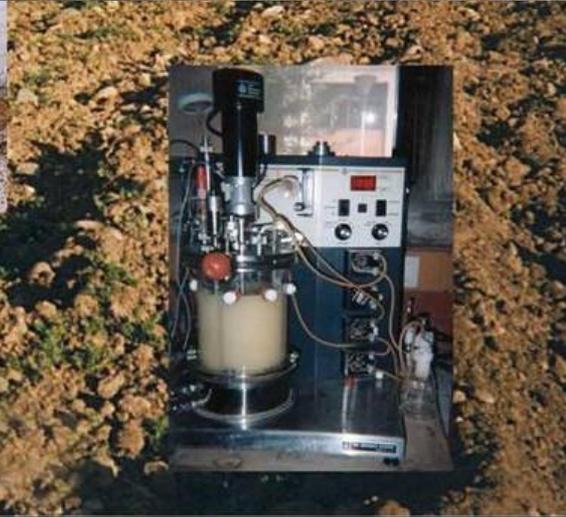
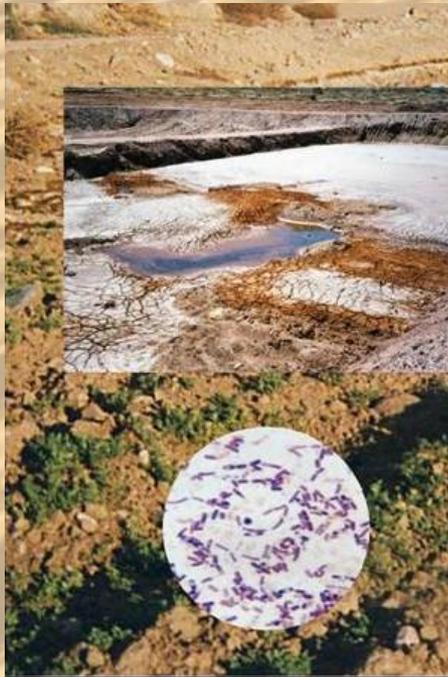


Biotecnología del Petróleo



Mgter Ing. José Antonio Gálvez



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO
MENDOZA, ARGENTINA

BIOPROCESOS



FACULTAD
DE INGENIERÍA

DEFINICIÓN DE SUELO:

El suelo está formado por sedimentos u otras acumulaciones no consolidadas de partículas producidas por la desintegración física y química de las rocas, que pueden o no contener materia orgánica. (ASTM D653-90, 1995).

El suelo es una mezcla compleja, de composición variable, cuyos componentes principales son: MINERALES, MATERIA ORGANICA, AGUA (EN POROS) y AIRE (EN POROS).

La proporción de aire y agua está sujeta a grandes fluctuaciones. Los suelos inorgánicos son los más comunes y tienen entre un 94 a 99% de minerales. Los suelos orgánicos o húmicos son característicos de pantanos y ciénagas: facilitan la acumulación de materia orgánica (hasta un 95%). Los terrenos con hasta 80% de materia orgánica son aptos para el cultivo.

Por ejemplo, para tierra margosa aluvional (ideal para cultivo) los porcentajes de cada uno de los componentes son: Aire 25%, Minerales 45%, Agua 25%, Materia Orgánica 5%.



¿Cuales son las funciones del suelo?

Reactor: filtro, amortiguador, transformador (regulador de la calidad del agua y del aire)

Hábitat de organismos y reserva genética

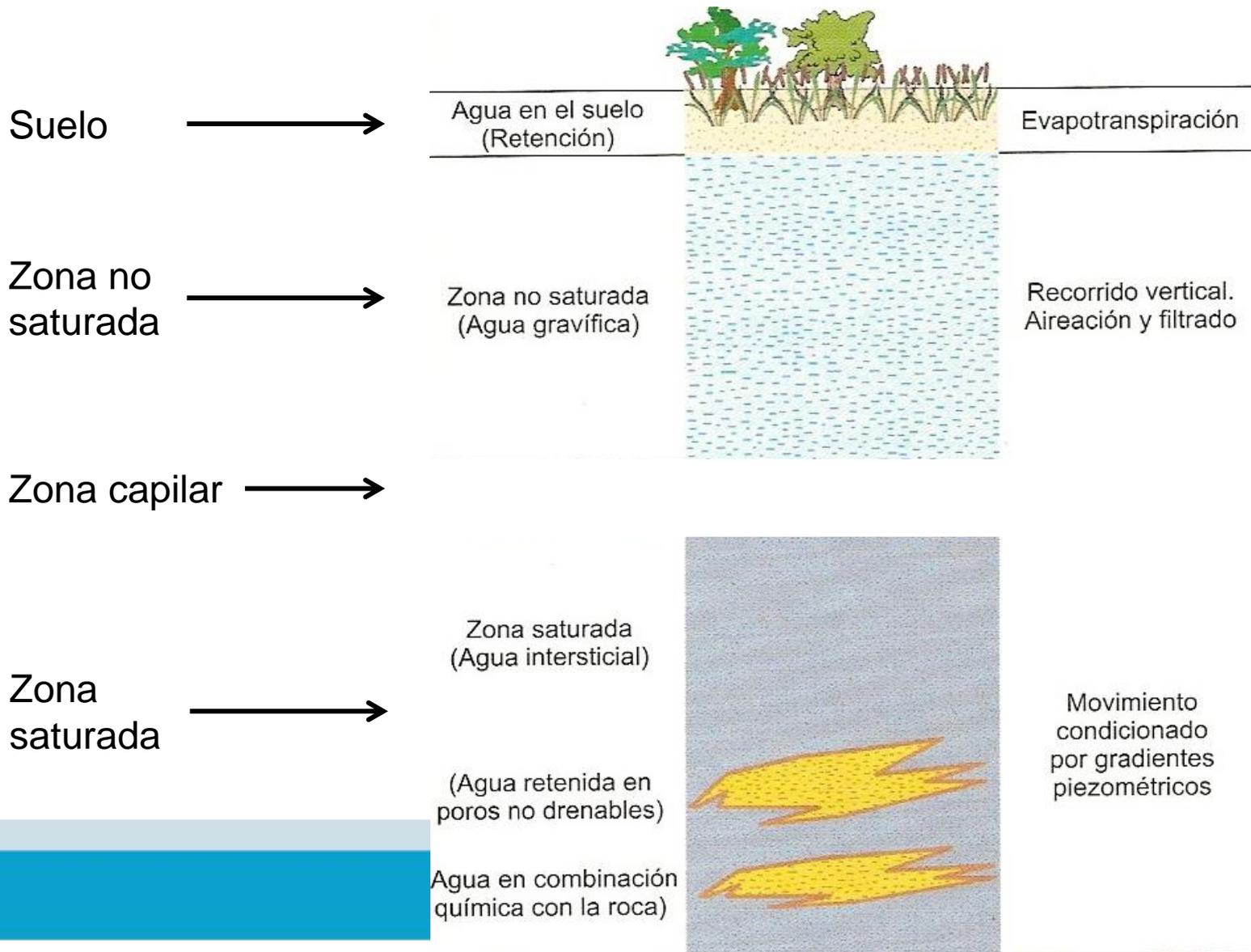
Medio físico para sostener estructura socioeconómica, habitación, desarrollo industrial, sistemas de transporte, recreación, disposición de residuos

Fuente de materiales como arcilla, arena, grava, minerales etc.

Soporte físico para las actividades agrícolas, ganaderas, silvicultura.

Parte de nuestra herencia cultural que contiene tesoros arqueológicos y paleontológicos importantes para conocer y preservar la historia de la tierra y la humanidad

Perfiles del suelo y movimiento del agua en el mismo



SUBSTANCIAS CONTAMINANTES

Se pueden considerar que la definición de contaminantes tiene dos versiones:

- Se define como contaminante a aquella sustancia química, forma de energía o alteración que es producida por el hombre y al introducirse al ambiente produce efectos perjudiciales a los organismos vivos.
- Otra definición es que se considera contaminante a aquella sustancia química que se encuentra en concentraciones anormalmente altas, una forma de energía en magnitud anormalmente alta o una alteración y que produce efectos perjudiciales a los seres vivos. En este caso se incluyen las sustancias producidas por el hombre y las naturales como por ejemplo aguas con alto contenido de arsénico.



Suelo Contaminado: todo aquel cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso, en concentración tal que signifiquen un riesgo para la salud humana o el medio ambiente y ha perdido alguna o todas sus funciones.



Suelo limpio es aquel que por un proceso de saneamiento físico, químico o biológico recupera las funciones principales del mismo y han disminuido los componentes de carácter peligroso. Hay que aclarar que un suelo remediado no es un suelo prístino.



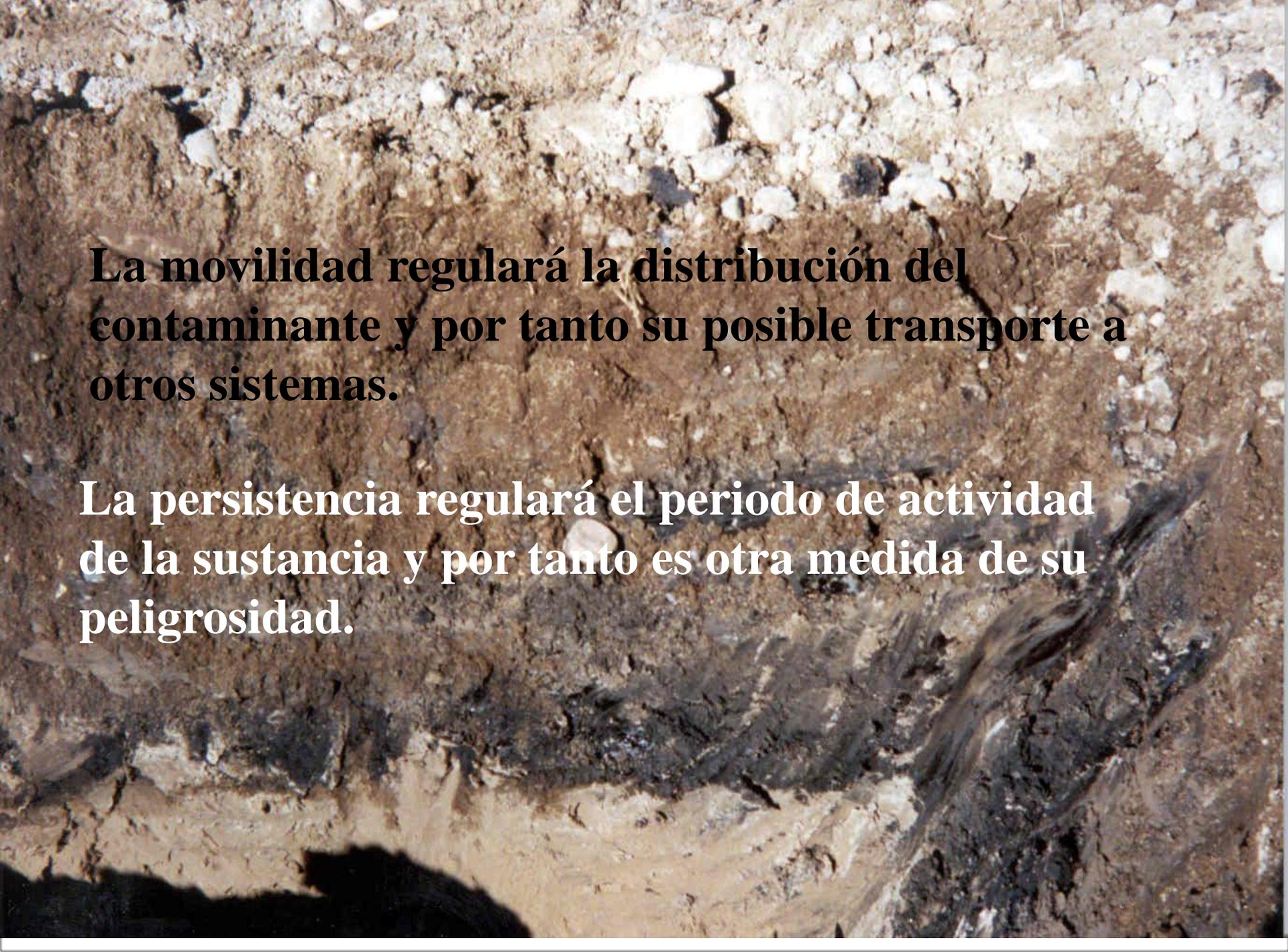
5-05
ATAL

El grado de contaminación de un suelo no puede ser estimado exclusivamente a partir de los valores totales de los contaminantes frente a determinados valores guía, sino que se hace necesario considerar la biodisponibilidad, movilidad y persistencia (Calvo de Anta, 1997).





Por biodisponibilidad se entiende la asimilación del contaminante por los organismos, y en consecuencia la posibilidad de causar algún efecto, negativo o positivo.

A photograph of a soil profile showing different layers of soil and rock fragments. The top layer is light brown and sandy, with many small white and grey rock fragments. Below this is a darker, more cohesive layer of brown soil. At the bottom, there is a very dark, almost black, layer that appears to be organic matter or a highly weathered layer. The soil is cracked and shows signs of erosion.

La movilidad regulará la distribución del contaminante y por tanto su posible transporte a otros sistemas.

La persistencia regulará el periodo de actividad de la sustancia y por tanto es otra medida de su peligrosidad.



Carga crítica. Representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos.

Tipos de contaminantes químicos

- **Orgánicos**

- VOC's no halogenados
- VOC's halogenados
- SVOC's no halogenados incluyen PAH y algunos pesticidas
- SVOC's halogenados incluyen PCB, Clorofluocarbonos, muchos pesticidas
- Combustibles

- **Inorgánicos**

- NaCl y otras sales
- Metales en especial As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Se, Zn y Ag
- Asbestos
- Fluoruros
- Cianuros
- Fertilizantes
- Radionuclidos

MIGRACION DE CONTAMINANTES EN SUELOS Y ACUIFEROS



MOVIMIENTO DE LOS CONTAMINANTES EN SUELOS GENERALIZADO

Mecanismos: Advección

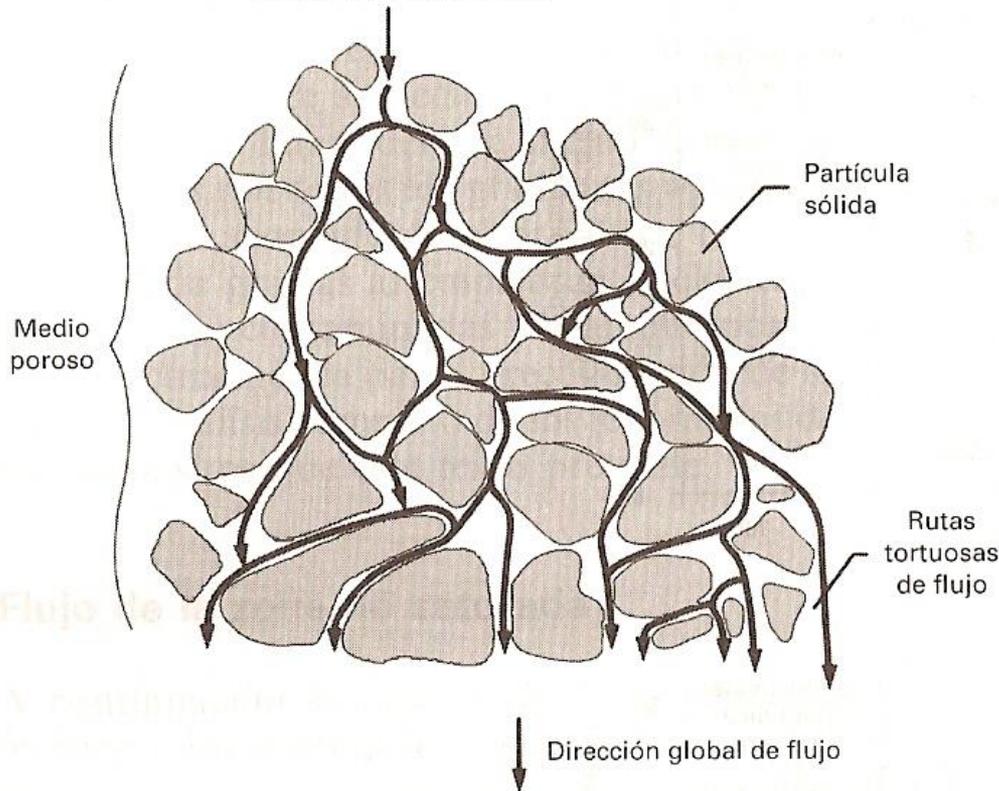
•Difusión

•Flujo en medio poroso

Existen una serie de reacciones y procesos físico-químico que influyen en la velocidad de desplazamiento, produciendo frenado, activación de la movilidad, transformación, eliminación irreversible y división entre fases.

La mayor o menor magnitud de estos procesos dependen del contaminante, composición mineral del suelo, textura, porosidad, temperatura y presión entre otros.

Agua con sustancias
contaminantes disueltas



Movilidad:

- Estado físico
- Coeficiente de solubilidad
- Coeficiente de partición octanol - agua
- Constante de Henry
- Presión de vapor
- Coeficiente de difusión en aire
- Constantes:
 - ácido-base, complejación,
 - oxidación-reducción,
 - permeabilidad en distintos materiales.

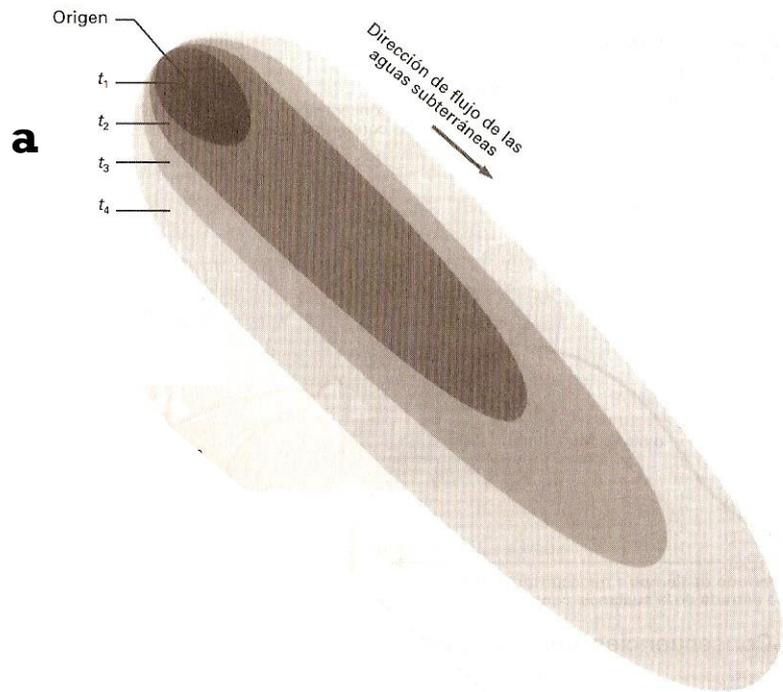


Tipo	Proceso	Efecto	Tipo de sustancia
Procesos mecánicos	Advección	Acelera	Orgánica/Inorgánica
	Dispersión	Acelera	Orgánica/Inorgánica
	Filtración	Frenado	Orgánica/Inorgánica
	Difusión	Acelera	Orgánica/Inorgánica
	Estratificación por densidad	Varios efectos	Orgánica
	Flujo de fluidos en fase no acuosa	Varios efectos	Orgánica
	Flujo en medio no fracturado	Frenado	Orgánica/Inorgánica
Procesos biológicos	Degradación aeróbica	Transformación	Orgánica
	Degradación anaeróbica	Transformación	Orgánica
	Cometabolismo	Transformación	Orgánica
	Absorción biológica	Frenado	Orgánica/Inorgánica

Tipo	Proceso	Efecto	Tipo de sustancia
Procesos Químicos	Reacciones de oxidación-reducción	Transformación/frenado	Orgánica/Inorgánica
	Intercambio de iones	Frenado	Inorgánica
	Complejización	Aceleración	Inorgánica
	Precipitación	Frenado	Inorgánica
	Reparto en fase inmiscible	Varias divisiones	Orgánica
	Sorción	Frenado	Orgánica
	Volatilización	Eliminación por traspaso	Orgánica
	Disolución	Acelera	Orgánica/Inorgánica
	Cosolvatación	Acelera	Orgánica
	Ionización	Acelera	Orgánica



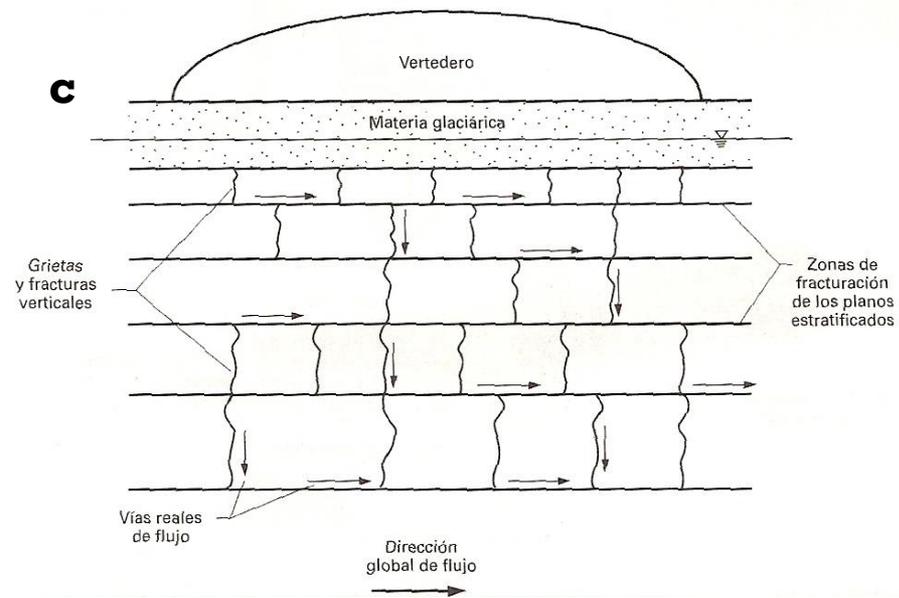
Transporte de contaminantes



a) Fuente puntual permanente medio homogéneo

b) Fuente puntual no permanente medio homogéneo

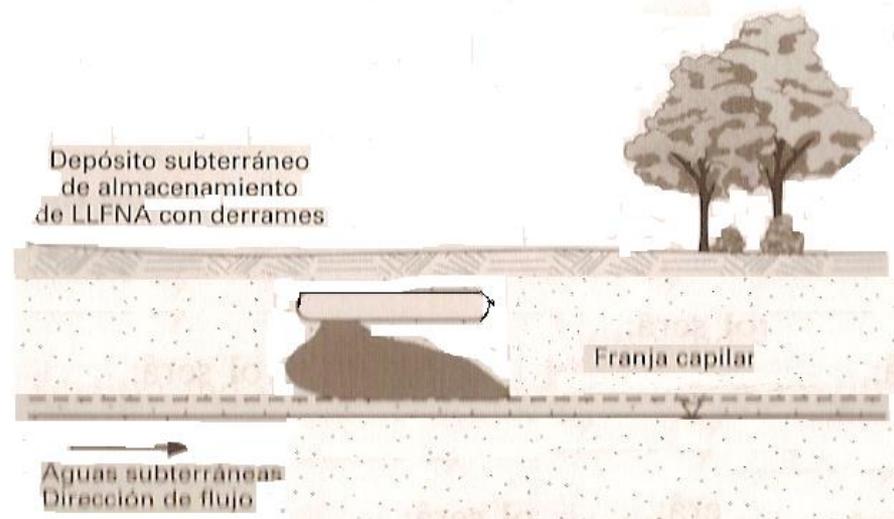
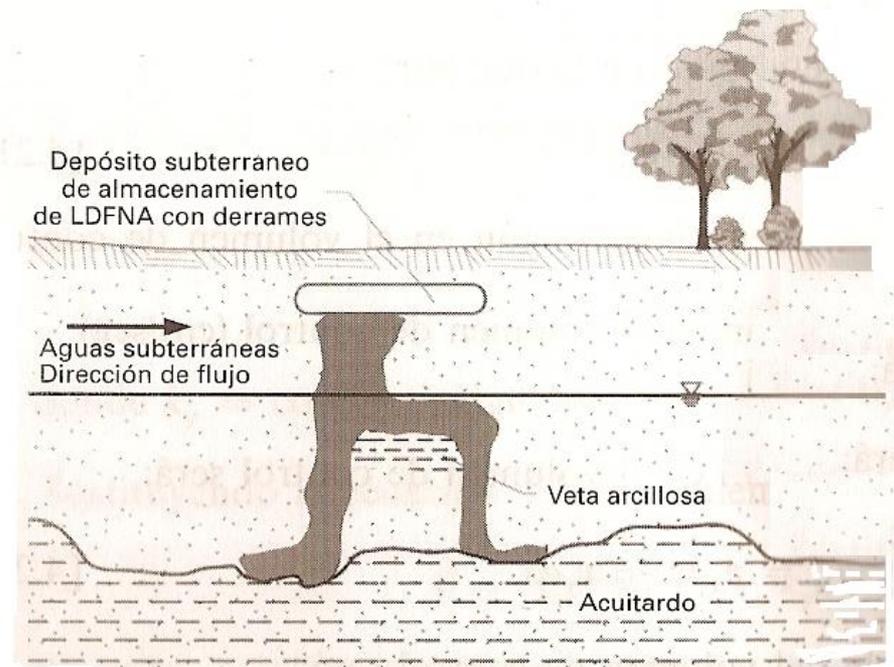
c) Flujo en medio fracturado



DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN SUELO Y EN UN ACUÍFERO: ANALISIS DE UN DERRAME DE HIDROCARBURO

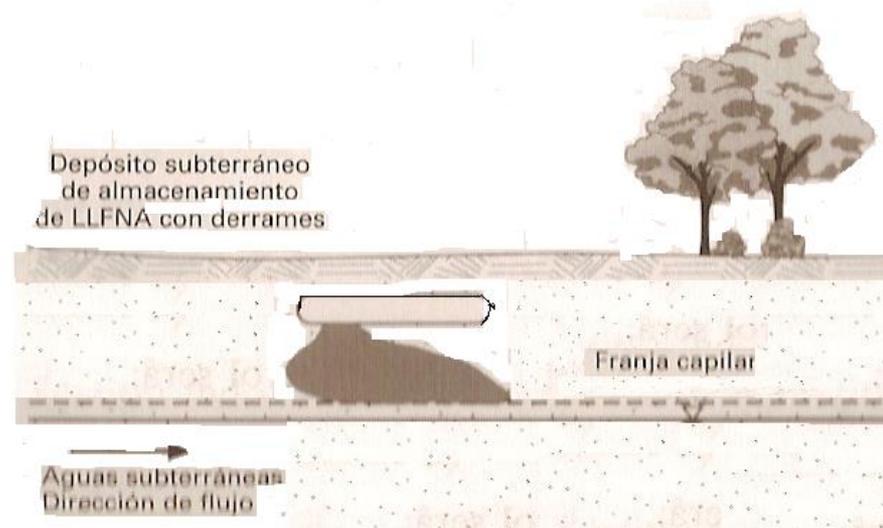
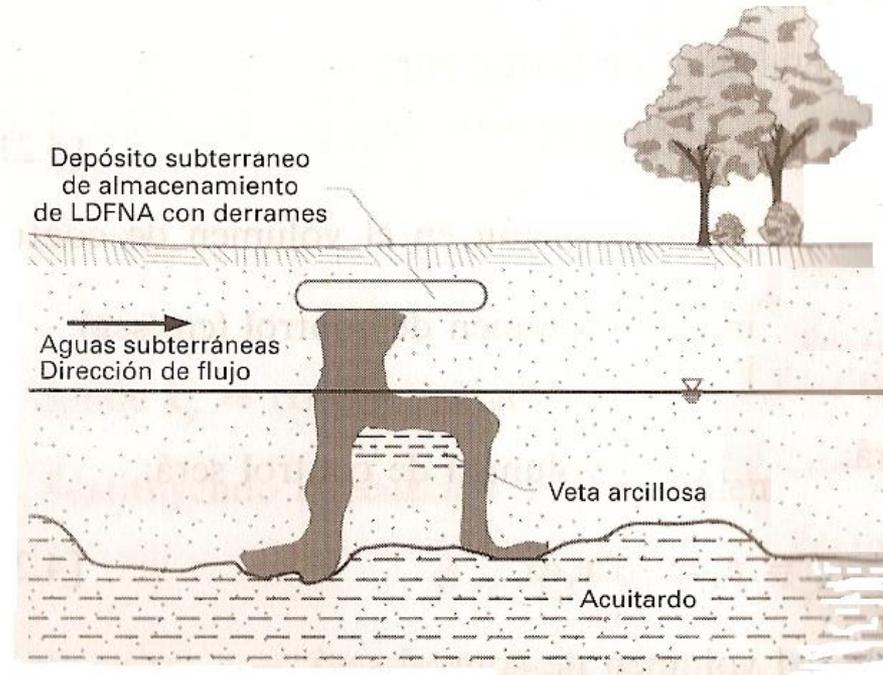
Cuando se produce un derrame de hidrocarburos, estos se desplazan hasta el primer acuífero por percolación en el terreno. Una vez que alcanza el agua subterránea los compuestos orgánicos se distribuyen de la siguiente manera:

En la columna de suelo por donde migró quedan compuestos adsorbidos en las partículas de suelo y/o retenidos en espacios intersticiales. Estos hidrocarburos pueden migrar por efecto de las lluvias que arrastrarán algunos compuestos solubles hacia abajo. Además por acción de la temperatura los compuestos volátiles que se encuentren en los intersticios pueden alcanzar la superficie del terreno.



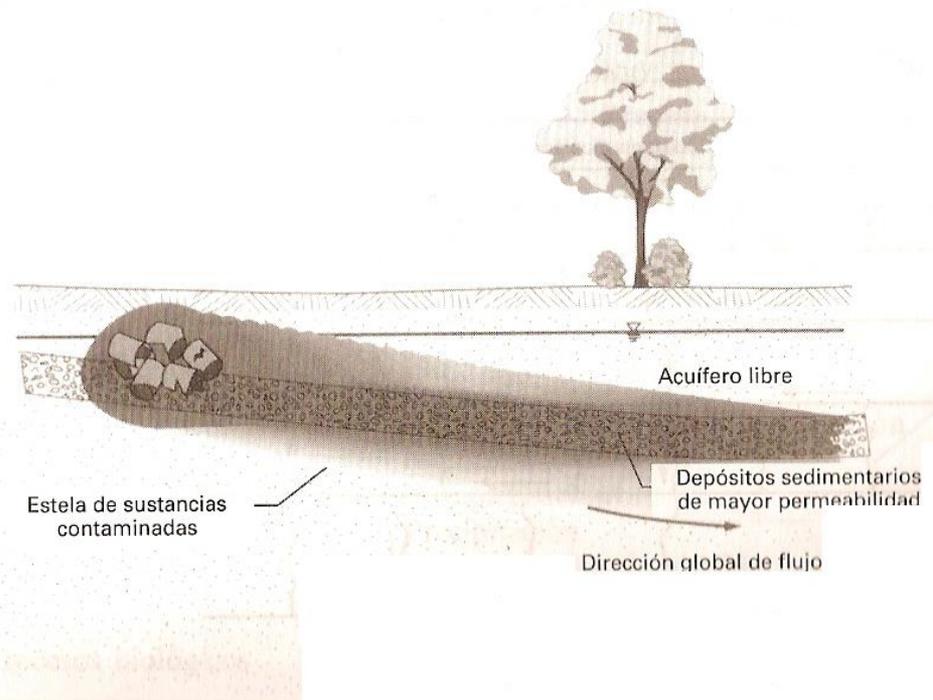
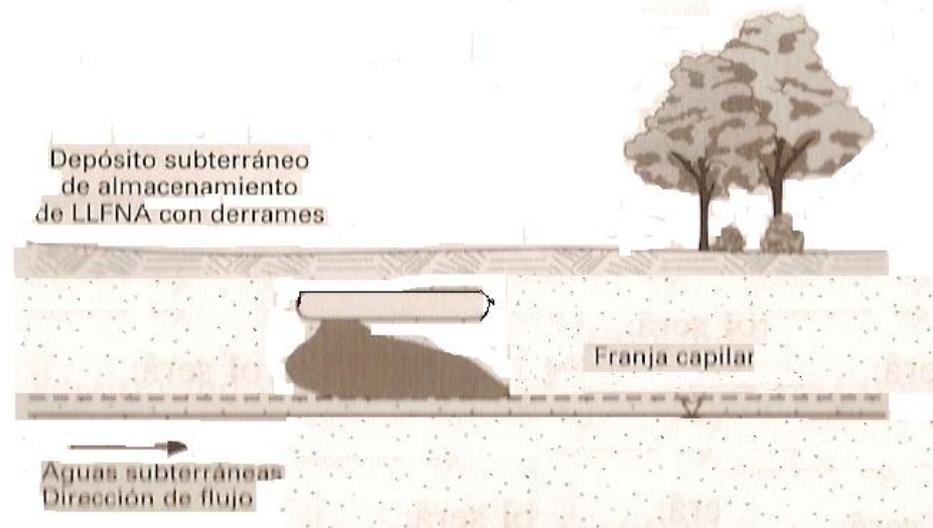
A su vez el hidrocarburo que llegó al acuífero se considera una fase líquida no acuosa que de acuerdo su densidad permanece “flotando o hundido en el agua”. Actúa como un segundo foco de distribución de contaminantes. Los hidrocarburos pueden distribuirse como:

- Compuestos orgánicos retenidos en la zona vadosa por fuerzas capilares entre las partículas de suelo.
- Compuestos orgánicos adsorbidos en las partículas sólidas en todas las zonas
- Compuestos orgánicos disueltos en la fase acuosa de ambas zonas
- Vapor orgánico libre en el gas del suelo

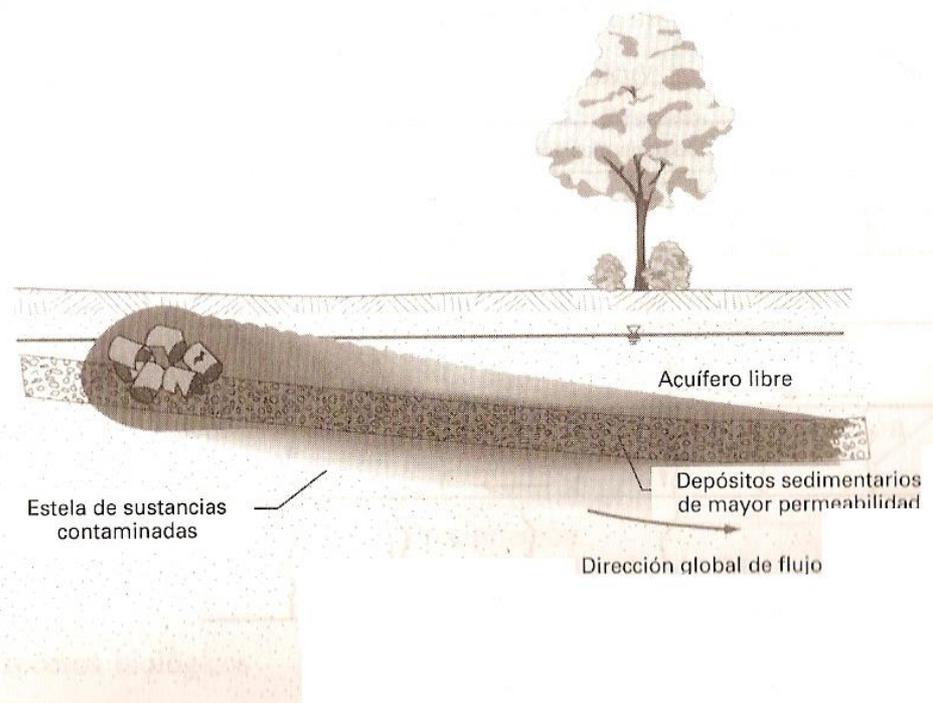
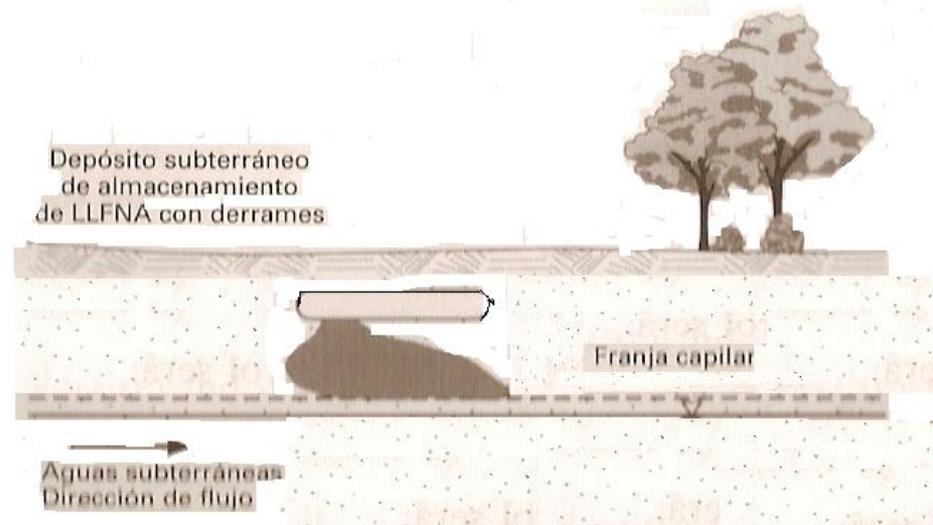


A estos cuatro efectos se suma el transporte de la fase líquida no acuosa por advección (combinación de transporte por difusión y por arrastre por movimiento del agua) comprometiendo una región mayor del subsuelo que la afectada directamente por el derrame, repitiendo los procesos de distribución referidos anteriormente en otra zona. Esta migración se ve incrementada por la pendiente del acuífero.

Las fluctuaciones del nivel piezométrico de la napa harán que se desplace verticalmente la fase líquida no acuosa afectando regiones que por su ubicación no estaban contaminadas.



Si se extrae la fase libre no acuosa por bombeo, persistirán los sectores previamente afectados así como los hidrocarburos que se disolvieron en el agua. Dado que la extracción del hidrocarburo por bombeo no es total (aunque se esté trabajando en un punto técnico económico óptimo), persistirán restos de la fase libre sobre el agua. Esta extracción produce un desequilibrio en la región y la fase líquida dispersa en la columna de suelo (retenida por distintas fuerzas) se desplazará al acuífero lentamente, pudiendo formar después de un tiempo más o menos prolongado (que depende del tipo de suelo) una nueva fase libre de hidrocarburos.



Cada factor influye en la dispersión del contaminante, pudiendo ejercer efecto sinérgico en función del suelo, tipo de contaminante, temperatura y actividades antrópicas.

Por ello se usan softwares para calcular el desplazamiento, algunos son libres (se obtienen por internet de U.S.EPA, API, SADA, etc; y otros como el utilizado para RBCA (comunmente llamado Rebeca) o Surfer, cuestan entre U\$S 650 a U\$S 20000

Se pueden plantear algunas ecuaciones sencillas incluyendo difusión, advección y un coeficiente de frenado.

$$D_t \delta^2 c / \delta l^2 - v_t \delta c / \delta t = \delta c / \delta t$$

Como se dijo al principio, debido a la complejidad se define un coeficiente de frenado medio como

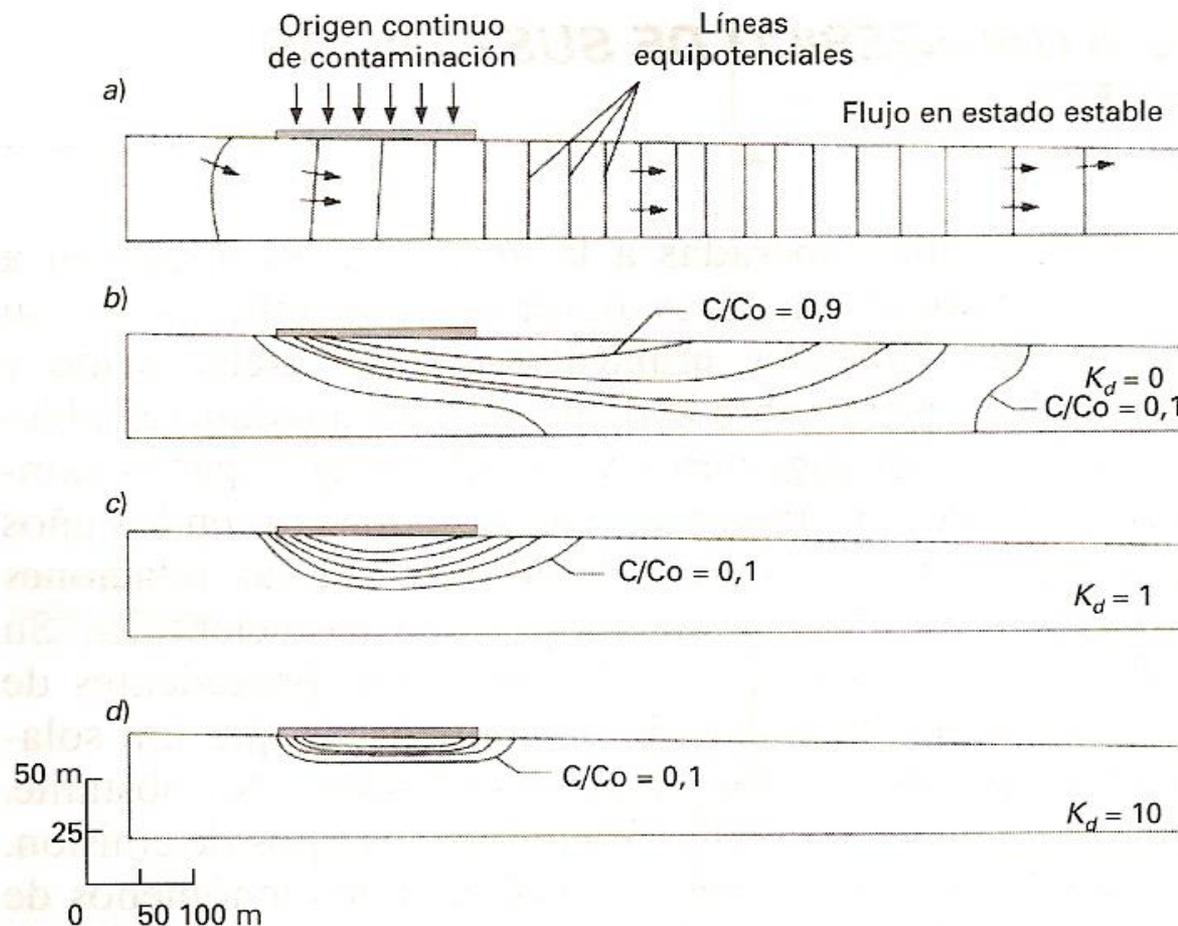
$$F = 1 + (\rho/n) * K_d$$

donde ρ = densidad global medio poroso; n = porosidad y K_d = coeficiente de distribución

$$(D_t \delta^2 c / \delta l^2 - v_t \delta c / \delta t) / F = \delta c / \delta t$$



4.3. DESTINO DE LAS SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN EL SUBSUELO



K_d = Coeficiente de distribución
 Duración del traslado = 60 años
 Porosidad 0,3
 Conductividad hidráulica de 0,5 m/día
 $\alpha_i = 10$ m
 $\alpha_r = 0,5$ m
 Perfil de concentración a $C/C_0 = 0,9, 0,7, 0,5, 0,3, \text{ y } 0,1$

Diseño técnico de un tratamiento

- Caracterización
- Revisión bibliográfica
- Discusión y diseño
- Ensayos de tratabilidad



Caracterización de residuos y suelos empetrolados: datos necesarios.

Técnicas analíticas: descripción y alcance de las mismas.

Normas de muestreo, Métodos de muestreo y conservación de muestras.



La caracterización de residuos y suelos empetrolados tiene como objetivo determinar:

- **TIPO Y CONCENTRACION DEL CONTAMINANTE**
- **ESTADO FISICO DEL CONTAMINANTE**
- **TIPO DE SUELO**
- **TAMAÑO E HISTORIA DEL SITIO CONTAMINADO**



Tipo y concentración de contaminante

El tipo de contaminante estará definido por la ley de aplicación en el sitio

- **Orgánico:** VOC, SVOC, Combustibles, Explosivos
- **Inorgánico:** metales, aniones, cationes, sal, radionúclidos
- **Biológico:** microorganismos, materia orgánica en descomposición

Concentración del contaminante: si supera el nivel guía establecido por la legislación se considera suelo afectado o residuo contaminante



- **Componente particulado de un tamaño menor, igual o mayor que la partícula del suelo contaminado**
- **Contaminante presente como película líquida**
- **Contaminante adsorbido a la partícula de suelo**
- **Contaminante adsorbido a la partícula orgánica de suelo**
- **Contaminante presente como fase sólida o líquida en los poros de la partícula de suelo**
- **Contaminante disuelto en la fase acuosa en los poros de la partícula de suelo**



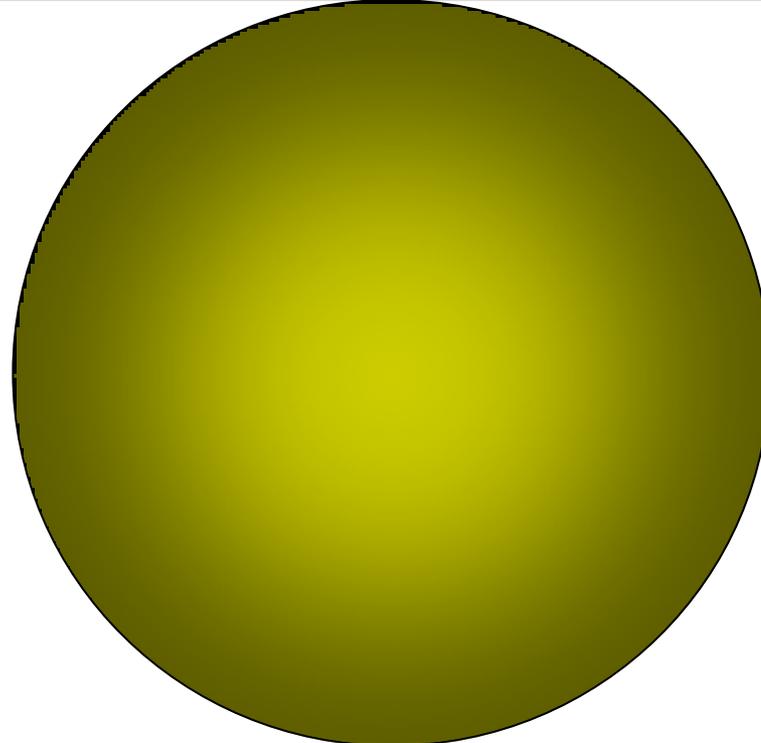
Cuando el contaminante es una única sustancia es fácil de determinar por análisis químico, y luego obtener de bibliografía o bases de datos sus propiedades

Cuando es una mezcla de contaminantes es más complejo:

Si la mezcla es relativamente simple, se pueden determinar sus componentes y luego obtener las propiedades de los mismos.

Si la mezcla es muy compleja como los hidrocarburos presentes en el petróleo o combustibles refinados se requiere un tratamiento especial del problema.

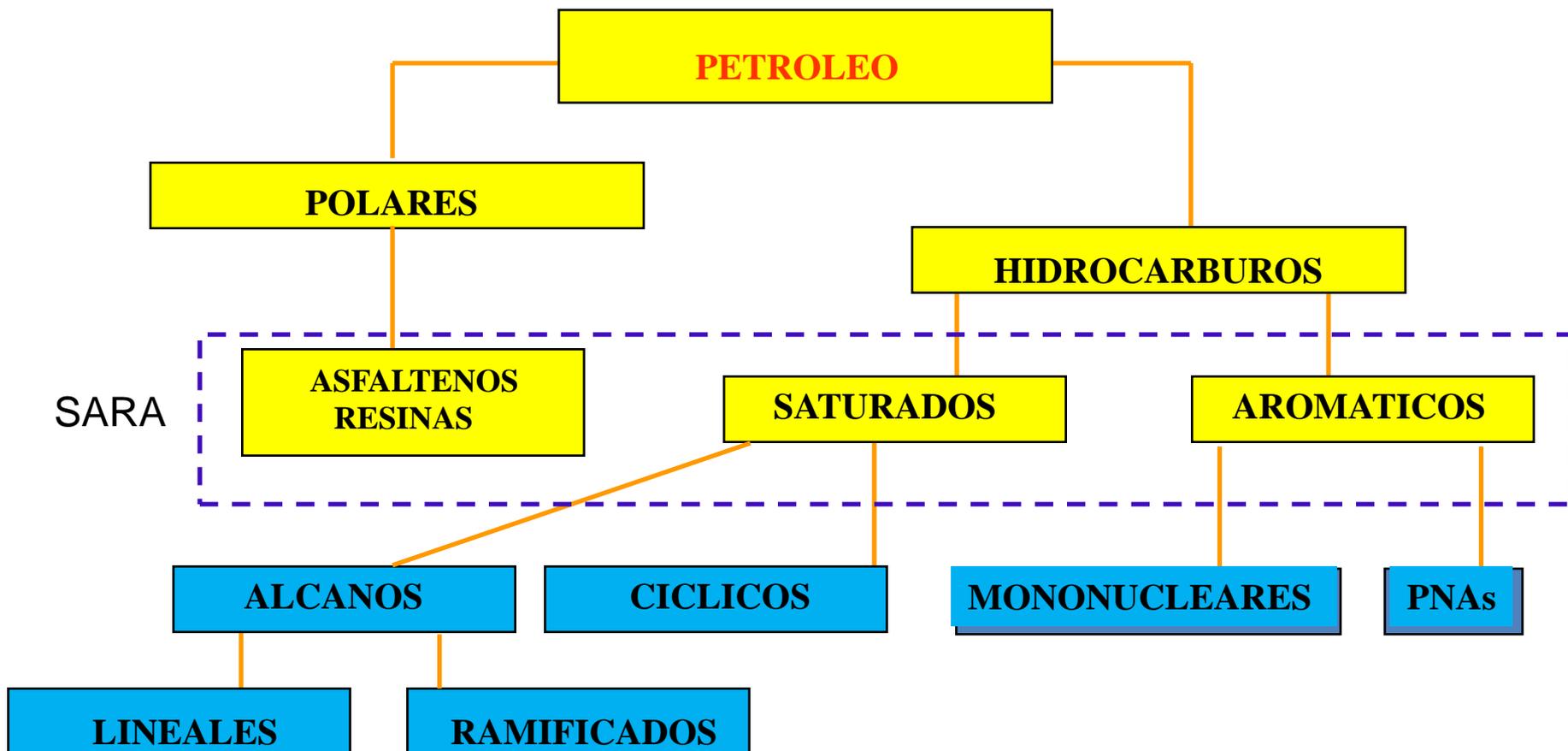


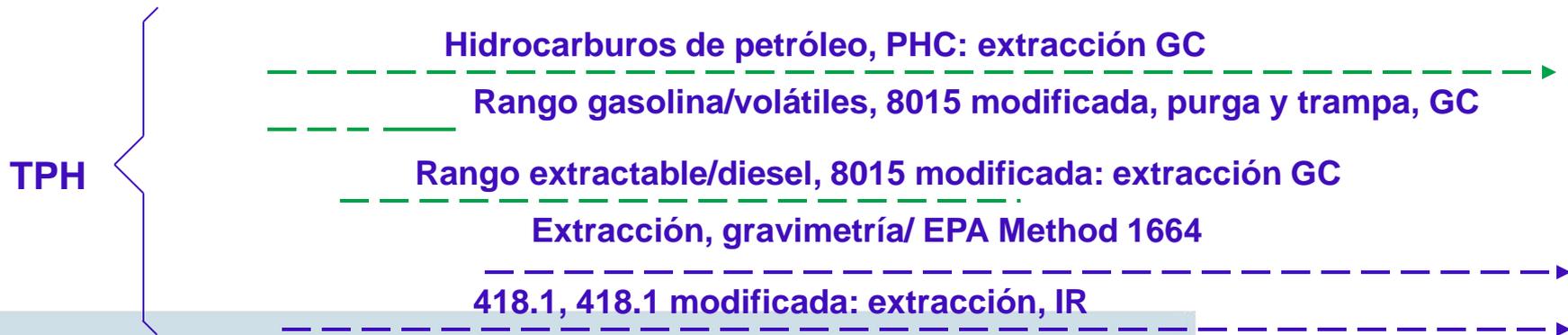
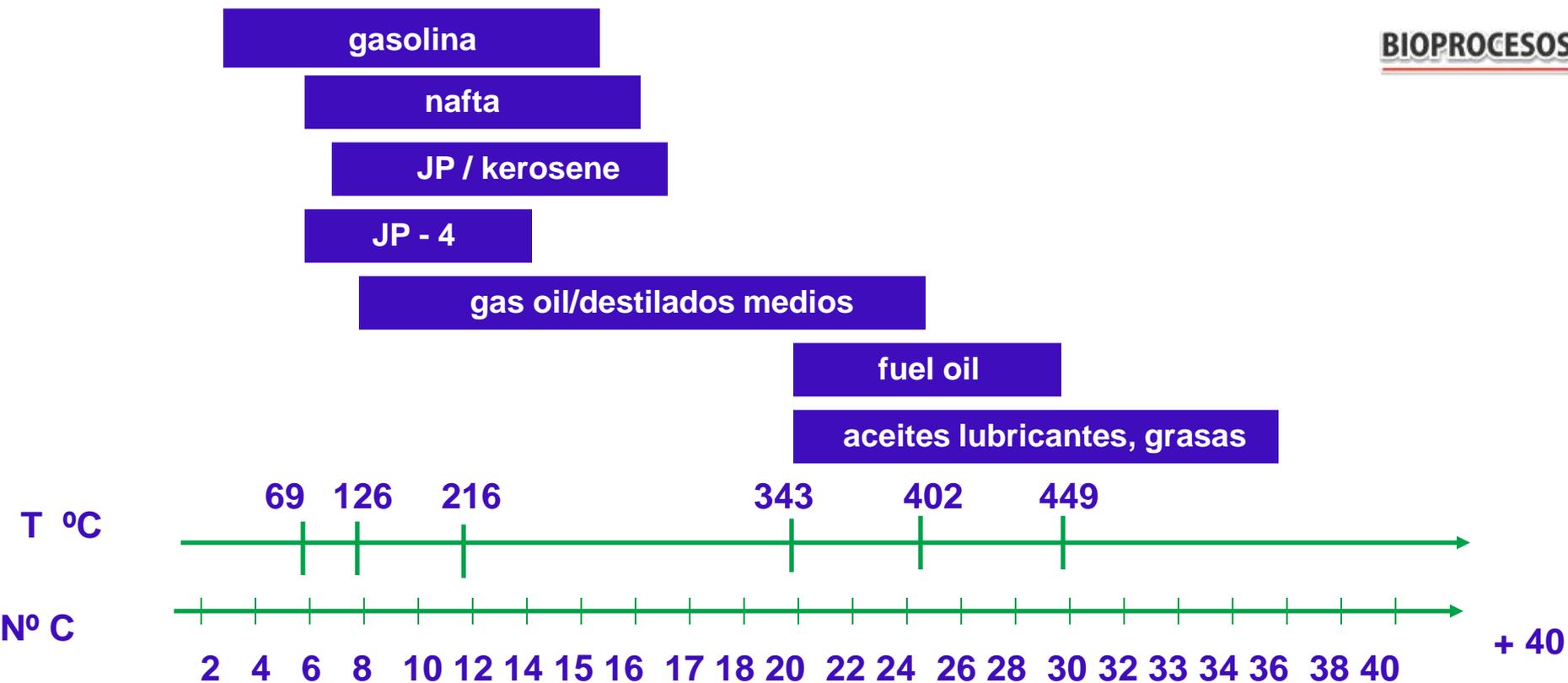


El método analítico seleccionado afecta marcadamente la determinación de hidrocarburos totales en suelo...

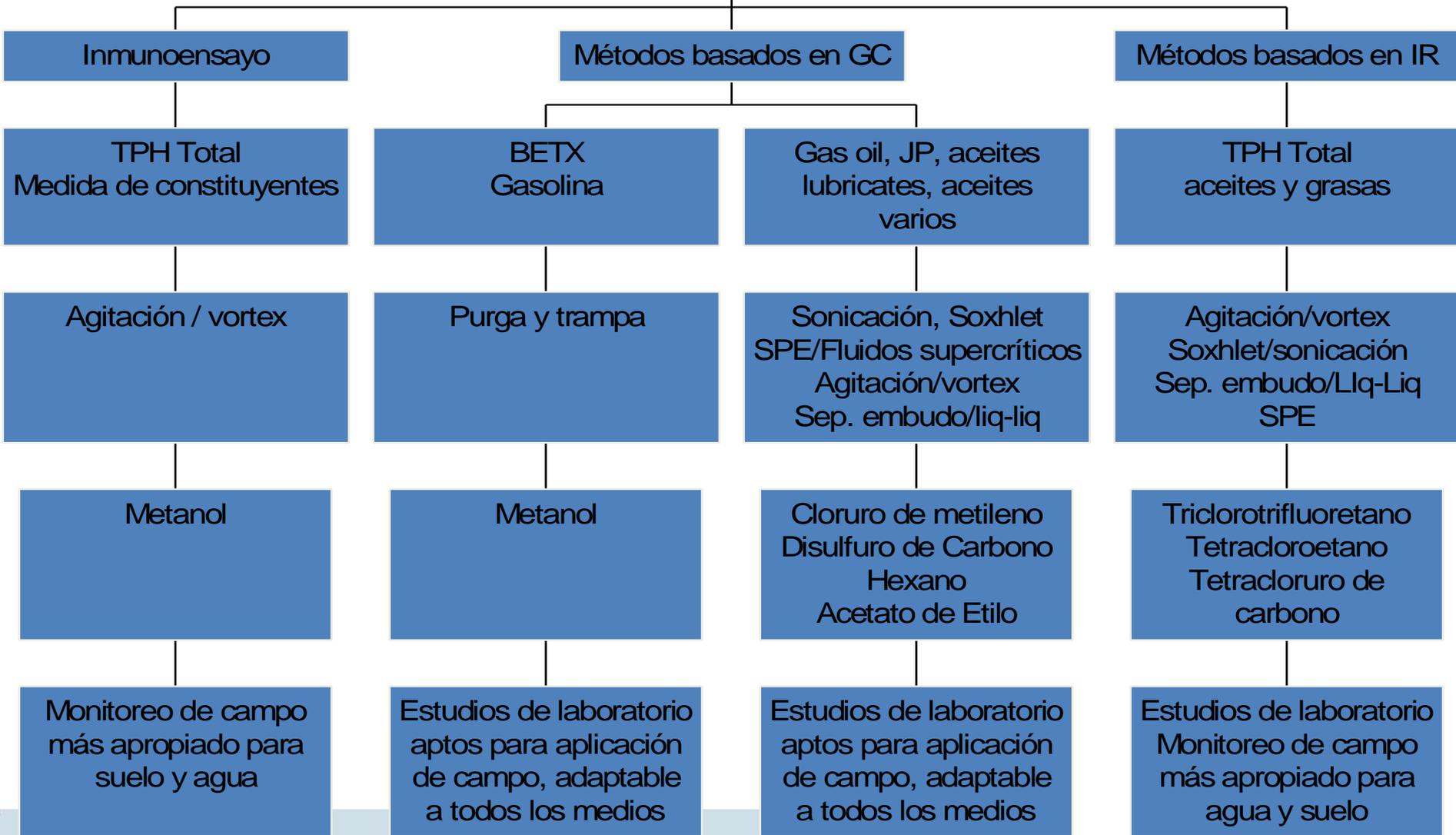


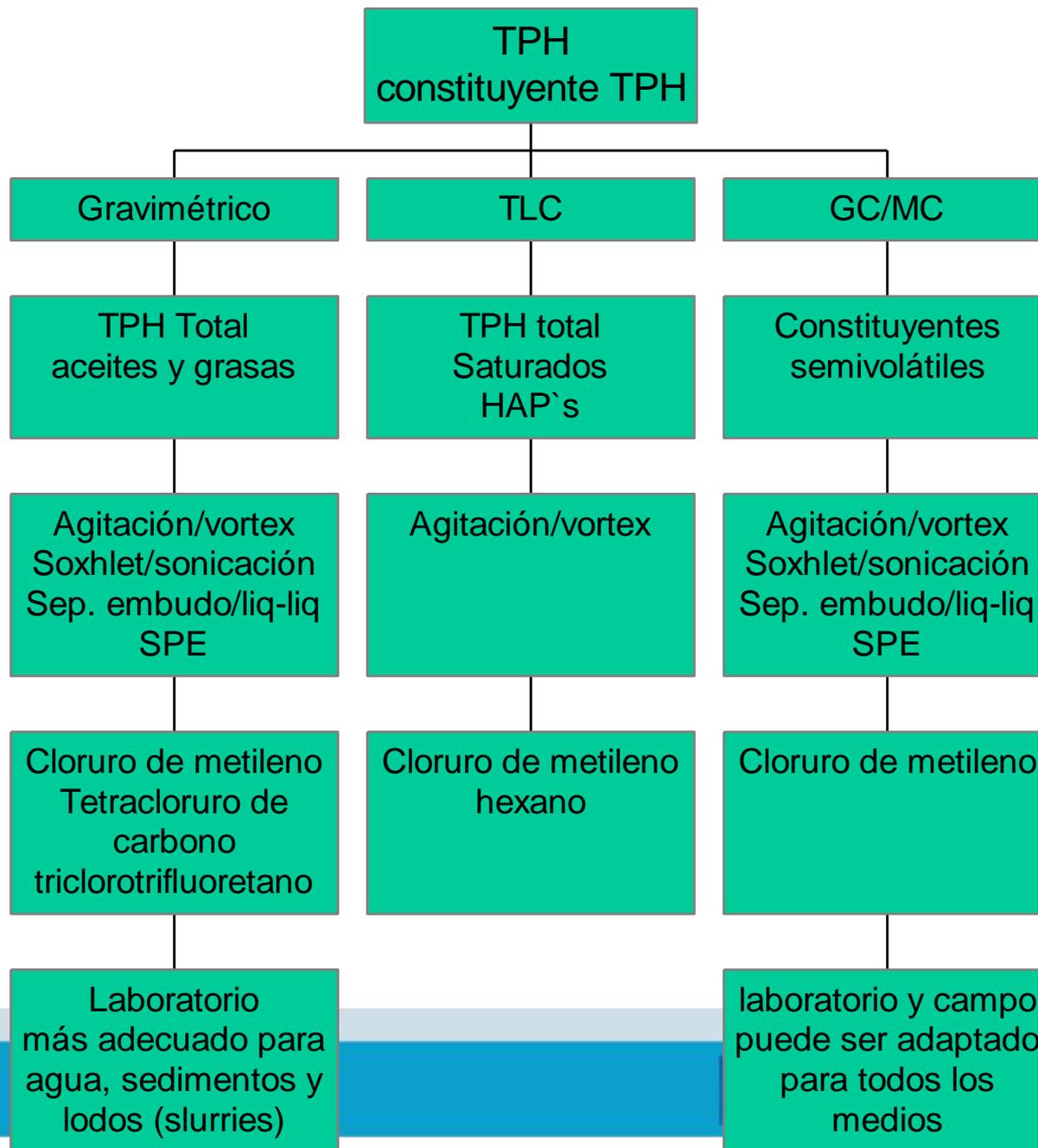
CARACTERIZACION DE PETROLEO POR TIPO DE COMPUESTOS





**TPH
constituyente TPH**





Técnica	Hidrocarburos considerados	Usos
Inmunoensayo	TPH Total, medida de constituyentes	Monitoreo de campo, más apropiado para suelo y agua
Métodos basados en cromatografía en fase gaseosa	BETX, gasolina, gasoil, JP, aceites lubricantes	Estudios de laboratorio aptos para aplicación de campo, adaptable a todos los medios
Métodos basados en espectrofotometría infrarroja	TPH total, aceites y grasas	Estudios de laboratorio. Monitoreo de campo más apropiado para agua y suelo
Métodos gravimétricos	TPH total, aceites y grasas	Estudios de laboratorio más adecuado para agua, sedimentos y lodos. Monitoreo de campo cuando hay altas concentraciones
Métodos basados en cromatografía gas-masa	Constituyentes semivolátiles	Laboratorio y campo, puede ser adaptado para todos los medios
Métodos basados en la medición de gas del suelo	Compuestos volátiles o semivolátiles	Monitoreo de campo en situaciones de emergencia. Sirven para detectar cualitativamente existencia de contaminación pero no ausencia.
Métodos basados en cromatografía en capa fina	TPH total, saturados, HAP's	Estudios de laboratorio, se pueden aplicar a campo en algunas condiciones

Métodos analíticos para determinar los hidrocarburos de petróleo

- Métodos que miden concentración de TPH: Un único número representa la concentración combinada de todos los Hidrocarburos de petróleo en una muestra
- Métodos que separan y cuantifican distintas categorías de hidrocarburos: saturados, aromáticos y polares/resinas
- Métodos que miden concentraciones de constituyentes individuales: Cuantifican compuestos específicos tales como Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos, etc...



Cromatografía

Sirve básicamente para separar los componentes de una mezcla de sustancias e identificarlos con estándares adecuados. Se ponen en contacto dos fases inmiscibles, una fase móvil y la otra estacionaria. Al final del proceso, se obtiene cada uno de los componentes de la muestra en orden creciente de interacción con la fase estacionaria.

Para el análisis de hidrocarburos la cromatografía más apropiada es la de gases acoplada a masa, pues con ella se cuantifican los compuestos orgánicos volátiles en diferentes tipos de matrices sólidas y en agua.



Cromatografía

Para uso científico se incluye la cromatografía de fase líquida de alta presión (HPLC) que permite caracterizar hasta C60. Esta es más costosa que la anterior y de uso menos difundido.

Ej. método 8260 se basa en el procedimiento de purga y trampa con cromatografía de gases acoplada a masas (CG/EM). Esta técnica es de gran utilidad para la caracterización de compuestos específicos, por ejemplo, benceno, tolueno, etilbenceno, xileno y muchos otros compuestos volátiles más, como los hidrocarburos halogenados



Espectroscopía de infrarrojo

Ha sido la técnica instrumental más utilizada para la determinación de las estructuras de los compuestos orgánicos. Se basa en el hecho de que una molécula vibra constantemente, sus enlaces se alargan y contraen como resortes. La absorción de la luz infrarroja produce cambios en los estados vibracionales de la molécula con la consiguiente absorción de energía. Estas técnicas son de mayor utilidad con productos puros. Cuando se trata de mezclas, su uso es más limitado, su interpretación requiere de gran experiencia y del uso de diferentes sustancias parones, por lo que solo se recomienda para la determinación de los Hidrocarburos Totales Recuperables de Petróleo (TPH).

Entre las ventajas del infrarrojo están la rapidez en cuanto a la preparación de la muestra, lectura y evaluación; también se requiere de poca cantidad de la misma.



Espectroscopía de infrarrojo

Ej. método 418.1 de la EPA, y sus equivalentes, utilizan la técnica de infrarrojo para la medición de hidrocarburos totales de petróleo. Aunque también puede aplicarse para la medición de combustibles ligeros, aunque no se recomienda para estos casos, debido a que se puede perder parte de los compuestos volátiles, durante la manipulación en la extracción.



Inmunoensayo

Este análisis se basa en test tipo ELISA para la determinación de hidrocarburos en agua por medio de anticuerpos monoclonales.

Este método sirve para muy bajas concentraciones en agua y su versión para suelo es de tipo indicativo por los solventes de extracción que utiliza: si indica presencia de hidrocarburos, se refiere a los extractables con metanol solamente.

Gravimetría

Se basa en la extracción del el hidrocarburo del suelo con un solvente mediante un extractor soxhlet y luego recuperar el hidrocarburo extraído mediante la evaporación del solvente y pesada del residuo. Como alternativa se pesa el suelo antes y después de la extracción.



Hidrocarburos discriminados por fracciones TNRCC 1006

Es una cromatografía que permite caracterizar el hidrocarburo según su número de átomos de carbono por fracciones, es decir desde C6 hasta C35, discriminados en alifáticos y aromáticos.

Compuestos aromáticos indicadores de las fracciones

Naftaleno: C10-C12

Acenafteno; 1 metil naftaleno: C12-C16

Fenantreno; pireno: C16-C21

Fluoranteno; benzo (a) pireno; Benzo(b); Fluoranteno;

Benzo(k) fluoranteno; criseno; dibenzo(a,h)antraceno: C21-C35



Hidrocarburos discriminados por fracciones TNRCC 1006

Aliphatics	Aromatics
nC ₆	
>nC ₆ to nC ₈	>nC ₇ to nC ₈ (Toluene only)
>nC ₈ to nC ₁₀	>nC ₈ to nC ₁₀
>nC ₁₀ to nC ₁₂	>nC ₁₀ to nC ₁₂
>nC ₁₂ to nC ₁₆	>nC ₁₂ to nC ₁₆
>nC ₁₆ to nC ₂₁	>nC ₁₆ to nC ₂₁
>nC ₂₁ to nC ₃₅	>nC ₂₁ to nC ₃₅



Fracción Alifática	P M	Solub. en agua	Presión de vapor	Cte Ley de Henry	Log Kow	Log Koc	Densidad.	Vida media		
	g/mol	Mg/l	Pa a 10 °C	Pa.m ³ /mol			Kg/m ³	aire	agua	suelo
C5-C6	81	3,6e01	3,54e04	8,18e04	3,3	2,9	668	46	252	505
C6-C8	100	5,4e00	6,37e03	1,24e05	4,1	3,6	721	35	262	524
C8-C10	130	4,3e-01	6,37e02	1,99e05	5,2	4,5	749	25	215	430
C10-C12	160	3,4e-02	6,39e01	2,97e05	6,3	5,4	777	19	208	416
C12-C16	200	7,6e-04	4,9e00	1,29e06	7,9	6,7	802	13	208	416
C16-C35	240	2,5e-06	9,99e-02	1,22e07	10,4	8,8	838	10	340	681

Fracción Aromática	P M	Solub en agua	Presión de vapor	Cte Ley de Henry	Log Kow	Log Koc	Densidad	Vida media		
	g/mol	Mg/l	Pa a 10 °C	Pa.m ³ /mol			Kg/m ³	aire	agua	suelo
C5-C6	78	1,77e03	6,39e03	4,44e02	2,13	2,13	884	209	900	1800
C6-C8	92	5,35e02	1,78e03	5,38e02	2,65	2,25	871	43	360	720
C8-C10	120	6,5e01	6,37e02	1,17e03	3,7	3,2	869	11	415	830
C10-C12	130	2,5e01	6,37e01	3,47e02	3,9	3,4	885	10	552	1105
C12-C16	150	5,8e00	4,9e00	1,32e02	4,3	3,7	941	5	436	871
C16-C21	190	6,5e-01	1,11e-01	3,22e01	4,9	4,2	969	14	670	1340
C21-C35	240	6,6e-03	4,46e-05	1,66e00	6,00	5,1	978	5	1440	2880

Para el caso de los hidrocarburos se debe caracterizar por los tres métodos y en el caso de buscar los componentes particulares cancerígenos o tóxicos.

- TPH: IR dá la mayor parte de los hidrocarburos, sin discriminar. Se pueden perder compuestos volátiles.**

- TPH: cromatografía caracterizando en grupos, discriminando aromáticos y alifáticos para determinar las propiedades (TPHWG, API)**

- Compuestos puntuales: BTEX, HAP's, metales**



- **Distribución de tamaño de partícula**
- **Homogeneidad e isotropías**
- **Densidad aparente**
- **Densidad de partícula**
- **Permeabilidad**
- **Humedad**
- **pH**
- **Eh**
- **Materia orgánica**
- **TOC**
- **BOD**
- **Aceptor de electrones**
- **Presencia de microorganismos degradadores o vegetales de interés**



En caso de incluir un acuífero

- Permeabilidad,
- Porosidad,
- Caudal,
- Transmisibilidad,
- Tipo de suelo,
- Textura
- Tipo de acuífero,
- Alturas piezométricas,
- Interacción con otras formaciones,
- Redes de flujo,
- Actividades antrópicas
- Probabilidad de migración



TAMAÑO , UBICACIÓN Y ANTIGÜEDAD DEL SITIO

- **Tamaño:** define el volumen de suelo a tratar, permite definir además el tratamiento in situ o ex situ
- **Ubicación:** define la posibilidad de tratar el suelo in situ o ex situ
- **Antigüedad del sitio:** define estado de los contaminantes, en lugares afectados muy antiguos indica también el tipo de contaminantes a buscar en base al uso histórico del suelo
- **Debe ser relacionado con el riesgo además del costo-beneficio**



Evaluación de la posibilidad de biodegradación

- Capacidad de los contaminantes de biodegradarse
- Presencia de microorganismos adaptados

Test	Valor inicial típico	Valor más alto típico	Observaciones
Heterótrofos totales (plaqueo)	$10e^3-10e^4$ ufc/g	$10e^{08}-10e^{10}$ ufc/g	Microbios que usan carbono orgánico
Degradadores de hidrocarburo	$10e^3-10e^4$ ufc/g	$10e^{06}-10e^{08}$ ufc/g	Microbios que usan un rango de hidrocarburos
Degradadores de compuestos específicos	$10e^3-10e^3$ ufc/g	$10e^{05}-10e^{06}$ ufc/g	Microbios que usan un compuesto específico

- Presencia de compuestos tóxicos o inhibitorios
- Aceptor de electrones, disponibilidad y/o capacidad de abastecerse
- Disponibilidad de nutrientes y/o capacidad de proveerlos
- Temperatura
- Test de biodegradación



Muestreo de Suelos Contaminados



La base de una estrategia de evaluación de suelos contaminados y/o restaurados, o en proceso de restauración es tanto la toma de muestras, como su análisis posterior.

El objetivo específico del muestreo es la toma de muestras lo más representativas posibles de suelos que han sido contaminados con materiales o residuos peligrosos. Para el cumplimiento de este objetivo, se debe procurar que las muestras se mantengan lo más inalteradas posible en su composición química, pues de no ser así, puede redundar en la pérdida de los componentes presentes, sus propiedades y características esenciales, lo cual puede ocurrir incluso por la adición de alguna sustancia inocua como el agua.



Las situaciones de muestreo varían ampliamente, ya sea por las características topográficas, edafológicas, por la composición geológica, condiciones climatológicas o por la disponibilidad de materiales y equipos de muestreo. Por lo tanto, no puede decirse que exista un procedimiento universal de muestreo aplicable a todas las situaciones.

Abundando en lo anterior, se concluye que todos los procedimientos requieren un plan de muestreo, que debe incluir varios aspectos indicados en la siguiente norma:



D 5730-98 Caracterización de sitios con propósitos ambientales *Con énfasis en suelo, roca, zona vadosa agua subterránea*

- **Provee una aproximación general a la caracterización ambiental de sitios.**
- **Determina condiciones de línea base (geoquímica, hidrogeología, microbiología, mineralogía y calidad de agua)**
- **Evaluación de la adecuabilidad del sitio para uso futuro**
- **Protección de la calidad del sitio de efectos detrimentales**
- **Evaluación de la contaminación para determinar “compliance”, riesgo y responsabilidad de remediación**



Información o antecedentes del sitio a muestrear

**Es muy importante para la estrategia de muestreo,
Debe ser lo más exacta posible.**

Ayuda a determinar:

- **la ubicación y forma de muestreo**
- **los equipos de protección que deben ser utilizados,**
- **las precauciones del muestreo que se deben considerar,**
- **el tipo de muestreador a utilizar, los contenedores para las muestras y el sellado y cierre de los contenedores.**



Información o antecedentes del sitio a muestrear

Frecuentemente, la información asequible del sitio es incompleta, por lo cual es necesario obtener tanta como sea posible del mismo, examinando la documentación disponible acerca del sitio y del contaminante presente a través del propietario del predio, de entrevistas a los vecinos sobre las actividades desarrolladas en el terreno, de reportes geológicos existentes, de planos geohidrológicos, etc.



Factores que determinan el comportamiento de los contaminantes en el suelo.

Los factores que influyen en forma directa o indirecta en el comportamiento de un contaminante presente en el suelo son:

- **Del sitio.-** Clima (temperatura, precipitación, heladas, dirección del viento, etc); Topografía (pendiente); Geohidrología (nivel freático, porosidad, dirección del flujo subterráneo, permeabilidad, etc); Características físicas, químicas y biológicas del suelo (granulometría, fenómenos de sorción, pH, etc).
- **Del contaminante.-** Presión de vapor (volatilidad); Solubilidad; Degradabilidad; Coeficiente de distribución octanol-agua; Interacciones con las diferentes fases del suelo.



Estrategia de muestreo

Para la estrategia de muestreo existen básicamente dos procedimientos :

Muestreo Dirigido o a Juicio de Experto (no estadístico).

Se tiene información previa del sitio, se conoce el compuesto, se realiza un análisis dirigido. Ejemplo Emergencias Ambientales, suelos en tratamiento

Muestreo Estadístico.

No se cuenta con información, es necesario muestrear toda el área, ha transcurrido un intervalo de tiempo considerable.

Ejemplo: Sitios Abandonados.



GRILLAS DE MUESTREO

En este trabajo es de vital importancia que la toma de muestras sea realizada correctamente y que las mismas sean representativas del área a evaluar. Podemos dividir el trabajo en dos grandes grupos: evaluación del sitio y seguimiento del proceso de tratamiento. Las recomendaciones para el primero son válidas para el seguimiento del proceso, sólo que cambian las grillas de muestreo.



Evaluación del sitio

Planificación de la toma de muestra

Las secciones siguientes proveen la discusión de antecedentes que orientan la elección de plan de muestreo para cada área. Los diseños considerados son:

Muestreo aleatorio simple

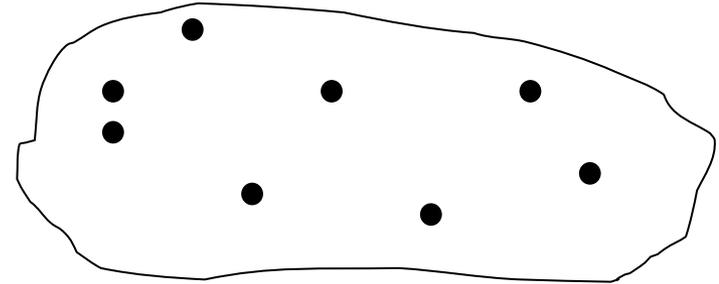
Muestreo estratificado aleatorio;

Muestreo sistemático simple

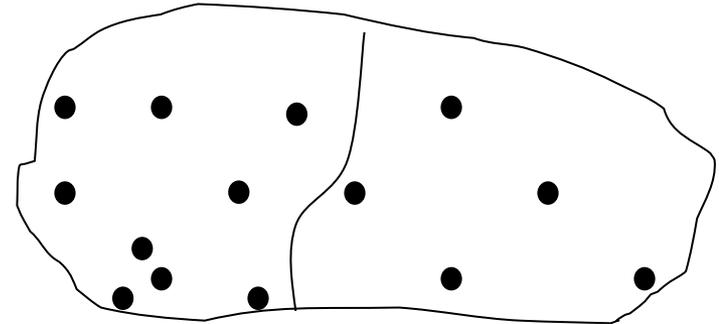
Muestreo sistemático estratificado secuencial



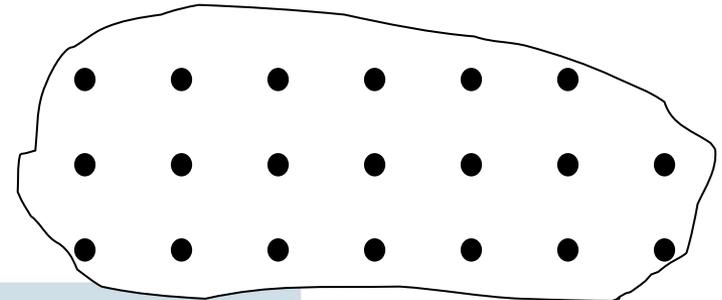
Muestreo aleatorio



Muestreo aleatorio estratificado

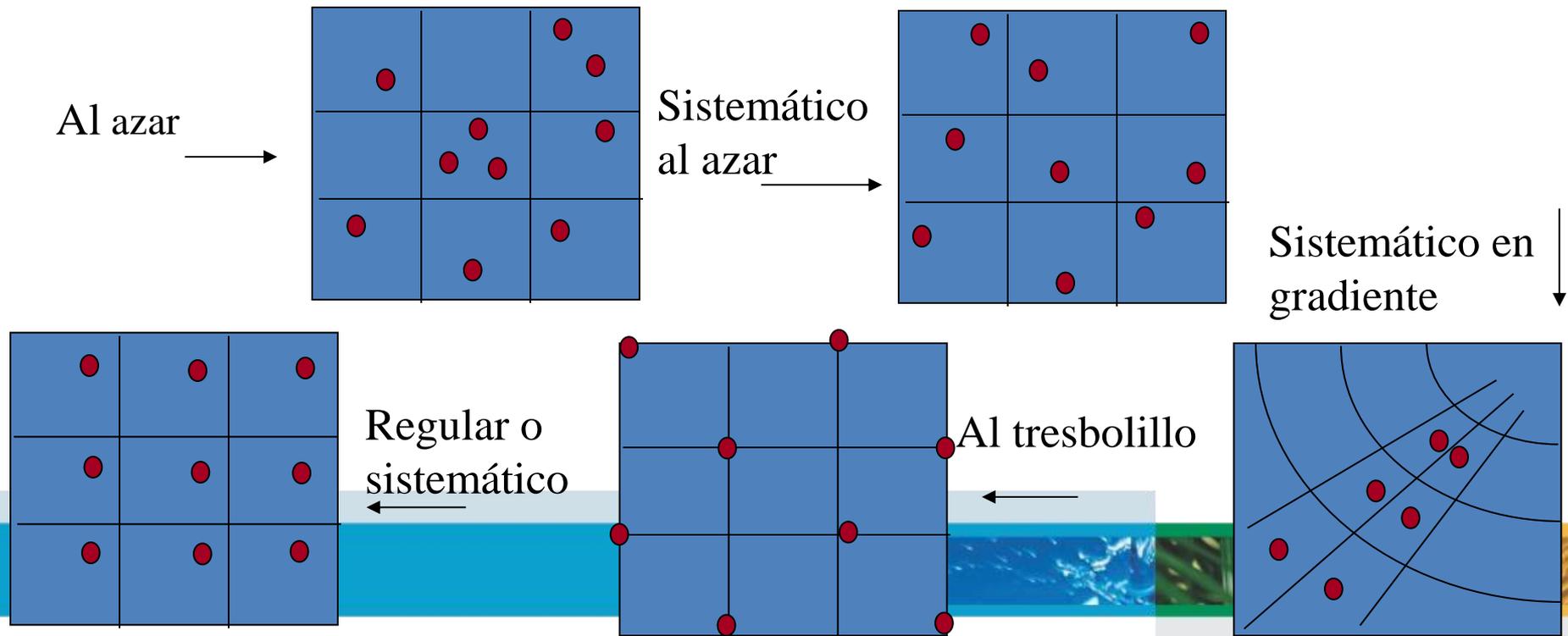


Muestreo sistemático



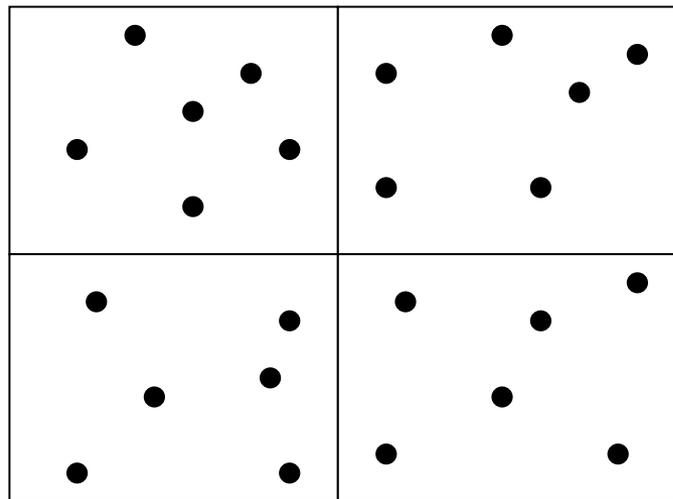
Muestreo al azar: no aporta información sistemática sobre el fenómeno que se está investigando, uso indicado en muestreos de control por alguna AA

Muestreo sistemático: permite el seguimiento de algún sistema de control de avance de la investigación en curso



Número de puntos

El número de puntos dependerá de la norma o del criterio utilizado. Se puede hacer referencia a las recomendaciones de EPA para el muestreo de suelo. Para el caso del método aleatorio de toma de muestras se recomienda tomar 6 muestras por áreas de 2000 m² (0,5acres) según el siguiente patrón. Cuando se debe determinar contaminación subsuperficial se puede usar la misma grilla tomando una muestra cada 0,30 cm (1 pie) de profundidad. Otros plantean 1 muestra cada 1 m de profundidad.

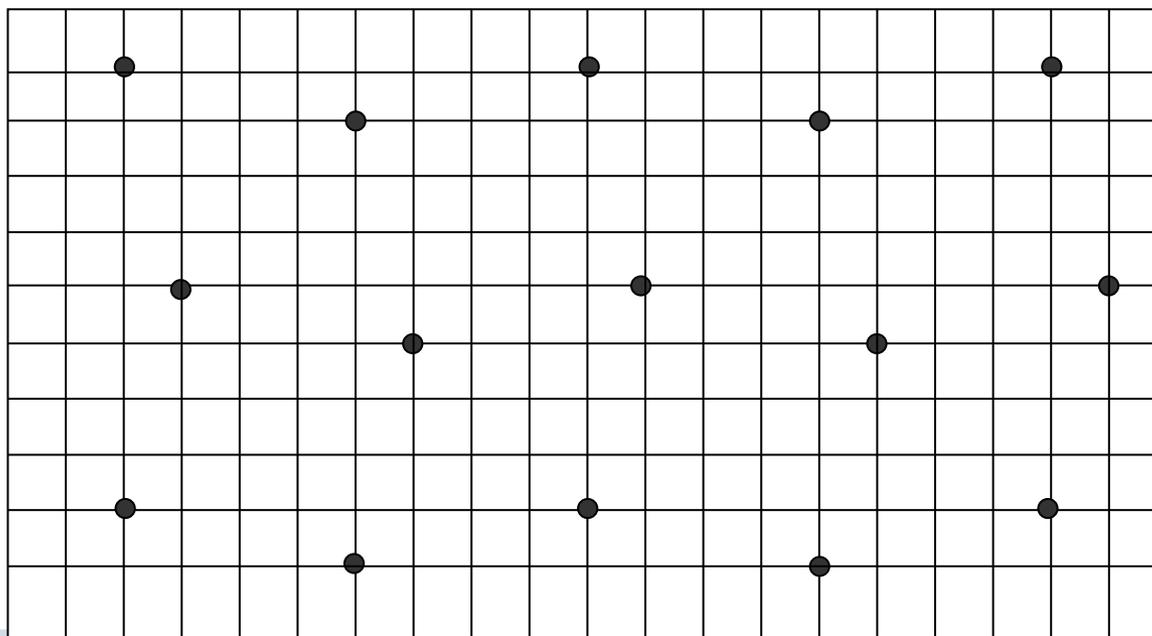


Método de Herringbone

Este método se puede incluir dentro de un muestreo sistemático y proporciona mejores resultados que los anteriormente descritos.

Se divide el terreno en una cuadrícula rectangular, en donde la distancia entre líneas dependerá del número de puntos a tomar

Se van a tomar los puntos de muestreo siguiendo un patrón en W para minimizar los efectos de la heterogeneidad de suelo, de acuerdo al siguiente esquema.



El número de puntos depende de la precisión que se desee lograr. Para detectar núcleos de contaminación se puede utilizar la siguiente regla:

$$\mathbf{N = K * A/a}$$

Donde a = área de la mancha más pequeña que se quiera detectar

A = área bajo estudio

K = coeficiente que depende de la forma y orientación de las manchas

K = 1,08 para manchas circulares

K = 1,25 para manchas en forma de pluma

K = 1,8 para manchas elípticas inclinadas a 90° de las líneas que definen la grilla con una relación largo/ancho de 4:1

K = 1,5 para los casos donde hay combinación de formas de manchas o no se puede conocer a simple vista la forma de las mismas.

N = número de puntos a tomar (precisión $\alpha = 0,05$)

En todos los casos las grillas de muestreo se deben adaptar a la situación de la zona a estudiar, de acuerdo al criterio del especialista que planifique y dirija la operación de toma de muestras y la norma utilizada, asegurando que $\alpha = 0,05$.



Criterios cuantitativos norma mexicana

- Una muestra simple y puntual por cada 310 m² por cada 1 m profundidad cuando se realice tratamiento “*in situ*”.
- Una muestra compuesta por cada 500 ton (310m²) cuando se realice tratamiento “on site”.
- Una muestra por cada 310 m² en el fondo de la fosa cuando se realice tratamiento “ex situ”.
- Procedimiento de aseguramiento de calidad: se tomará una muestra duplicada por cada 5, 6 ó 7 muestras tomadas. (Juicio de experto).



Precauciones durante el muestreo

Tomar en cuenta todas las precauciones posibles, ya que se puede estar expuesto a :

- **Presencia de materiales que pueden liberar gases tóxicos.**
- **Materiales corrosivos.**
- **Materiales inflamables.**

La información previa ayuda en la selección del equipo de protección personal.



Selección del elemento muestreador apropiado

- **Requiere de un minucioso conocimiento del área que se va a investigar, y de un conocimiento en el uso del equipo disponible.**
- **Deben considerarse factores tales como la profundidad a la que se colectarán las muestras y el volumen a muestrear.**
- **Se debe evitar el uso de equipo oxidado, sucio o recubierto (cromado, zincado, etcétera).**
- **Una vez utilizado se debe descontaminar el equipo.**

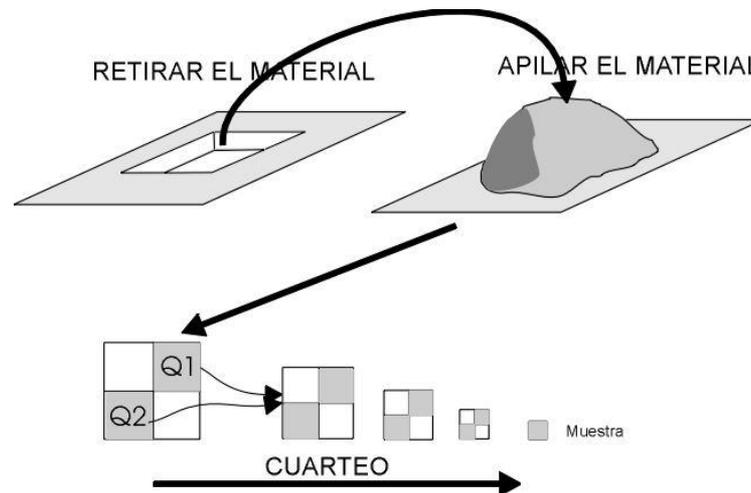
Para la obtención de muestras existen diferentes tipos de muestreadores, tal es el caso de palas, perforadores manuales, muestreadores de percusión o muestreadores de grano o tubo partido, entre otros.



*Se elige previamente una grilla de muestreo seleccionando aquellos puntos donde se extraerán las submuestras.

*Estas son posteriormente mezcladas y dan lugar a una sola muestra llamada “*muestra compuesta*” que representa el área homogénea en estudio.

*Luego se cuartea y se toma una porción de la misma que no llegue a los dos kilogramos



*La muestra se lleva a laboratorio adecuadamente conservada. El método de conservación dependerá del análisis a realizar



TRATAMIENTOS

Las técnicas de tratamiento son procesos que se aplican a desechos peligrosos o materiales contaminados para transformar su estado por medios químicos, biológicos o físicos.

Con técnicas de tratamiento se pueden transformar materiales contaminados, destruyéndolos o modificándolos, a fin de que sean menos peligrosos o dejen de ser peligrosos.



Remediación de suelos contaminados

Técnicas de tratamiento ex-situ

Tratamiento térmico

Tratamientos Físicos y Químicos

Tratamientos biológicos (landfarming, biopilas, reactores biológicos,...)

Técnicas de tratamiento in-situ

técnicas extractivas

técnicas de venteado

restauración biológica



Tecnologías para tratamiento de lodos, suelos y sedimentos

Técnicas no biológicas

Técnicas biológicas



Tecnologías para tratamiento de lodos, suelos y sedimentos

Técnicas no biológicas

Técnicas biológicas

Tratamiento biológico en fase slurry ← ●

Fitorremediación ← ● ●

● → **Extracción electroquímica**

● ● → **Extracción química**

● → **Separación**

● ● → **Lavado**

● → **Incineración**

● → **Pirolisis**

● → **Desorción térmica**

Tratamiento in situ ●

Tratamiento ex situ ●



Biorremediación

La biorremediación es el proceso por el cual se utilizan microorganismos o vegetales para limpiar un sitio contaminado.



Ensayos de tratabilidad

- Etapa I: selección en laboratorio
- Etapa II: Ensayos en serie
- Etapa III: Ensayos a escala piloto



Protocolos de Tratabilidad para Biorremediación

Este protocolo plantea 2 etapas principales a desarrollar en el menor tiempo posible.

Etapas I - Factibilidad:

Etapas II - Condiciones óptimas:

- Evaluar la biodegradabilidad de los hidrocarburos presentes mediante las poblaciones indígenas.
- a.1. Química de los hidrocarburos en relación a la biodegradabilidad -Escala de biodegradabilidad.
- a.2. Estudio de comunidades microbianas presentes
- a.3. Condiciones medioambientales que permitan optimizar la actividad metabólica de las poblaciones degradadoras.



Ensayos de tratabilidad

- Se debe realizar una propuesta técnica de ensayos de tratabilidad puntual para aquellas corrientes donde no sea posible la aplicación de la Técnica de Biorremediación clásica.

Implementación en campo del proceso diseñado

- La implementación en campo del proceso diseñado para cada corriente será llevada a cabo por la empresa que defina YPF S.A.



Análisis en base de datos <https://frtr.gov/>

The screenshot shows a web browser window displaying the Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR) website. The browser's address bar shows the URL <https://frtr.gov/>. The website's header includes the title "Federal Remediation Technologies Roundtable" and a central logo featuring various agency seals. A navigation menu on the left lists several categories, including "Home", "What's New?", "Technology Screening Matrix", "Cost & Performance Case Studies", "Decision Support Matrix", "Environmental Cost Engineering", "Remediation Optimization", "FRTR Meetings", "Current Publications", "Agency Program Links", "Abbreviations & Acronyms", "Glossary", "Archives", "Site Map", "Search", and "Comments". The main content area contains a paragraph describing the FRTR's mission: "The **Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR)** works to build a collaborative atmosphere among federal agencies involved in hazardous waste site cleanup. FRTR was established in 1990 to bring together top federal cleanup program managers and other remediation community representatives to:" followed by a bulleted list of goals:

- Share information and learn about technology-related efforts of mutual interest,
- Discuss future directions of the national site remediation programs and their impact on the technology market,
- Interact with similar state and private industry technology development programs, and
- Form partnerships to pursue subjects of mutual interest.

 Below this list, it states "FRTR members-agencies include:" followed by a list of member agencies:

- [U.S. Department of Defense](#)
 - [U.S. Air Force](#)
 - [U.S. Army](#)
 - [U.S. Navy](#)
- [U.S. Department of Energy](#)
- [U.S. Department of the Interior](#)
- [U.S. Environmental Protection Agency](#)
- [National Aeronautics and Space Administration](#)

 To the right of the main text, there is a quote: "Leading the Federal Government's Efforts to Promote Interagency Cooperation to Advance the Use of Innovative Technologies to Cleanup Hazardous Waste Contamination". At the bottom of the page, a footer states: "Since its inception, collaborative efforts among the FRTR member-agencies have led to". The browser's taskbar at the bottom shows the Windows logo, search icon, and several open applications, along with the system tray displaying the time as 3:10 p.m. on 27/3/2017.

Contaminated Site Clean x

Seguro | <https://clu-in.org/>

Aplicaciones Parao malayo | ARRITI Planos Historicos de E Modelismo Naval Aus (Microsoft Word - NU Buscar con Google modelismonaval.com Modelismo Naval Aus El rincón de Julián: En

CLU-IN EPA United States Environmental Protection Agency Technology Innovation and Field Services Division Search

Contaminated Site Clean-Up Information

Technologies Contaminants Issues Strategies & Initiatives Vendors & Developers Training & Events Additional Resources

Providing information about innovative treatment and site characterization technologies while acting as a forum for all waste remediation stakeholders

Spotlight

HRS Addition

EPA Adds Subsurface Intrusion to the Superfund Hazard Ranking System

The U.S. EPA has finalized a proposal to expand the hazards that qualify sites for the Superfund National Priorities List (NPL). EPA assesses sites using the Hazard Ranking System (HRS), which quantifies negative impacts to air, groundwater, surface water and soil. Sites receiving HRS scores above a specific threshold can be proposed for placement on the NPL. Subsurface intrusion is the migration of hazardous substances, pollutants or contaminants from contaminated groundwater or soil into an overlying building. Subsurface intrusion can result in people being exposed to harmful levels of hazardous substances, which can raise the lifetime risk of cancer or chronic disease. This regulatory change does not affect the status of sites currently on or proposed to be added to the NPL. This modification only augments criteria for applying the HRS to sites being evaluated in the future.

[More Information](#)

New Documents

NanoRem Project Bulletins

New ITRC Guide

Geospatial Analysis for Optimization at Environmental Sites

New Issue Paper

Best Practices for Environmental Site Management: Recommended Contents of a Groundwater

HRS Addition

EPA Adds Subsurface Intrusion to the Superfund Hazard Ranking System

Live Web Events

- Mar 30: FFRRO Five Year Review Tools

TIFSD's News Corner

- Courses & Conferences

Staying Connected

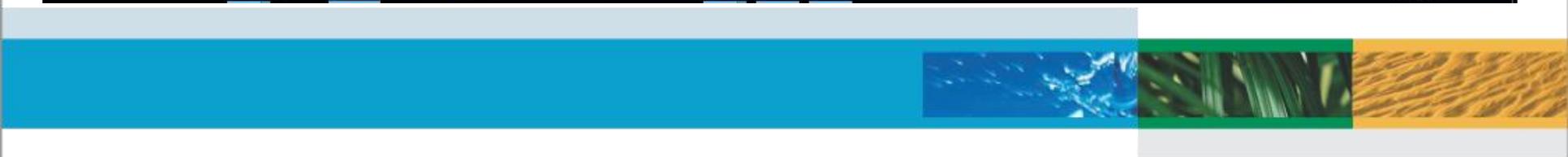
Facebook Twitter LinkedIn

Podcasts RSS Feeds

NEWS Room

Live Events

Vínculos Escritorio 3:08 p. m. 27/3/2017



GRACIAS POR SU ATENCION

