agrícola que se desarrolla <input checked="" type="checkbox"/> No representan riesgos para el personal, flora o fauna <input checked="" type="checkbox"/> Puede llevarse a cabo sin grandes movimientos de tierra que pudieran afectar a suelos o la calidad de aire <input checked="" type="checkbox"/> Comparativamente, su costo es muy inferior al del confinamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Es una técnica que requiere de un tiempo relativamente largo para su realización

Del cuadro anterior se determinó aplicar la opción de Bio-Remedioación "in-situ", que resulta ser una tecnología ambientalmente factible

CAPÍTULO 7

CAPÍTULO 7

METODOLOGIA

7.1 Generalidades

Una vez realizada la evaluación del área y de los recursos naturales contaminados; la bio-remediación "in situ" comprende las siguientes

- Preparación física del terreno
- Preparación química de la tierra contaminada
- Crecimiento de microorganismos

a) Preparación física del terreno

El objetivo de esta actividad es el de lograr condiciones apropiadas para un óptimo desarrollo de la actividad biológica de los microorganismos.

La preparación física consiste en remover, aerear y humidificar el terreno contaminado, ya que representa una de las partes mas importantes en la bio-remediación.

Apyándose en los estudios geológicos y de mecánica de suelos previamente realizados, se pueden conocer los distintos estratos del suelo presentes en la zona. La existencia de capas impermeables en el suelo determina la necesidad de retirar los materiales contaminados y colocarlos sobre un plástico resistente (linner calibre 600) sobre el cual se llevan a cabo las maniobras necesarias para la bio-remediación.

Existen varios pasos necesarios a seguir para lograr la Bio-remediación y son:

- Aereación y Humidificación
- Incorporación de Aditivos
- Inoculación

Aereación y Humidificación

La aereación y humidificación son etapas importantes en la bio-remediación.

La aereación consiste en permitir el contacto con el aire de toda la tierra contaminada, lo cual implica realizar periódicamente movimientos, de tal manera que la parte inferior pase a la superficie constantemente. Esta actividad prepara el terreno para la incorporación y adecuada impregnación de aditivos y bacteria.

La degradación realizada por la bacteria es una actividad aerobia, que requiere del oxígeno para que el funcionamiento sea adecuado; condiciones anaerobias disminuyen considerablemente su desarrollo y actividad.

La humidificación del suelo permite la subsistencia de la bacteria y su actividad degradante. La falta de humedad puede generar su inactivación.

La humidificación se puede llevar a cabo mediante sistemas de riego por aspersión impulsado con bomba de pistón de combustión interna o con bombas centrífugas en este caso específico se realizó con bomba centrífuga eléctrica.

La aereación se puede realizar en forma manual mediante paleo o bien en forma mecánica con equipos como retroexcavadora, tractor agrícola o inclusive sistemas de inyección de aire, en este caso específico se efectuó con Motocultor Chino.

Incorporación de Aditivos

Para lograr un ambiente adecuado y que la bacteria desarrolle su actividad degradativa se requiere de una preparación previa del terreno mediante la incorporación de aditivos.

Los aditivos son sustancias químicas que cumplen diferentes funciones en la Bio-remediación y que para fines de estudio pueden dividirse en tres grupos:

- Emulsionantes
- Oxidantes
- Nutrientes

La incorporación de aditivos se realiza mediante riego y a las concentraciones adecuadas previamente establecidas para cada caso.

Emulsionantes

Este aditivo es el compuesto tensoactivo que permite la emulsificación del hidrocarburo, lo hace soluble en agua y de esta forma permite que la bacteria pueda penetrar fácilmente en el contaminante.

Los emulsionantes utilizados siempre deben ser compuestos biodegradables

Oxidantes

Los oxidantes, tienen la función de eliminar bacterias o microorganismos nativos que pudieran competir o dañar a la bacteria degradante, de esta forma se propicia un ambiente adecuado para su desarrollo; también son capaces de oxidar y romper algunas de las moléculas de los compuestos orgánicos del hidrocarburos, para que de esta manera la bacteria pueda degradarlo con mayor facilidad.

Nutrientes

Los nutrientes son principalmente nitratos que sirven para el desarrollo adecuado de la bacteria y son esenciales en la preparación para la inoculación. Los nutrientes, que servirán de preparación para la inoculación de la bacteria, se agregan después de haber adicionado los emulsionantes y oxidantes.

Inoculación de Microorganismos

Esta actividad representa la parte sustantiva de la Bio-remediación, ya que consiste en la adición de la bacteria al suelo contaminado y previamente preparado con los aditivos. La bacteria se puede adicionar mediante riego y en las condiciones apropiadas para el grado de contaminación en cada área y de las características del medio.

Debido a la complejidad del suelo a remediar, la inoculación se lleva a cabo después de la adición de emulsionante, para obtener una mayor actividad degradante y evitar que el hidrocarburo emulsionado penetre las capas permeables del suelo y se infiltre aún más.

Características físicas del sitio

Los rasgos del sitio juegan un papel clave en la determinación de la efectividad de la bio-restauración, ya que aquí se especifican concretamente las condiciones en las cuales se va a trabajar, esto es:

permeabilidad del suelo, clima, temperatura, pendiente de terreno, uso del suelo, composición química etc.

Finalmente para llevar a cabo el análisis de saneamiento se requiere tomar en cuenta los siguientes puntos:

Durante la bio-restauración, se deben realizar constantemente análisis del parámetro contaminante del suelo en tratamiento.

Las muestras se recolectan en recipientes inertes; etiquetados con los datos de campo correspondientes, tales como número de muestra, punto de muestreo, fecha etc., los frascos de las muestras se depositan en un contenedor de plástico para su transportación al laboratorio.

Además, se toman muestras testigo en los terrenos colindantes para su comparación.

Certificación

Una vez terminados los trabajos de bio-remediación, se tomaran nuevas muestras representativas de los suelos, para realizar los análisis correspondientes y se dictamina el grado de descontaminación del suelo.

Mejoramiento de los suelos

Una vez lograda la remediación Biológica se agrega a los suelos agrícolas abono natural, y nutrientes para mejorar la carga orgánica del terreno.

Redistribución de tierras

Terminado el proceso de Bio-remediación de los terrenos y la incorporación, en su caso, de los mejoradores del suelo, se procede a distribuir la tierra en forma uniforme en los predios, procurando nivelarla para dejarla en las mismas condiciones en las que se encontraba en un principio.

7.2 Muestreo, Análisis y Remoción de Suelo Contaminado

Muestreo de Suelo

Para iniciar los trabajos, se delimitaron las áreas contaminadas mediante la determinación de concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) en los suelos presuntamente contaminados.

Los muestreos de suelo se llevaron a cabo, haciendo pozos de monitoreo a profundidades de primero 10 cm y luego de 30 cm, 50 cm, hasta 1.5 m, en puntos referidos a los terrenos afectados por el derrame y escurrimiento de diesel.

7.3 Remoción de Suelo Contaminado

Remoción y limpieza de tierra contaminada

Se realizó la excavación y remoción de la tierra de las tres áreas identificadas como zonas A, B y C, dentro de las cuales se pudieron apreciar físicamente grandes charcos de Diesel con agua, los cuales se recolectaron posteriormente en recipientes de plástico; la tierra removida se junto y depósito sobre linner de calibre 600, junto con la tierra que se encontraba al pie de la carretera.

Una vez terminada la remoción de tierra contaminada, se adicionó un emulsionante exclusivamente a las zonas donde se encontraba visiblemente mayor cantidad de contaminante.

Terminada esta etapa, se adicionó un volumen de agua mayor, para estar seguros que efectivamente no quedara nada de hidrocarburos; de lo contrario el poco diesel que saliera con el aumento de agua, sería recolectado en trampas.

Una vez realizado lo anterior, el diesel recolectado en las trampas de aceite se depositó en un recipiente plástico de 70 litros.

En esta etapa de limpieza los trabajos se realizaron manualmente, utilizando como materiales palas, picos, carretillas, cubetas, cepillos y equipo de protección personal.

Una vez finalizada la limpieza superficial del área, se realizaron los análisis fisicoquímicos que permiten determinar hasta qué profundidad llegó el contaminante y en su caso certificar el límite del mismo.

El trabajo realizado en las áreas "A", "B" y "C", se hizo con maquinaria agrícola específicamente con una retroexcavadora y un motocultor chino, así como con dos equipos de riego y aspersión, además de un sistema de aereación específico para este proyecto.

7.4 Proceso de Bio-remediación

Aereación y Humidificación

En esta etapa se procedió a establecer movimientos constantes de tierra contaminada a los terrenos por medio del motocultor chino, así como la utilización del riego por aspersión que proporcionaba el agua por bombeo directo para la humidificación de las zonas.

Incorporación de Aditivos

Se realizó la incorporación de los aditivos que consistió en la adición de Deep-Treat 5%, Meta-Boost 0.1%, Nitro-Boost y Deaorb-A 2%, al suelo contaminado de las zonas a concentraciones adecuadas.

La incorporación de estos aditivos permitieron el desarrollo adecuado de la bacteria y fueron esenciales en la preparación para la inoculación.

El mezclado se logró por medio de maquinaria agrícola para el rastreo y surcado en las zonas, y manual con picos y palas para el trabajo continuo.

Inoculación de la Bacteria

Después de haber realizado la preparación de los predios afectados con los aditivos, se procedió a la adición de la bacteria al suelo contaminado, la cual fue proporcionada mediante riego y ésta permitió la degradación del contaminante, mediante condiciones apropiadas para cada área

Remoción de tierra

Una vez adicionada la bacteria, se humidificó, se zarcó y se rastreó la tierra con el fin de que la bacteria proliferara y degradará con mayor facilidad al hidrocarburo existente.

Monitoreo de Suelos

Para asegurar la descontaminación, el monitoreo de suelo fue realizado constantemente por medio de análisis de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) y conteo de placa del suelo en tratamiento.

Estas muestras compuestas fueron recolectadas por medio de bolsas de plástico y frascos de rosca para todas las zonas, enviándose al laboratorio, para su análisis.

7.5 Análisis y certificación

Los análisis para la certificación de la bio-remediación se llevaron al cabo con personal del Laboratorio que cuenta con acreditación del Sistema Nacional de Laboratorios de Prueba (SINALP). Para lo anterior, se recabaron muestras compuestas del material descontaminado y una muestra representativa del suelo no contaminado de las diferentes zonas.

7.6 Nivelación

Una vez corroborada la efectividad de la bio-remediación, se procedió a la adición de abono orgánico, todo ello como nutriente para proporcionar la regeneración biológica del suelo. La tierra quedó depositada en el sitio original y el suelo apto para el desarrollo y cultivo de maíz⁵.

⁵ Ver Diagramas de Tratamiento

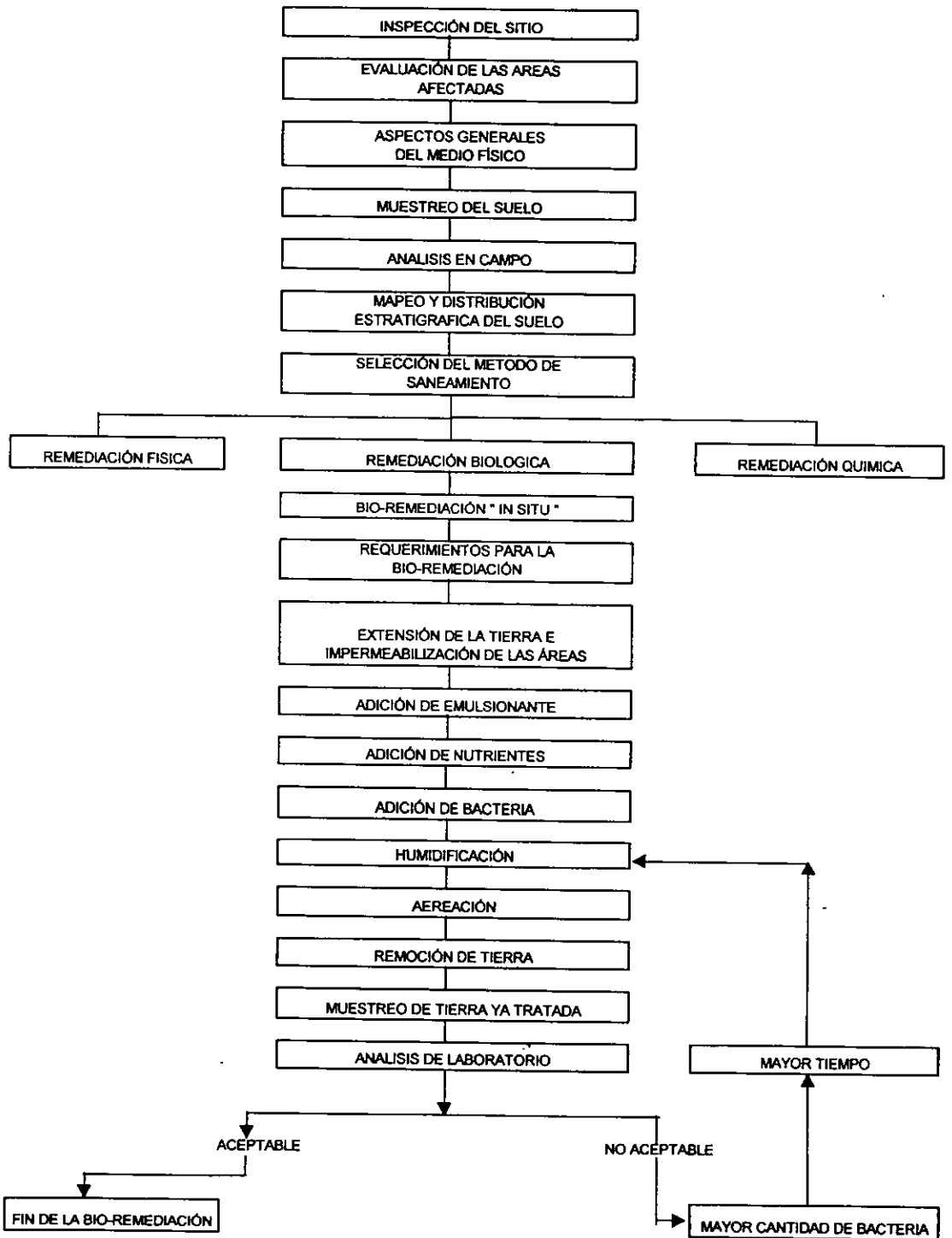


DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA BIO-REMEDIACIÓN



Laguna de monitoreo a 1.35m de profundidad



Laguna de monitoreo zona B



Emanación de Diesel a 40 cm de profundidad, zona C.



Muestra de Diesel en suelo



Recuperación de Diesel



Extracción de Diesel



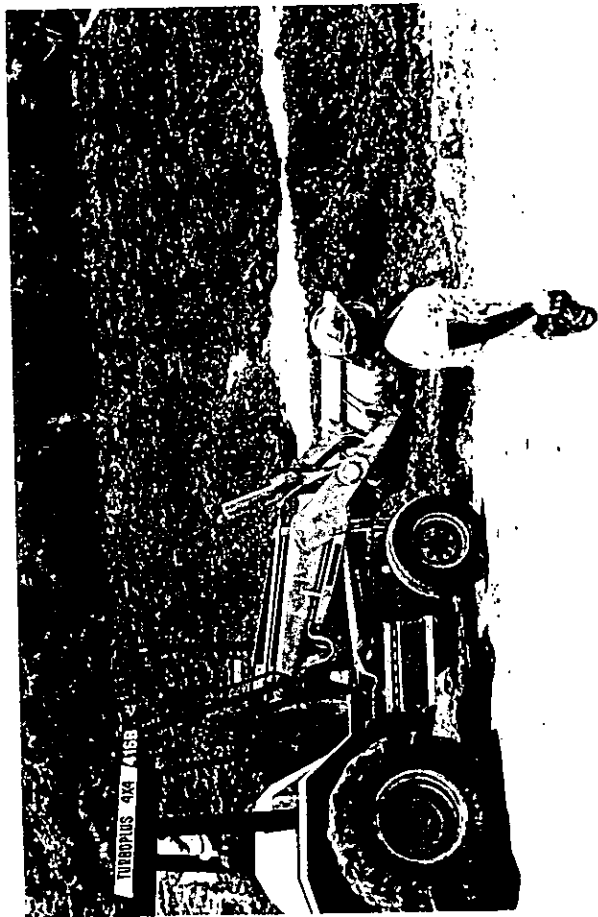
Tanque con bacteria *Pseudomonas*



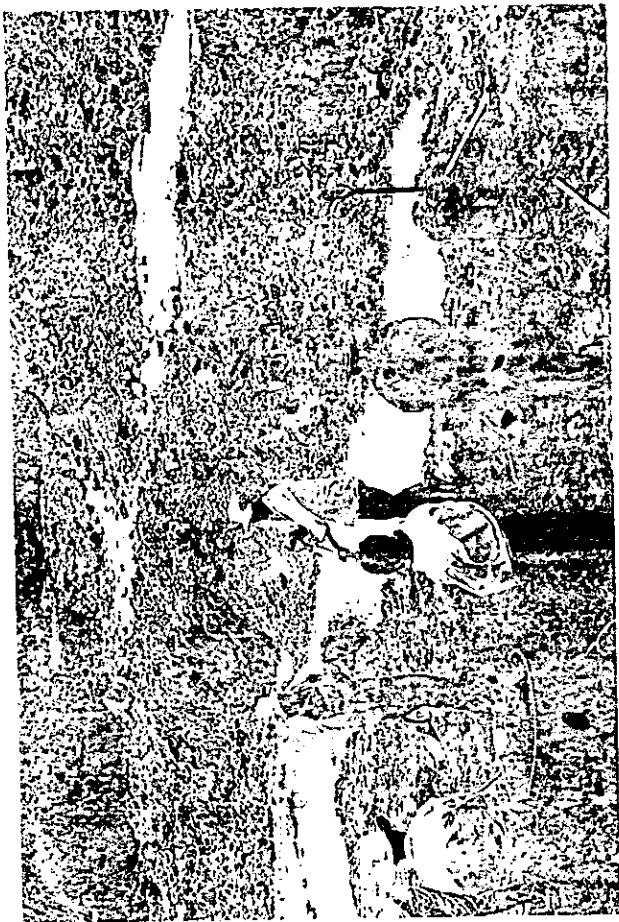
Tanque con bacteria *Pseudomona*



Remoción de tierra contaminada con Diesel



Remoción de tierra contaminada con Diesel en la zona B.



Nivelación de tierra ya tratada

CAPÍTULO 8

FALTAN PAGINAS

De la: **113**

A la: **115**

CAPÍTULO 8

RESULTADOS

Conforme a los resultados del análisis de las muestras, se puede concluir que los suelos tratados actualmente, ya no contienen concentraciones significativas de hidrocarburo, por lo que tampoco pueden ser considerados como materiales o residuos peligrosos.

Los análisis presentaron valores que conforme a los criterios de la E.P.A., se encuentran dentro de los límites permisibles, por lo cual se dio por concluida la fase de bio-remediación.

El criterio de Restauración ambiental para considerar como ambientalmente restaurado el suelo contaminado con diesel; se considera de acuerdo al criterio de limpieza para suelo contaminado (Cleanup Criteria for Contaminated Soil and Groudwater) elaborados por la Comisión Ambiental del ASTM en los Estados Unidos de Norteamérica, en lo referente a los límites de Hidrocarburos Totales de Petróleo, TPH'S por sus siglas en inglés.

En el (Cleanup Criteria for Contaminated Soil and Groundwater) se encuentran los siguientes criterios de limpieza para TPH's en suelos:

ESTADO	TPH'S	OBSERVACIONES
Delaware	1000 ppm	Para los suelos contaminados con Diesel, los niveles de limpieza generalmente son menores o iguales a 1000 ppm medidos como TPH's.
Massachusetts	500 ppm	Para suelo clasificado como S-1, que corresponde a suelos de fácil acceso

Por lo anterior y considerando también el uso actual del terreno contaminado que corresponde al acotamiento de la carretera, se propone utilizar como criterio de limpieza el establecido en el Estado de Massachusetts de 500 ppm de TPH's⁶.

⁶ Ver Graficas y Tablas de Resultados

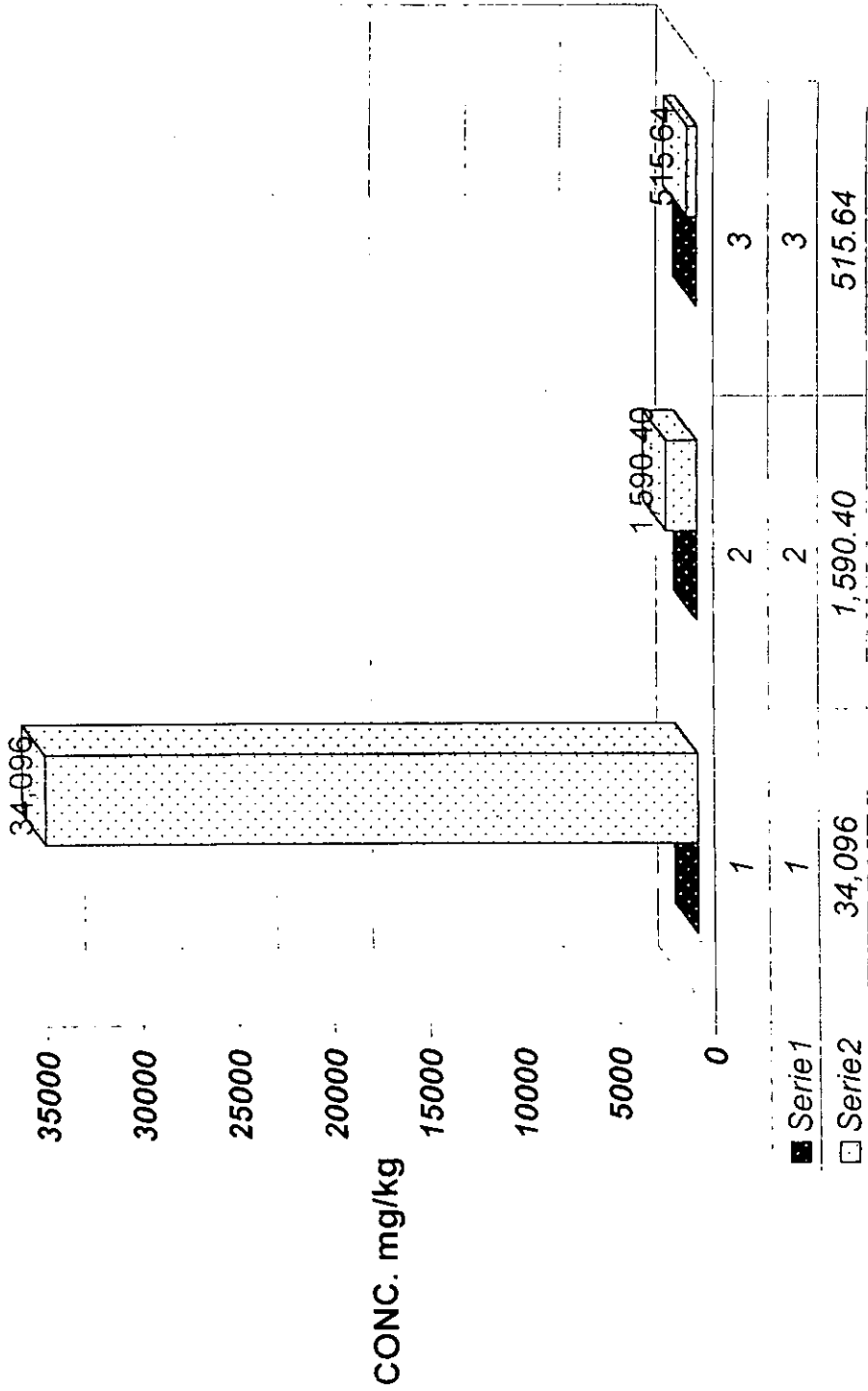
TABLA DE RESULTADOS

Análisis por Espectrofotometría Infrarroja	Análisis 1	Análisis 2	Análisis 3
Hidrocarburos Totales de Petróleo Recuperables (TPHs) Método EPA 418.1 modificado utilizando CCl ₄ como disolvente de Extracción y Diesel como estándar de referencia.	34,096 mg/kg	1.590.4 mg/kg	515.64 mg/kg

FIGURA 5 NIVEL DE LIMPIEZA ALCANZADO

Proyecto	Objetivos	Alcanzado	Resultados	Superficie	Volumen
<p>Bio-Remediación "IN SITU "</p> <p>Acolamiento de la carretera y terreno agrícola contaminado por 29,000 litros de Diesel.</p> <p>Matatlán-Oaxaca.</p>	<p>1) Identificar los daños ocasionados al ambiente por el derrame accidental de Diesel.</p> <p>2) Asimismo establecer una medida de mitigación para la minimización y/o compensación de los impactos ambientales adversos.</p> <p>3) Llevar a cabo la degradación de Diesel por medio de bacterias.</p>	<p>96.872%</p>	<p>TPH's iniciales 34,096 ppm.</p> <p>TPH's finales 515.64 ppm.</p>	<p>1,200 m²</p>	<p>1,394 m³</p>

NIVEL DE LIMPIEZA ALCANZADO



NIVEL DE LIMPIEZA ALCANZADO

Este gráfico muestra el nivel de limpieza alcanzado en función del tiempo. El eje vertical representa la concentración en mg/kg y el eje horizontal el tiempo en meses. La línea indica un aumento constante de la concentración desde 34,096 mg/kg a los 4,500.40 meses hasta 515.64 mg/kg a los 515.64 meses.

34,096

4,500.40

515.64

CONCENTRACION mg/kg

TIEMPO/MES

CAPÍTULO 9

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES

La remediación de sitios contaminados con hidrocarburos es un área de desarrollo actual, es decir, cada día se estudian nuevas posibles técnicas para la remediación y su implementación está sujeta a los resultados que se obtienen en modelos o en sistemas piloto de remediación, o en función de los resultados obtenidos en aplicaciones a escala real.

Existe la factibilidad de que, con base en los conocimientos y tecnologías desarrolladas y aplicadas en otros países, se desarrolle ingeniería Mexicana para la remediación de sitios contaminados.

Algunas de las tecnologías aplicadas en otros países, tienen un costo bastante alto de implementación y operación lo que dificulta su aplicación dentro del territorio nacional, por lo que es necesario que los estudios de factibilidad que se realicen en México sean lo mas a detalle posible en cuanto al tipo de contaminante y las posibles tecnologías de remediación a utilizar, considerando que quizá para la situación económica de nuestro país la mejor solución técnica y ambiental no sea la mas favorable de aplicación por el costo que pueda representar. Habrá casos en los que el requerimiento de limpieza defina que la tecnología de remediación a aplicar si sea la mas adecuada a implementar a pesar del costo que represente.

Es necesario de acuerdo a la experiencia que se ha tenido en México que se hagan más estudios a nivel de modelos o piloto para garantizar los resultados de la aplicación de las tecnologías de remediación y que los trabajos sean ejecutados por empresas o ingenieros con experiencia en el ramo y con un pleno conocimiento de la situación que presenta el problema dentro de nuestro país.

Como se menciona dentro del estudio la solución futura a la remediación de sitios es la educación para el manejo, tratamiento y disposición final de los hidrocarburos para que el problema se vaya resolviendo paulatinamente en vez de agravarse cada día.

De acuerdo a la información obtenida, para poder resolver el problema de sitios contaminados con hidrocarburos en México, debe partirse de la realización de un inventario minucioso de los sitios que se encuentran actualmente contaminados, ya que a la fecha hay cierto grado de incertidumbre en lo relativo a esta información.

Una vez que se cuente con esta información debe darse orden de prioridad a un programa federal de saneamiento de sitios y estudiar y encontrar los procesos financieros mas viables para la remediación de los mismos. Debe estudiarse también la forma de intervención de las industrias y municipios de manera que los sitios remediados puedan tener un uso de suelo que beneficie a estos sectores, creando de esta manera incentivos para agilizar los procesos de saneamiento.

Es importante elaborar la legislación pertinente en cuanto a la remediación de sitios, aunque en muchas ocasiones la remediación deba ser definida caso por caso.

Los costos de aplicación de las tecnologías que se presentan en el estudio, están referidas a los Estados Unidos de Norte América y deberá realizarse una evaluación mas a detalle para determinar los costos dentro del territorio Nacional, tomando en cuenta los equipos con que se cuenta en México y las adaptaciones que deban hacerse a las tecnologías para su aplicación en nuestro país.

Los resultados obtenidos en México hasta este momento han sido satisfactorios, pero podrian implementarse para dar mejores resultados por lo que se propone que se efectuen seminarios y campañas publicitarias para instruir a la industria, al gobierno y a la comunidad en la necesidad de realización de estos trabajos así como de los beneficios que se pueden obtener con los mismos.

Existe interés por parte de la comunidad internacional de participar con México en la solución de esta problemática por lo que es necesario tratar de sacar el mayor provecho en aprendizaje de la experiencia y conocimiento de otros para crear infraestructura y fuentes de trabajo dentro de este campo de la ingeniería ambiental.

Un punto importante debe ser la seriedad de los estudios previos en cada caso, para que la solución que se determine seguir, sea real cuidando que las afectaciones a la salud pública y al medio ambiente por la aplicación de estas tecnologías sean lo mas favorable posibles.

En muchos países se hacen estudios de riesgo ecológicos en relación con los sitios contaminados con residuos peligrosos y existe normatividad para este punto; esto, debe ser una táctica a seguir también en México.

Por otro lado es necesario crear dentro la formación profesional en México, especializaciones en cuanto al manejo, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos y remediación de sitios contaminados haciendo notar que es un campo extenso con posibilidades de desarrollo técnico y económico y que en términos generales se encuentra prácticamente virgen en nuestro país. Esto puede traer como resultado un avance tecnológico, económico y ambiental.

La experiencia debida a los trabajos de remediación que se han realizado y que están en proceso, deben ser también tomada en cuenta para definir los cambios a seguir dentro de este campo, señalando que el contacto con lo que se hace y se estudia en otros países con mas experiencia que nosotros en el campo, debe servir de guía para la solución de esta problemática en México.

Es importante señalar que la remediación de sitios contaminados con residuos peligrosos es una actividad prioritaria dentro del desarrollo integral del país.

Basándonos en la información recopilada durante el curso de esta investigación, así como de hechos bien conocidos sobre el proceso de bio-remediación se llegó a las siguientes conclusiones :

Se comprobó la biodegradación de la mezcla de hidrocarburos que componen a los combustibles como lo es el Diesel. Las bacterias nativas propias del suelo empleadas en ambas pruebas de degradación lograron disminuir las concentraciones de hidrocarburos. Sin embargo, la inoculación de bacterias degradadoras de hidrocarburos que previamente habían sido aclimatadas a un ambiente contaminado incrementaron el potencial de la biodegradación.

- Las bacterias nativas empleadas en el proceso de bio-remediación deben aclimatarse inicialmente al contaminante, una vez lograda la aclimatación es posible degradar hidrocarburos a un nivel aceptable dentro de un periodo razonable de tiempo, si se proporcionan las condiciones óptimas para acelerar el proceso natural. Se puede concluir que las bacterias nativas sometidas a la prueba de degradación de diesel proporcionan un resultado significativo de tal manera que si se logró incrementar el número de bacterias bajo las condiciones antes mencionadas, la diferencia de porcentajes entre éstas y los controles abióticos así lo comprueban.
- El sistema de muestreo empleado en este trabajo, (arrojó resultados estadísticamente satisfactorios. Se recomienda que a medida que el proceso de bio-remediación se acerca al final los períodos de monitoreo de TPH's pueden ser extendidos según el criterio individual.

El combustible diesel puede perder sus características a lo largo del proceso debido a la formación de productos intermedios durante la bio-degradación. Estos productos pueden ser menos o mas tóxicos que los productos originales.

- Se realizó una comparación entre los cromatogramas y se observó que a lo largo de la experimentación en diesel no existió dato alguno que indicara la presencia del mismo. Generación o formación de compuestos intermedios durante el proceso de degradación. Esto se verificó en los cromatogramas de los análisis de las diferentes muestras en los cuales la desaparición de hidrocarburos fue inicialmente de aquellos compuestos más volátiles y al final aquellos de mayor PM. Durante esta pérdida de TPH's no se observó la aparición de productos o compuestos nuevos si no que la degradación fue gradual y los compuestos de mayor peso molecular fueron desapareciendo paulatinamente.

- De acuerdo a lo anterior se puede concluir que el proceso logró realizar una degradación completa, (Mineralización Hidrocarburo \Rightarrow $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) en la cual no se generan productos que pudieran presentar un riesgo potencial.

RECOMENDACIONES

Las medidas de remediación son escogidas selectivamente y adaptadas para cada sitio en particular. Los métodos usados para encontrar las medidas de remediación son tan complicadas como los factores del sitio mismo porque los métodos consideran todos los aspectos del sitio y sus interrelaciones. Las medidas pueden ser técnicamente viables: además de ser económicas y en consonancia con las expectativas de la comunidad de residentes cercanos al sitio. El objetivo de la solución es mitigar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Cuando se busca una solución para el sitio deben proponerse varias alternativas. El examen y evaluación de estas alternativas será parte de un estudio de factibilidad, para situaciones de este tipo se proponen los siguientes pasos.

1. Definición de los objetivos de la acción de remediación
2. Identificación de las tecnologías que pueden alcanzar los objetivos.
 - A) Selección de alternativas; las alternativas se componen de una o mas tecnologías, y cada alternativa es capaz de corregir el problema de contaminación en el sitio.
 - B) Analizar la lista de alternativas y seleccionar solo aquellas que se basen en criterios de ingeniería, medio ambiente y economía, que satisfagan las expectativas de las comunidades cercanas.
3. Escrutinio de cada alternativa seleccionada
4. Aplicación del método de análisis de resultados

Todos los aspectos de estudio de factibilidad deben ser regulados por el Instituto Nacional de Ecología (INE). Esta agencia reguladora aceptara en su caso la alternativa implementada. De cualquier forma, la alternativa seleccionada puede resultar de un acuerdo negociado o arreglo entre la agencia regulatoria y los propietarios o usuarios del sitio de desechos.

Las fuentes de contaminación incluyen los escombros superficiales o enterrados; desechos líquidos; desechos almacenados; suelos estructurales; tanques u otros artefactos; sedimentos; y aire, incluyendo aire en suelos porosos. Las rutas disponibles para el transporte de contaminantes, en conjunto con el contacto directo, incluyen aire para componentes volátiles o dispersos, agua superficial y agua subterránea. Los receptores que contaminan incluyen poblaciones humanas, animales domésticos y comunidades de plantas.

Características que determinan la selección de la alternativa correcta

Desecho

Cantidad

Composición

Concentración

Toxicidad

Biodegradabilidad

Persistencia

Inflamabilidad

Reactividad

Contagiosidad

Solubilidad

Volatilidad

Densidad

Tratabilidad

Superficie

Profundidad y área de la fuente
Propiedades de los límites
Tipo de suelo y permeabilidad
Topografía
Vegetación
Superficies acuosas adyacentes

Subterráneo

Permeabilidad
Profundidad de aguas subterráneas
Profundidad de la roca
Dirección y tasa de flujo de las aguas subterráneas
Puntos de descarga o recarga de las aguas subterráneas

Receptores

Poblaciones humanas en sitio y fuera del sitio
Vida animal
Hábitats críticos
Tierras húmedas

Usos adyacentes de las tierras

Fuentes de desechos ascendentes
Usos superficiales y subterráneas descendentes
Usos residenciales, comerciales e industriales

Clima

Temperatura

Precipitación

Velocidades del viento prevalecientes.

De esta forma los esfuerzos de los objetivos de la remediación se basan en las condiciones, problemas, caminos y receptores del sitio de desechos peligrosos no controlados. La exposición clara de los objetivos delimitará los componentes generales y específicos del sitio a ser controlado. Con cada objetivo se definen los criterios de cumplimiento de tal forma que se puedan garantizar las acciones de remediación con los estándares de seguridad establecidos por el gobierno.

CAPÍTULO 10

BIBLIOGRAFÍA

1. Jorge Muñoz Barret
Silvia Vega Gleason
"La Industria Petrolera ante la regulación jurídico ecológica en México"
Instituto de Investigaciones Jurídicas
Universidad Nacional Autónoma de México
Petróleos Mexicanos
México 1992
2. Francisco Vizcaino Murray
"La contaminación en México"
Selección de obras de ciencia y tecnología
Fondo de Cultura Económica
México 1987
3. Thomas D. Brock
"Biología de los microorganismos"
Universidad de Wisconsin
Ediciones Omega S.A.
Barcelona, 1978
4. Roger y Stanier
Edward A. Adelberg
Jonh L. Ingraham
"Microbiología"
Ediciones Repla, S.A.
4ª edición
México, 1986

- 5 Gerard J. Tortora
Berdell R. Funke
Christine L. Case
"Microbiología"
Ediciones Acrbia, S.A.
Zaragoza España
1993

- 6 Warren E. Levinson
Ernest Jawetz
"Microbiología e Inmunología"
Evaluación
Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.
México D.F.

- 7 Anthony H. Rose, Ph. D
"Microbiología Química"
Introducción a la Fisiología Microbiana
Editorial Alhambra
España, 1977

- 8 Alexander Martin
"Introducción a la Microbiología del Suelo"
AGT Editor, S.A.
México, 1992

- 9 "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente"
Editorial Porrúa
Quinta Edición
1995

- 10 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”
En Materia de Residuos Peligrosos
Editorial Porrúa
Quinta Edición
1995

- 11 Cleanup Criteria For Contaminated Soil and Groudwater
Comisión Ambiental del ASTM
Estados Unidos de Norteamérica

- 12 Leahy, Maureen C.
Richard A. Groundwater Tecchnology Inc.;
Bioremediación Optimizing Results,
Chemical Engineering Magazine
Mayo 1994

- 13 Wise, Donald L and Trantolo, Debraj,
“Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils.
Lewis Publishers
1991

- 14 Tesis “Biodegradación de Hidrocarburos en Ecosistemas Terrestres”
Luis Miguel Vidal Bezares
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
1993

- 15 Tesis “Control Genético de la Contaminación Ambiental por Compuestos Halogenados”
Luis Alfredo Quintana Díaz
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
1990

16 Tesis "Evaluación de la capacidad metabólica de Bacterias Nativas y Pseudomonas especializadas en la Bio Remedación de suelos contaminados con Gasolina y Diesel"

María del Carmen Sánchez Flores

Carlos Alberto Grant Chan

Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías

División de Ciencias Básicas

Departamento de Farmacobiología

1997