



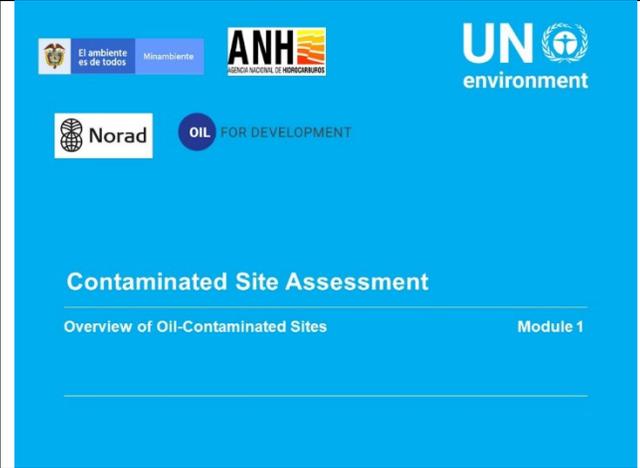
Capacitación Nacional para Colombia en Evaluación de Sitios
Contaminados con Petróleo e Hidrocarburo

Del 27 de noviembre al 1 de diciembre de 2023

Fairfield Hotel
Bogotá, Colombia

GUÍA DE TRADUCCIÓN DE PRESENTACIONES

Módulo 1

| | |
|--|--|
|  | <p>Evaluación de sitios contaminados</p> <p>Descripción general de sitios contaminados por petróleo</p> <p>Módulo 1</p> |
| <p>Objectives</p> <p>Provide an overview of the Contaminated Site Assessment Framework, with brief introductions to Risk Assessment and Remedial Action Planning.</p> <p>Topics</p> <ul style="list-style-type: none">• Definitions of Contaminated Site• Types of Contaminants• Overview Contaminated Site Assessment Framework• Oil in the environment; Receptors, sources of Contaminants and Impacts• Conceptual Site Models (CSMs)• Introduction to Sources of Errors & Risk Assessment• Remedial Action Planning Options and Closure  | <p>Objetivos</p> <p>Proporcionar una descripción general del marco de evaluación de sitios contaminados, con breves introducciones a la evaluación de riesgos y la planificación de acciones correctivas.</p> <p>Temas</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición del término “sitio contaminado”• Tipos de contaminantes• Descripción general del Marco de evaluación de sitios contaminados• Petróleo en el medio ambiente; receptores, fuentes de contaminantes y su impacto• Modelos conceptuales del sitio (CSM)• Introducción a las fuentes de errores y evaluación de riesgos• Opciones de planificación de acciones correctivas y cierre |
| <p>What is a Contaminated Site?</p> <p>Areas of land, water, groundwater, or sediments that have levels of contaminants exceeding background concentrations or has chance to present a risk to people and/or the environment (RECEPTORS).</p> <p>Contaminant SOURCES can include on-site burial of wastes, small, frequent drips and spills, stockpiling and storage of materials, major spills, and releases during fires. They may migrate or be carried along PATHWAYS to reach the RECEPTORS.</p> <p>Contamination may also be due to illegal dumping of contaminated soil.</p> <p>Contaminated sites may have short or long term consequences to health of people or the quality of the environment.</p>  | <p>¿Qué es un sitio contaminado?</p> <p>Áreas de tierra, agua, agua subterránea o sedimentos que tienen niveles de contaminantes que exceden las concentraciones de fondo o tienen la posibilidad de presentar un riesgo para las personas y/o el medio ambiente (RECEPTORES).</p> <p>Las FUENTES de contaminantes pueden incluir el entierro de desechos en el sitio, goteos y derrames pequeños y frecuentes, acumulación y almacenamiento de materiales, derrames importantes y escapes durante incendios. Pueden migrar o ser transportados por CAMINOS para llegar a los RECEPTORES.</p> <p>La contaminación también puede causarse por el vertido ilegal de suelo contaminado.</p> <p>Los sitios contaminados pueden tener consecuencias a corto o largo plazo para la salud de las personas o la calidad del medio ambiente.</p> |

Fuente: Directrices del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Nunavut para la remediación de sitios contaminados 2009 <http://www.gov.nu.ca/env/environment>

Some definitions

“**site**” means an area of land and includes underground water under that land; and, surface water on that land

“**source site**” means a site on which contamination; or on which a substance has originated and from which it has migrated to another site (the “affected site”) causing, or contributing to, contamination on the other site.

“**affected site**” means a site on which contamination is caused, or contributed to by contamination, or by a substance which has migrated to that site from another site (the “source site”).

“**contaminated**” in relation to land, water or a site, means having a substance present in or on that land, water or site at above background concentrations that presents, or has the potential to present, a risk of harm to human health, the environment or any environmental value.

“**background concentrations**” means the naturally occurring, ambient concentrations of a substance in the local area of a site.

4 Govt. Western Australia Dep Environmental Regulation Assessment and management of contaminated sites. Contaminated sites guidelines. 2014

Algunas definiciones

“**Sitio**” significa un área de tierra e incluye el agua subterránea y el agua superficial que se encuentren en esta tierra

“**Sitio de origen**” significa un sitio en el que se haya generado contaminación o alguna sustancia y desde el cual ha migrado a otro sitio (el “sitio afectado”) causando, o contribuyendo a, la contaminación en el otro sitio.

“**Sitio afectado**” significa un sitio en el cual se causa, o se contribuye a la contaminación, o se genera por una sustancia que ha migrado a ese sitio desde otro (el “sitio de origen”).

“**Contaminado**” respecto a la tierra, el agua o un sitio, significa que una sustancia está presente en el interior o superficie de esa tierra, agua o sitio, en concentraciones que exceden los niveles de fondo, o que tiene el potencial de presentar un riesgo para la salud humana, el medio ambiente o cualquier otro valor ambiental.

“**Concentraciones de fondo**” significa las concentraciones ambientales naturales de una sustancia en el área local de un sitio.

Departamento del Gobierno de Australia Occidental
Evaluación y gestión de la regulación ambiental de sitios contaminados. Contaminated sites guidelines. 2014

Contaminated what?

Contaminants can be present in:

- **Drinking water** reservoirs under ground or in lakes/rivers
- **Soil** used for farming or through which water percolates
- **Air** we breathe

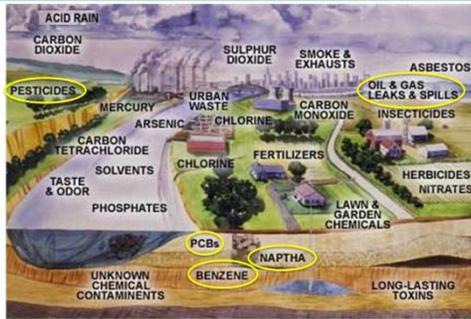


¿Dónde se pueden presentar los contaminantes?

Los contaminantes pueden estar presentes en:

- **Agua potable**, embalses bajo tierra o en lagos/ríos
- El **suelo** utilizado para la agricultura o por el que se filtra el agua
- El **aire** que respiramos

Common Contaminants in Land & Water



Source: <https://greenplanetethics.com/wordpress/list-of-drinking-water-contaminants-their-maximum-contaminant-level-disinfectants/>

5

Contaminantes comunes en la tierra y el agua

LLUVIA ACIDA, DIÓXIDO DE CARBONO, DIÓXIDO DE AZUFRE, HUMO Y GASES DE ESCAPE, ASBESTOS, **PESTICIDAS**, MERCURIO, ARSÉNICO, RESIDUOS URBANOS, CLORO, MONIXURO DE CARBONO, **FUGAS Y DERRAMES DE PETRÓLEO Y GAS**, INSETICIDAS, TETRACLORURO DE CARBONO, SOLVENTES, SABOR Y OLOR, FOSFATOS, FERTILIZANTES, HERBICIDAS, NITRATOS, PRODUCTOS QUÍMICOS PARA CÉSPED Y JARDÍN, CONTAMINANTES QUÍMICOS DESCONOCIDOS, **PBC, BENCENO, NAFTA**, TOXINAS DE LARGA DURACIÓN

Fuente: <https://greenplanetethics.com/wordpress/list-of-drinking-water-contaminants-their-maximum-contaminant-level-disinfectants/>

Contaminated sites - where?

How **much** and **where** is the contaminated land? Nobody is exactly sure, data are incomplete, but there are many sites.

- In the UK alone, estimates vary from **50,000 ha to 200,000 ha**.
- The UK Environment Agency (1999) estimates that some 300,000 ha of land across the UK may be affected either by industrial or "natural" contamination.
- Although not all sites will pose immediate concerns, the Agency estimates that there may be between **5,000 and 20,000 "problem sites"**.
- In the USA, EPA (2017) and its partners reported overseeing approx. **640,000 to 1,319,100 facilities** to prevent releases into communities.
- Every year, more than **30,000 emergencias** involving the release (or threatened release) of oil and hazardous substances are reported in the USA. EPA works with other federal agencies, state and local responders to eliminate danger to the public.

Source: Contaminated land and risk assessment: A guide to good practice. CIRIA C552 Londres 2001; y <https://www.epa.gov/aboutepa/office-land-and-emergency-management-olem-accomplishment-reports-and-benefits>

7

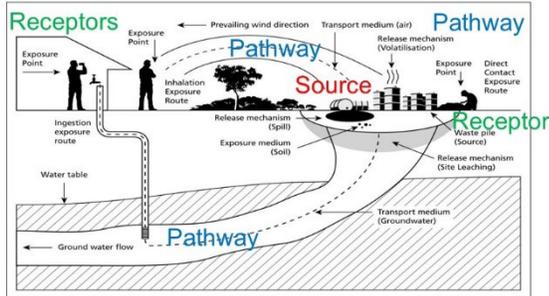
¿Dónde se encuentran los sitios contaminados?

¿Qué **tanta** es la tierra contaminada y **dónde** se encuentra? Nadie está completamente seguro, los datos están incompletos, pero hay muchos sitios.

- Solo en el Reino Unido, las estimaciones varían de **50.000 ha a 200.000 ha**.
- La Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido (1999) estima que unas 300.000 ha de tierra en todo el Reino Unido pueden verse afectadas por contaminación industrial o "natural".
- Aunque no todos los sitios plantean preocupaciones inmediatas, la Agencia estima que puede haber entre **5.000 y 20.000 "sitios problemáticos"**.
- En los EE. UU., EPA (2017) y sus socios informaron que supervisaron aproximadamente **640.000 a 1.319.100 instalaciones** para evitar descargas en las comunidades.
- Cada año en los EE. UU., se reportan más de **30.000 emergencias** que involucran la descarga (o posible descarga) de petróleo y sustancias peligrosas. La EPA trabaja con otras agencias federales, responsables estatales y locales para eliminar el peligro para el público.

Fuente: Contaminated land and risk assessment: A guide to good practice. CIRIA C552 Londres 2001; y <https://www.epa.gov/aboutepa/office-land-and-emergency-management-olem-accomplishment-reports-and-benefits>

Conceptual Site Models (CSM)



Example of a simple CSM illustrating potential source>pathway>receptor linkages

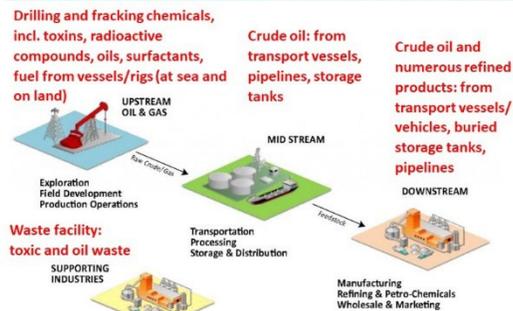
Ejemplo de un CSM simple que ilustra los vínculos potenciales de fuente > vía > receptor

Receptores
Ruta
Fuente
Receptor

Punto de exposición
Vía de exposición por ingestión
Vía de exposición por inhalación
Dirección del viento predominante
Medio de transporte (aire)
Vía de exposición por contacto directo
Mecanismo de liberación (volatilización)
Mecanismo de liberación (derrame)
Mecanismo de liberación (suelo)
Mecanismo de liberación (lixiviación del sitio)
Pila de desechos (fuente)
Mesa de agua
Medio de transporte (agua subterránea)
Flujo de agua subterránea

Ejemplo de un CSM simple que ilustra los vínculos potenciales de fuente > vía > receptor

Potential contaminants in O&G value chain



Where, what, when, how? Think: Sources > Pathways > Receptors

Source: <https://avata.com/oil-gas>

Posibles contaminantes en la cadena de valor de O&G

Los productos químicos para perforación y fracking, incl. toxinas, compuestos radiactivos, aceites, tensioactivos, combustible de embarcaciones/plataformas (en el mar y en tierra)

PETRÓLEO Y GAS AGUAS ARRIBA

Petróleo crudo: de buques de transporte, oleoductos, tanques de almacenamiento

SECCIÓN MEDIA

Petróleo crudo y varios productos refinados: desde buques/vehículos de transporte, hasta tanques de almacenamiento enterrados y tuberías

AGUAS ABAJO

Gas crudo sin tratamiento (->)
Materia prima (->)

Exploración
Desarrollo de campo
Operaciones de producción

Transporte
Procesamiento
Almacenamiento y distribución

Fabricación
Refino y petroquímicos
Comercio al por mayor y mercadeo

Planta de residuos: residuos tóxicos y de petróleo.
INDUSTRIAS DE APOYO

¿Dónde? ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Cómo? Reflexione: Fuentes > Vías > Receptores

Fuente: <https://avata.com/oil-gas>

How do oil contaminants get there?

Contaminants can enter the environment through a number of ways:

- **Fires or explosions of fuel** e.g. of oil or gas wells on land or in the sea
- **Road accidents** e.g. involving fuel tankers
- **Shipping accidents** leading to oil spills at sea/coastline
- **Leaking storage tanks, equipment or pipelines** underground or on surface
- **Municipal infrastructure** e.g. sewage systems



10

¿Cómo llegan los contaminantes del petróleo?

Los contaminantes pueden ingresar al medio ambiente a través de varias formas:

- **Incendios o explosiones de combustible**, por ejemplo, de pozos de petróleo o gas en tierra o en el mar
- **Accidentes de carretera**, por ejemplo, aquellos que involucren camiones cisterna
- **Accidentes de envío** que causen derrames de petróleo en el mar/la costa
- **Fugas en tanques de almacenamiento, equipos o tuberías** bajo tierra o en la superficie
- **Infraestructura municipal**, por ejemplo, sistemas de alcantarillado.

Contaminated Sites: e.g. Niger delta



Illegal refineries leaving crude oil spills directly onto land and nearby rivers

11

Sitios contaminados: ejemplo, delta del Níger

Refinerías ilegales que dejan derrames de petróleo crudo directamente en tierra y ríos cercanos

Contaminated Sites: e.g. Iraq desert



Oil well blow-out from sabotage causing spill directly onto land and air emissions

12

Sitios contaminados: ejemplo, desierto en Irak

Explosiones de pozos de petróleo por sabotaje que provocan derrames directamente sobre la tierra y emisiones atmosféricas

Contaminated Sites: e.g. Iraq river



River-crossing crude oil pipeline failure causing spillage directly into river

13

Sitios contaminados: ejemplo, río en Irak

La falla del oleoducto de crudo que cruza el río provoca un derrame directamente en el río

Contaminated Sites: e.g. Mauritius



MV Wakashio September 2020 spilling 1000 tonnes of heavy fuel oil

14

Sitios contaminados: ejemplo, Mauricio

El MV Wakashio, en septiembre de 2020, derramando 1000 toneladas de fueloil pesado

Contaminated Sites and Receptors

| Types of Sites | Receptors |
|---|---|
| Housing | People, materials, private assets |
| Offices | People, materials, commercial assets, businesses |
| Factories | People, materials, commercial assets, businesses |
| Warehouses | People, materials, commercial assets, businesses |
| Parks and recreation areas | People, wildlife, soil, water, social and conservation values |
| Archaeological sites | People, cultural value |
| Farmland | People, crops, soil, water, businesses |
| Public land | People, wildlife, soil, water |
| Protected areas (e.g. wetlands, forest) | Endangered spp. plants/animals, tourism businesses |
| River, lakes and shoreline | People, wildlife, sediment, water, recreational businesses |
| Oceans and deepsea | Wildlife, sediment, water, fisheries and tourism businesses |

15

Sitios y receptores contaminados

| Tipos de sitios | Receptores |
|--|---|
| Alojamiento | Personas, materiales, activos privados |
| Oficinas | Personas, materiales, activos comerciales, empresas |
| Fábricas | Personas, materiales, activos comerciales, empresas |
| Almacenes | Personas, materiales, activos comerciales, empresas |
| Parques y áreas de recreación | Personas, vida silvestre, suelo, agua, valores sociales y de conservación |
| Sitios arqueológicos | Personas, valor cultural |
| Tierras de cultivo | Personas, cultivos, suelo, agua, empresas |
| Terreno público | Gente, vida silvestre, suelo, agua |
| Áreas protegidas (por ejemplo, humedales, bosques) | Especies en peligro de extinción. plantas/animales, empresas turísticas |
| Ríos, lagos y costa | Personas, vida silvestre, sedimentos, agua, negocios recreativos |
| Océanos y mar profundo | Empresas de vida silvestre, sedimentos, agua, pesca y turismo |

When does contamination = pollution?

- **Contamination** is simply the presence of a substance where it should not be or at concentrations above background.
- **Pollution** is contamination that results in or can result in adverse biological effects to resident communities.

Note. All pollutants are contaminants, but not all contaminants are pollutants.
Chapman (2007)

Differentiating pollution from contamination requires, among other things:

- chemical analyses in order to establish presence of contaminants and the concentration of these
- studies of bioavailability and/or toxicity
- laboratory or field toxicity tests directed to key species

Note: last two studies carried out by experts and in rarely nowadays.

Contaminant effects may be **direct** e.g. on health or activity of a species, or **indirect** (also called secondary), typically if a predator or grazer is killed by a direct effect, more resistant prey species may become abundant.

Source: Chapman, 2007. Determining when contamination is pollution — Weight of evidence determinations for sediments and effluents. Envir. Intern. 33(4): 492-501.

16

¿En qué casos la contaminación es igual a la polución?

- La **contaminación** es simplemente la presencia de una sustancia donde no debería estar o en concentraciones superiores las de fondo.
- La **polución** es la contaminación que causa, o puede causar efectos biológicos adversos en las comunidades residentes.

Nota. Todos los agentes que causan polución son contaminantes, pero no todos los contaminantes causan polución.

Chapman (2007)

Diferenciar la contaminación de la polución requiere, entre otras cosas:

- Análisis químicos para establecer la presencia de contaminantes y la concentración de estos
- Estudios de biodisponibilidad y/o toxicidad
- Pruebas de toxicidad de laboratorio o de campo dirigidas a especies clave.

Nota: los dos últimos estudios fueron realizados por expertos y en raras ocasiones en la actualidad.

Los **efectos contaminantes** pueden ser **directos**, por ejemplo, en la salud o la actividad de una especie; o **indirectos** (también llamados secundarios), típicamente si un depredador o un animal de pastoreo muere por un efecto directo, las especies de presas más resistentes pueden volverse abundantes.

Fuente: Chapman, 2007. Determining when contamination is pollution — Weight of evidence determinations for sediments and effluents. *Envir. Intern.* 33 (4): 492-501

Concentrations of ppts and ppms

The **guiding measures** to avoid effects from contamination, and as indicators of pollution, are usually expressed as **concentrations** of the amounts of most chemical pollutants and toxins that can be considered safe in the environment, tissues of fish, in drinking water etc. Most are represented in values of part per million (ppm). How big is this amount?

Chlorine in drinking water: US EPA requires treated tap water to have a detectable level of chlorine to help prevent contamination, with allowable chlorine levels in drinking water (up to 4 parts per million, or 4 ppm).

Oil Operational pollution at sea, from shipping, using MARPOL's discharges of bilge water at 15 ppm of oil in water.



Note: contaminants in water often measured in milligrams per liter (mg/L). 1 mg/L = 1 ppm. **1 drop in a bathtub full of water = 2 ppm**

17 Source: Alaska Department of Environmental Conservation - Spill Prevention and Response Division - Contaminant Concentrations. Series 1, Fact Sheet # 7 ENVIRONMENTAL CLEANUP EDUCATIONAL TOOLS SERIES June 2009

Concentraciones de ppt y ppm

Son las **medidas de orientación** para evitar los efectos de la contaminación, y como indicadores de polución, generalmente se expresan como **concentraciones** de las cantidades de la mayoría de los contaminantes químicos y toxinas que pueden considerarse seguras en el medio ambiente, los tejidos de los peces, el agua potable, etc. La mayoría están representados en valores de partes por millón (ppm). ¿Qué tan grande es esta cantidad?

Cloro en agua potable: La EPA de EE. UU. exige que el agua de grifo tratada tenga un nivel detectable de cloro para ayudar a prevenir la contaminación, con niveles de cloro permitidos en el agua potable de hasta 4 partes por millón (4 ppm).

La polución operacional del **petróleo** en el mar, proveniente del transporte marítimo, utilizando descargas de agua de sentina de MARPOL a 15 ppm de petróleo en agua.

Nota: los contaminantes en el agua a menudo se miden en miligramos por litro (mg/L). 1 mg/L = 1 ppm.

1 gota en una bañera llena de agua = 2 ppm

Fuente: Departamento de Conservación Ambiental de Alaska - División de Prevención y Respuesta a Derrames - Concentraciones de Contaminantes. Serie 1, Hoja informativa # 7 ENVIRONMENTAL CLEANUP EDUCATIONAL TOOLS SERIES Junio de 2009

Toxicity of Contaminants



| Contaminants of Land and Water | Uses | Effects |
|--|---|--|
| Heavy hydrocarbons: crude oil, bulk fuel | Various: e.g. fuels, solvents, paints, plastics | Smothering; toxic fractions enter ground/surface waters |
| Light hydrocarbons: diesel, petrol, benzene | Fuel, solvents, paints, plastics | Toxic fractions enter water systems |
| Carbon tetrachloride (or tetra-chloromethane) | Solvent, fumigant, industrial chemicals | In water, mostly sinks; through drinking, toxic to liver and kidneys; cancer, death; greenhouse gas. |
| Nutrients: phosphates, nitrates | Fertilisers | Eutrophication (fish kills) |
| Heavy metals: e.g. Cr, Pb, Hg, Ni, Ar, Cd, Cu... | Various: electronics, paints, pesticides, batteries | Accumulate to lethal levels in animals, mutations, cancer |

18

Toxicidad de contaminantes

| Contaminantes de la tierra y el agua | Usos | Efectos |
|---|--|---|
| Hidrocarburos pesados: petróleo crudo, combustible a granel | Varios: por ejemplo, combustibles, solvents, pinturas, plásticos | Sofocante; las fracciones tóxicas entran en aguas subterráneas/superficiales |
| Hidrocarburos ligeros: diesel, gasolina, benceno | Combustible, solvents, pinturas, plásticos | Las fracciones tóxicas entran en los sistemas de agua |
| Tetracloruro de carbono (o tetraclorometano) | Solvents, fumigantes, productos químicos industriales | En el agua, principalmente se hunde; por beber, tóxico para el hígado y los riñones; cáncer, muerte; gases de efecto invernadero. |
| Nutrientes: fosfatos, nitratos | Fertilizantes | Eutrofización (muerte de peces) |
| Metales pesados: por ejemplo, Cr, Pb, Hg, Ni, Ar, Cd, Cu .. | Varios: electrónica, pinturas, pesticidas, baterías | Se acumulan a niveles letales en animales, mutaciones, cáncer. |

Toxicity of Contaminants



| Contaminants of Land and Water | Uses | Effects |
|---------------------------------|--|--|
| Herbicides e.g. | To kill unwanted plants | Enter water and soil systems, affecting wildlife and humans |
| Pesticides e.g. DDT | To kill unwanted pests | Accumulate to lethal levels in animals, mutations, cancer |
| Polychlorinated biphenyl (PCBs) | Transformer/coolant oils, also in paints, sealants | Bio-accumulates, reduced immunity; thyroid, liver mental problems, death |
| Chlorine | Bactericide in pools, cleaning, and bleach in paper industry | Toxic when ingested, or gas inhaled leading to breathing risks, death |

19

Toxicidad de contaminantes

| Contaminantes de la tierra y el agua | Usos | Efectos |
|--------------------------------------|---|---|
| Herbidas, por ejemplo | Para matar plantas no deseadas | Entrar en los sistemas de agua y suelo, afectando a la vida silvestre y a los humanos. |
| Pesticidas, por ejemplo, DDT | Para matar plagas no deseadas | Se acumulan a niveles letales en animales, mutaciones, cáncer. |
| Bifenilo policlorado (PCB) | Aceites para transformadores/r refrigerantes, también en pinturas, selladores | Bioacumulación, inmunidad reducida; tiroides, problemas mentales del hígado, muerte |
| Cloro | Bactericida en piscinas, limpieza y lejía en industria papelera | Tóxico cuando se ingiere, o se inhala gas, lo que provoca riesgos respiratorios o la muerte |

Material Safety Data Sheets - MSDS

A MSDS, or Safety Data Sheet provides info on properties of hazardous chemicals and how they affect health and safety in the workplace. e.g. typical info includes:

- The identity of the chemical
- Health & physicochemical hazards
- Safe handling & storage procedures
- Emergency procedures, & disposal considerations

Most countries require manufacturers or importers of a hazardous chemical to prepare an MSDS for the chemical. Suppliers must provide current MSDS for hazardous chemicals on first supply to a workplace and upon request. MSDS must be reviewed periodically, kept up to date, or, be reviewed and re-issued every 5 years.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET - 9 SECTIONS

SECTION 1 - PRODUCT INFORMATION
 Product Name
 Product Code
 Manufacturer's Name
 Physical and Mailing Address
 Company Contact Person/Number

SECTION 2 - HAZARDOUS INGREDIENTS
 Hazardous Ingredients (very specific)

SECTION 3 - PHYSICAL DATA
 Physical State (What does it look like? Is it a liquid, gas, or solid?)
 Melting/Boiling Point (under a variety of circumstances) (e.g. heat, heating, cooling, etc.)
 Flammability and how to extinguish. Includes a wide variety of details concerning how easily this product will ignite - vapors and how to deal with it. How stable is this material?

SECTION 4 - FIRE AND EXPLOSION DATA
 Will ignite - vapors and how to deal with it. How stable is this material? How it reacts under various conditions.

SECTION 5 - REACTIVITY DATA
 Incompatibility with other substances. Hazardous Decomposition Products (Identifies about how the product affects and enters the body. Irritates/absorb. Long term toxic affect.)

SECTION 6 - TOXICOLOGICAL PROPERTIES
 Exposure limits. In summary, immediate and long term effects on the human body.

SECTION 7 - PREVENTIVE MEASURES
 Personal Protection (Eye, ventilation, etc., suit and spill info, waste disposal, handling and storage, special shipping instructions)

SECTION 8 - FIRST AID MEASURES
 Information for immediate first aid treatment. Usually always ends with "Contact a Doctor"

SECTION 9 - PREPARATION INFORMATION / Who prepared this and contact info

20 Source: <https://www.farmco.com.au/blog/farm-basics---what-is-an-msds->

Hojas de datos sobre seguridad de materiales (MSDS)

Una MSDS, u hoja de datos sobre seguridad, proporciona información sobre las propiedades de los productos químicos peligrosos y cómo afectan la salud y la seguridad en el lugar de trabajo. La información típica incluye:

- La identidad del químico
- Riesgos fisicoquímicos y para la salud
- Procedimientos seguros de manipulación y almacenamiento
- Procedimientos de emergencia y consideraciones acerca de la eliminación

La mayoría de los países requieren que los fabricantes o importadores de un químico peligroso preparen una MSDS para el químico.

Los proveedores deben proporcionar la MSDS actual para los productos químicos peligrosos en el primer suministro al lugar de trabajo y cuando se solicite.

La MSDS debe revisarse periódicamente, mantenerse actualizada o revisarse y volver a publicarse cada 5 años.

La MSDS debe estar disponible en el sitio para todos los productos peligrosos usados en O&G y otras industrias.

Fuente: <https://www.farmco.com.au/blog/farm-basics---what-is-an-msds->

Soil Pollution - Effects



21 Source: <https://helpsavenature.com/soil-pollution-causes-effects>

Polución del suelo - Efectos

CAUSAS:

- RESIDUOS INDUSTRIALES
- MALA GESTIÓN DEL SUELO
- FUGAS DE COMBUSTIBLE

EFFECTOS:

- DISMINUCIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO
- EROSIÓN DEL SUELO
- POLVO TÓXICO

Fuente: <https://helpsavenature.com/soil-pollution-causes-effects>

Water Pollution – Sources and Effects



22 Source: <https://h2theno.files.wordpress.com/2014/05/pollutants-in-water.jpg>

Polución del agua: fuentes y efectos

Residuos de plantas de fabricación
La lluvia atraviesa la polución del aire
Residuos de animales y animales muertos
Drogas vertidas en el suministro de agua
Fugas de gasolina
Escorrentía de aguas residuales y desechos

Minerales del acuífero de lixiviación del suelo
MESA DE AGUA
Acuífero no confinado
Acuífero confinado

Cómo llegan los contaminantes a nuestro suministro de agua

Fuente: <https://h2theno.files.wordpress.com/2014/05/pollutants-in-water.jpg>

<https://h2theno.files.wordpress.com/2014/05/pollutants-in-water.jpg>

Water Pollution – Sources

• Four litres (1 gallon) of gasoline can contaminate approximately 2.8 million litres (750,000 gallons) of water (that equal 1:750,000, which is >1 ppm). Note: the US EPA Max Contaminant Level for Benzene allowed in drinking water is 0.005 ppm.

• Groundwater supplies serve about 80% of the population, whereas up to 4% of usable groundwater is already polluted.

• There are 12,000 different toxic chemical compounds in industrial use today, and more than 500 new chemicals are developed each year.

• Over 70,000 different water contaminants have been identified.

• If all new sources of contamination could be eliminated, in 10 years, 98% of all available groundwater would then be free of pollution.

23 Source: <https://h2theno.wordpress.com/2014/05/05/fresh-water-pollution/>

Polución del agua - Fuentes

- Cuatro litros (1 galón) de gasolina pueden contaminar aproximadamente 2,8 millones de litros (750,00 galones) de agua (que equivalen a 1:750.000, que es > 1 ppm). Nota: el nivel máximo de contaminante de la EPA de EE. UU. Para benceno permitido en el agua potable es de 0,005 ppm.
- Los suministros de agua subterránea abastecen aproximadamente al 80% de la población, mientras que hasta el 4% del agua subterránea utilizable ya está contaminada.
- En la actualidad, existen 12.000 compuestos químicos tóxicos diferentes en uso industrial y cada año se desarrollan más de 500 nuevos productos químicos.
- Se han identificado más de 70.000 contaminantes del agua diferentes.
- Si se pudieran eliminar todas las nuevas fuentes de contaminación, en 10 años, el 98% de toda el agua subterránea disponible estaría libre de polución.

Fuente: <https://h2theno.wordpress.com/2014/05/05/fresh-water-pollution/>

Marine Oil Pollution - Effects



After an oil spill in the sea, typically the effects on marine organisms range across a spectrum from toxicity (especially for light oils and oil products – affecting plankton and fish very quickly) to smothering (particularly for intermediate and heavy fuel oils and weathered residues – that can kill mangroves and other shoreline habitats and creatures, as well as birds and large animals).

24 Source: <http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-13-effects-of-oil-pollution-on-the-marine-environment/>

Polución por hidrocarburos marinos - Efectos

CRUDOS LIGEROS
CRUDOS PESADOS

GASOLINA
PETRÓLEO MARINO DIESEL
PETRÓLEO CRUDO LIGERO
PETRÓLEO CRUDO PESADO
IFO 180
HFO

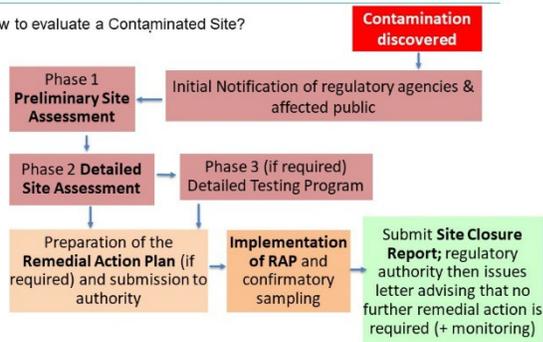
EFFECTOS TOXICOS
ALISADO

Después de un derrame de petróleo en el mar, por lo general, los efectos sobre los organismos marinos abarcan un espectro que va desde la toxicidad (especialmente para los petróleos ligeros y productos derivados del petróleo, que afectan al plancton y el pescado muy rápidamente) hasta la asfixia (en particular para los fuelóleos intermedios y pesados, y residuos meteorizados) que pueden matar manglares y otros hábitats y criaturas costeras, así como aves y animales grandes.

Fuente: <http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-13-effects-of-oil-pollution-on-the-marine-environment/>

Contaminated Site Assessment Framework

How to evaluate a Contaminated Site?



25 Source: Dept Environment Government of Nunavut Guideline for Contaminated Site Remediation 2009 <http://www.gov.nu.ca/env/environment>

Marco de trabajo de la evaluación de sitios contaminados

¿Cómo evaluar un sitio contaminado?

Contaminación descubierta

Fase 1: Evaluación preliminar del sitio

Notificación inicial de agencias reguladoras y público afectado

Fase 2: Evaluación detallada del sitio

Fase 3: (si es necesario) Programa de prueba detallado

Preparación del **Plan de acción correctiva** (si es necesario) y presentación ante las autoridades

Implementación de RAP y muestreo de confirmación

Enviar el **Informe de cierre del sitio**; la autoridad reguladora luego emite una carta advirtiendo que no se requieren más acciones correctivas (+ monitoreo)

Fuente: Dept Environment Government of Nunavut Guideline for Contaminated Site Remediation 2009 <http://www.gov.nu.ca/env/environment>

Overall Objectives of a CSA

Traceability – Representativeness – Trust

Sampling Plan → Reality → Laboratory / Report



EPA Sampling Guideline

i.e. EPA 6000 series

ISO 17025

26

Objetivos generales de un CSA

Trazabilidad - Representatividad - Confianza

Plan de muestreo

Realidad

Reporte de laboratorio

Pautas de muestreo de la EPA

Es decir, serie EPA 6000

ISO 17025

Overview of CSA Framework

Also known as "Environmental Site Characterization"

CSA is a scientific approach to understanding and characterizing contamination in an area

Based on historical and current events and land use

The information will change based on new events and activities in the area

A CSA can have many projects within – land, water, air, indoors

Typical steps:

- Priority site selection
- Preliminary site assessment
 - Desk Study
 - Site Reconnaissance
 - Formulate initial CSM
- Detailed site assessment
- Laboratory Analysis
- Risk assessment
- Remedial Action Plan
 - Options appraisal
 - Implementation
 - Verification

27

Descripción general del marco CSA

También conocido como "Caracterización ambiental del sitio"

La CSA es un enfoque científico para comprender y caracterizar la contaminación en un área Basado en eventos históricos y actuales y el uso de la tierra

La información cambiará según los nuevos eventos y actividades en el área.

Un CSA puede tener muchos proyectos dentro: tierra, agua, aire, interiores

Pasos típicos:

- Selección de sitio prioritario
- Evaluación preliminar del sitio
 - Estudio teórico
 - Reconocimiento del sitio
 - Formular CSM inicial
- Evaluación detallada del sitio
- Análisis de laboratorio
- Evaluación de riesgos
- Plan de acción correctiva
 - Evaluación de opciones
 - Implementación
 - Verificación

CSA Investigations - definitions

Preliminary site investigation (PSI) consists of a desktop study, a detailed site inspection and interviews with relevant personnel. A PSI may also include limited sampling and analysis. The information is used to develop an initial CSM. If contamination or sources of contamination (potential areas of concern) are identified, further detailed site investigation is necessary.

Detailed site investigation (DSI) assesses potential or actual contamination through an appropriate sampling and analysis program. Several phases of investigation (including risk assessment) may be required to adequately characterise the site, particularly for complex sites. The CSM is refined on an iterative basis until there is sufficient information and understanding of the site to devise risk-based strategies to manage the identified risks.



28

Investigaciones CSA - definiciones

La **Investigación preliminar del sitio (PSI)** consiste en un estudio teórico, una inspección detallada del sitio y entrevistas con el personal relevante. Un PSI también puede incluir muestreo y análisis limitados. La información se utiliza para desarrollar un CSM inicial. Si se identifica contaminación o fuentes de contaminación (áreas potenciales de preocupación), es necesaria una investigación más detallada del sitio.

La **Investigación detallada del sitio (DSI)** evalúa la contaminación real o potencial mediante un programa de muestreo y análisis apropiado. Es posible que se requieran varias fases de investigación (incluida la evaluación de riesgos) para caracterizar adecuadamente el sitio, particularmente

para sitios complejos. El CSM se perfecciona de forma iterativa hasta que exista suficiente información y comprensión del sitio para diseñar estrategias basadas en riesgos para gestionar los riesgos identificados.

Some advantages of using CSMs

- Represents characteristics of site and shows relationship between S-P-R
- Allows targeting of subsequent investigation
 - Use the model iteratively – it should be an active process, and should be refined and improved as more information becomes available
 - And is a requirement for Site Investigation
- Provides the context for quantitative risk assessment
- Demonstrates an appreciation of the problem .. beyond the purely factual data gathering
- Aids communications
- Is a good QA tool

! Key term:
S-P-R = Source – Pathway – Receptor
e.g. oil spill in river – oil entering drinking water intake – people drinking the water.



28

Algunas ventajas de usar CSM

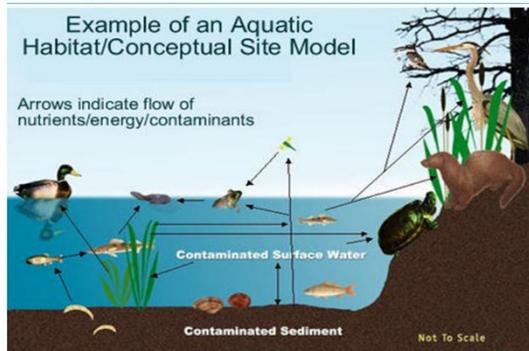
- Representa las características del sitio y muestra la relación entre SPR
- Permite la orientación de la investigación posterior
 - Utilice el modelo de forma iterativa: debe ser un proceso activo y debe perfeccionarse y mejorarse a medida que se disponga de más información.
 - Además, es un requisito para la investigación del sitio
- Proporciona el contexto para la evaluación cuantitativa de riesgos.
- Demuestra una apreciación del problema ... más allá de la mera recopilación de datos fácticos
- Las comunicaciones sobre el SIDA son una buena herramienta de control de calidad

! Término clave:

SPR = Fuente - Vía - Receptor

por ejemplo: derrame de petróleo en el río - petróleo que ingresa a la toma de agua potable - personas que beben el agua.

Conceptual Site Model in a lake



30 Source: <https://archive.epa.gov/reg5sfun/ecology/web/html/erastep3.html>

Modelo conceptual de un sitio en un lago

Ejemplo de un hábitat acuático/Modelo conceptual de un sitio

Las flechas indican el flujo de nutrientes/energía/contaminantes

Agua superficial contaminada

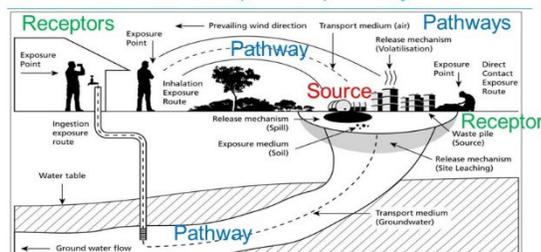
Sedimento contaminado

No está a escala

Fuente:

<https://archive.epa.gov/reg5sfun/ecology/web/html/erastep3.html>

CSM and common exposure pathways



Common exposure pathways at oil-contaminated sites include **soil** (direct contact, leaching into ground water, runoff into surface water, migration of vapors into structures), **groundwater** (drinking, discharge to surface water), **surface water** (direct contact, consumption of aquatic life), **air/vapors** (breathing).

31

CSM y vías de exposición comunes

Receptores

Ruta

Fuente

Receptor

Punto de exposición

Vía de exposición por ingestión

Vía de exposición por inhalación

Dirección del viento predominante

Medio de transporte (aire)

Vía de exposición por contacto directo

Mecanismo de liberación (volatilización)

Mecanismo de liberación (derrame)

Mecanismo de liberación (suelo)

Mecanismo de liberación (lixiviación del sitio)

Pila de desechos (fuente)

Mesa de agua

Medio de transporte (agua subterránea)
Flujo de agua subterránea

Las vías de exposición comunes en sitios contaminados con petróleo incluyen **suelo** (contacto directo, lixiviación en aguas subterráneas, escorrentía en aguas superficiales, migración de vapores a estructuras), **agua subterránea** (beber, verter en aguas superficiales), **agua superficial** (contacto directo, consumo de vida acuática), **aire/vapores** (respiración).

Receptors and Sources of Uncertainty

| Receptors | Uncertainty |
|--|--|
| Who/what? | |
| <ul style="list-style-type: none"> Humans Controlled waters: aquifers, surface waters Water supply (plastic pipelines) Utility structures (cabling, sewers) Ecosystems Buildings | <ul style="list-style-type: none"> Heterogeneity of the site: failure to investigate the significant pollutant linkages Sampling error: sample properties are not representative, too few samples Handling, storage and transport: cross-contamination, degradation, loss Laboratory specific: sub-sampling, loss in preparation and extraction, accuracy and prevision of analytical technique used <p>Conclusion: don't try to save money at the site assessment phase; save it at remediation phase.</p> |



Receptores y fuentes de incertidumbre

Receptores

¿Quién Qué?

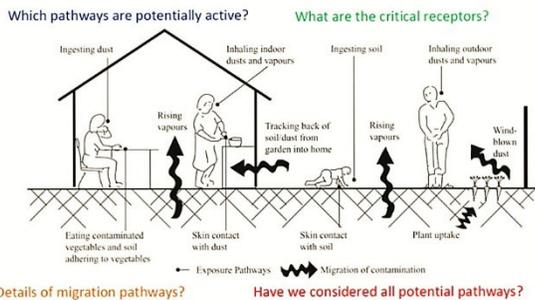
- Humanos
- Aguas controladas: acuíferos, aguas superficiales
- Suministro de agua (tuberías de plástico)
- Estructuras de servicios públicos (cableado, alcantarillado)
- Ecosistemas
- Edificios

Incetidumbre

- Heterogeneidad del sitio:** falta de investigación de los vínculos importantes entre contaminantes
- Error de muestreo:** las propiedades de la muestra no son representativas, muy pocas muestras
- Manipulación, almacenamiento y transporte:** contaminación cruzada, degradación, pérdida
- Específico de laboratorio:** submuestreo, pérdida en la preparación y extracción, precisión y prevision de la técnica analítica utilizada

Conclusión: no intente ahorrar dinero en la fase de evaluación del sitio; guárdelo en la fase de remediación.

Uncertainty in Conceptual Site Models



Details of migration pathways? Have we considered all potential pathways?

Incetidumbre en los modelos conceptuales del sitio

¿Qué vías están potencialmente activas?
¿Cuáles son los receptores críticos?

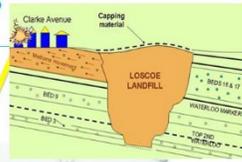
- Ingiriendo polvo
- Vapores ascendentes
- Inhalar polvos y vapores de interiores
- Llevar del polvo del suelo desde el jardín hasta el hogar
- Ingesta de tierra
- Polvo arrastrado por el viento
- Comer vegetales contaminados y petróleo adherido a vegetales
- Contacto de la piel con el polvo
- Contacto de la piel con petróleo
- Absorción de la planta

Vía de exposición
Migración de contaminación

¿Cuáles son los detalles de las vías de migración?
¿Se han considerado todas las vías posibles?

Risk Assessment: why?

Boom!



34

Evaluación de riesgos: ¿por qué?

¡Boom!

Avenida Clarke
Material de recubrimiento
RELLENO SANITARIO LOSCOE

CAPA 16 Y 17
MARCADOR WATERLOO
TOP 2^{DAKOTA DEL NORTE} WATERLOO

Phased approach

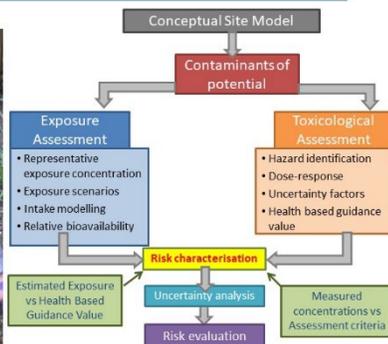
| PHASE | OBJECTIVES | METHODOLOGY | OUTPUT | KEY ISSUES |
|-----------------------------|--|--|--|---|
| PRELIMINARY SITE ASSESSMENT | Identify potential hazards | Mapping; Interviews with site owners/operators Visual observations | Assessment of setting and site sensitivity Information to assist in the design of the intrusive investigation | Cannot usually assess actual contamination or need for remediation at this stage Pre-requisite for intrusive investigation |
| DETAILED SITE INVESTIGATION | Provide data need to characterise and assess risks | Sampling of soil, water, gas | Description of nature, degree and extent of contamination | Stage approach; on-going monitoring may be needed |
| RISK ASSESSMENT | Identify and assess risks | Comparison of concentrations from laboratory analysis with assessment criteria | Assessment of the nature, degree and significance of risks | Require relevant and reliable data Requires careful selection and use of generic assessment criteria |

35

Enfoque por fases

| FASE | OBJETIVOS | METODOLOGÍA | SALIDA | CUESTIONES CLAVE |
|-----------------------------------|--|---|--|---|
| EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL SITIO | Identificar peligros potenciales | Mapeo; Entrevistas con propietarios/operadores de sitios Observaciones visuales | Evaluación del entorno y la sensibilidad del sitio Información para ayudar en el diseño de la investigación intrusiva | Por lo general, no se puede evaluar la contaminación real o la necesidad de reparación en esta etapa. Requisito previo para la investigación intrusiva |
| INVESTIGACIÓN DETALLADA DEL SITIO | Proporcionar los datos necesarios para caracterizar y evaluar los riesgos. | Muestreo de suelo, agua, gas | Descripción de la naturaleza, grado y alcance de la contaminación. | Enfoque por etapas; puede ser necesario un seguimiento continuo |
| EVALUACIÓN DE RIESGOS | Identificar y evaluar riesgos | Comparación de concentraciones de análisis de laboratorio con criterios de evaluación | Evaluación de la naturaleza, el grado y la importancia de los riesgos | Se requieren datos relevantes y confiables Requiere una cuidadosa selección y uso de criterios de evaluación genéricos |

Risk Assessment



36

Evaluación de riesgos

Modelo conceptual del sitio

Potenciales contaminantes

Asesoramiento de exposición

- Concentración de exposición representativa
- Escenarios de exposición
- Modelado de admisión
- Biodisponibilidad relativa

Evaluación toxicológica

- Identificación de peligros
- Dosis-respuesta
- Factores de incertidumbre
- Valor de orientación basado en la salud

Caracterización de riesgos

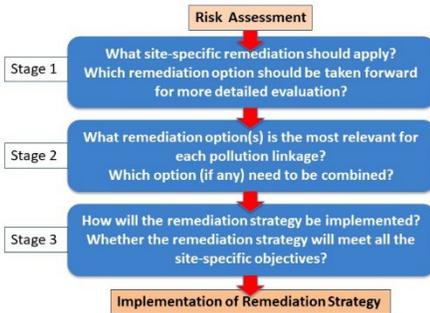
Exposición estimada frente al valor de referencia basado en la salud

Análisis de incertidumbre

Concentraciones medidas frente a criterios de evaluación

Evaluación de riesgo

Remediation options appraisal



37

Valoración de opciones de remediación

Evaluación de riesgos

Nivel 1

¿Qué remediación específica del sitio se debe aplicar?
¿Qué opción de remediación debería tomarse para una evaluación más detallada?

Nivel 2

¿Qué opción(es) de remediación es (son) la(s) más relevante(s) para cada vínculo de polución?
¿Qué opción (si corresponde) debe combinarse?

Nivel 3

¿Cómo se implementará la estrategia de remediación?
¿La estrategia de remediación cumplirá con todos los objetivos específicos del sitio?

Implementación de la estrategia de remediación

Preparing the RAP

When Site Assessments are completed, we move on to:

Preparation of the site-specific **Remedial Action Plan (RAP)** and submission to the regulatory authority

Preparing a **RAP** requires review of **Detailed Site Assessment** (and any updated **Conceptual Site Model**) [remember CSM?] by qualified experts.

A **Remedial action plan (RAP)**:

- Explains the type and extent of remediation required to ensure site is suitable for its current or intended future use.
- Describes how to protect the surrounding environment and land uses.
- Describes the clean-up techniques proposed.
- Explains criteria for assessing effectiveness of clean-up.

Note: usually the goal is to attempt restoration of the site to the state it was before contamination occurred; or to agreed levels of residual contamination acceptable to the future use of the site.

38 Source: Dept Environment Government of Nunavut Guideline for Contaminated Site Remediation 2009 <http://www.gov.nu.ca/env/environment>

Cómo preparar el RAP

Cuando se completan las evaluaciones del sitio, pasamos a:

Preparación del **Plan de acción correctiva (RAP)** específica para el sitio y presentación ante la autoridad reguladora

Preparar un **RAP** requiere la revisión de la **evaluación detallada del sitio** (y cualquier **modelo conceptual del sitio actualizado**) [¿recuerda el CSM?] por parte de expertos calificados.

UN Plan de acción correctiva (RAP):

- Explica el tipo y el alcance de la reparación necesarios para garantizar que el sitio sea adecuado para su uso actual o futuro previsto.
- Describe cómo proteger el medio ambiente circundante y los usos de la tierra.
- Describe las técnicas de limpieza propuestas.
- Explica los criterios para evaluar la eficacia de la limpieza.

Nota: por lo general, el objetivo es intentar restaurar el sitio al estado en que se encontraba antes de que ocurriera la contaminación; o a niveles acordados de contaminación residual aceptables para el uso futuro del sitio.

Fuente: Dept Environment Government of Nunavut Guideline for Contaminated Site Remediation 2009 <http://www.gov.nu.ca/env/environment>

Remediation Methods

There are > **30 methods** at present, for contaminated **Soils** e.g. capping, soil washing, soil vapour extraction, landfarming, phytoremediation. There are > **30 methods** to treat **Groundwater and Surface Water**.

Classification of the different processes can be made in accordance with the **mechanism** for cleaning up: non-organic (chemical, physical or thermal) or biological.

The choice of different types of treatment is linked to several factors related to the **nature of the pollutant**, the **polluted site**, the **type of technology** (basically to its efficiency and cost \$\$\$\$).

REMEMBER: no single remediation technology is considered the best solution for oil contaminated soil; sometime methods are combined; and new and improved methods being developed all the time by governments and the private sector.

38

Métodos de remediación

Hay > **30 métodos** en la actualidad, para **Suelos contaminados, por ejemplo** recubrimiento, lavado de suelos, extracción de vapores del suelo, agricultura, o fitorremediación.

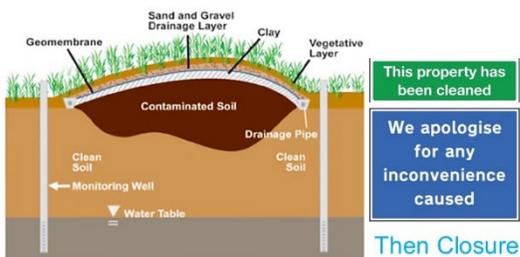
Hay > **30 métodos** para el tratamiento de **aguas subterráneas y aguas superficiales**.

La clasificación de los diferentes procesos se puede realizar de acuerdo con la **mecanismo** para limpiar: inorgánicos (químico, físico o térmico) o biológico.

La elección de diferentes tipos de tratamiento está vinculada a varios factores relacionados con la **naturaleza del contaminante**, el **sitio contaminado**, el **tipo de tecnología** (básicamente a su eficiencia y costo \$\$\$\$).

RECUERDE: ninguna tecnología de remediación se considera la mejor solución para suelos contaminados con petróleo; en ocasiones se combinan métodos, y los gobiernos y el sector privado están desarrollando constantemente métodos nuevos y mejorados.

Simplest Remediation Method: Capping



Submit **Site Closure Report**; regulatory authority then issues letter advising that no further remedial action is required (+ monitoring)

40

Método de remediación más simple: Recubrimiento

Terminología: Geomembrana, Capa de drenaje de arena y grava, Arcilla, Capa, Vegetativa, Contamina el suelo, Suelo limpio, Pozo de monitoreo, Mesa de agua, Tubo de drenaje, Suelo limpio

Esta propiedad ha sido limpiada
Pedimos disculpas por cualquier inconveniente causado.

Luego, cierre

Enviar el **Informe de cierre del sitio**; la autoridad reguladora luego emite una carta advirtiendo que no se requieren más acciones correctivas (+ monitoreo)

Key messages

- 1 Contamination of land, water, plants and air is a threat to humans and the environment.
- 2 The oil and gas sector is responsible for many example of contamination, with hydrocarbons and other chemicals.
- 3 A structured contamination site assessment (CSA) framework exists to document contamination and develop strategies for restoration.
- 4 It is usually better and cheaper to undertake a comprehensive CSA process than to spend more money on clean-up and restoration measures.

41

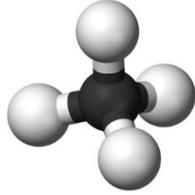
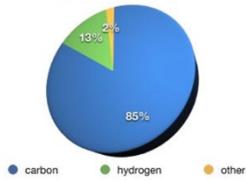
Mensajes clave

- La contaminación de la tierra, el agua, las plantas y el aire es una amenaza para los seres humanos y el medio ambiente.
- El sector del petróleo y el gas es responsable de muchos ejemplos de contaminación, con hidrocarburos y otros productos químicos.
- Existe un marco estructurado de evaluación del sitio de contaminación (CSA) para documentar la contaminación y desarrollar estrategias para la restauración.
- Por lo general, es mejor y más barato emprender un proceso de CSA integral que gastar más dinero en medidas de limpieza y restauración.

Módulo 2

| | |
|--|--|
|   <h2>Contaminated Site Assessment</h2> <p>Properties and Fate of Oil Module 2</p> | <h3>Evaluación de sitios contaminados</h3> <h3>Propiedades y destino del petróleo</h3> <h3>Módulo 2</h3> |
| <h3>Objectives</h3> <p>Develop basic knowledge of the composition of oil (and fracking fluids), what happens over time; soil strata influence on oil penetration.</p> <h3>Topics</h3> <ul style="list-style-type: none">• Properties of crude oil and its derivatives• Oil and its behavior in the Environment (weathering)• Contaminated Soil Demonstration• Factors that affect oil weathering on and below ground  <p>2</p> | <h3>Objetivos</h3> <p>Desarrollar conocimientos básicos sobre la composición del petróleo (y los fluidos de fracking); lo que sucede con el paso del tiempo; y la Influencia de los estratos del suelo en la penetración del petróleo.</p> <h3>Temas</h3> <ul style="list-style-type: none">• Propiedades del crudo y sus derivados• El petróleo y su comportamiento en el medio ambiente (meteorización)• Demostración de suelo contaminado• Factores que afectan la meteorización del petróleo en y bajo tierra |
| <h3>Composition and Properties of Crude Oil</h3> <p>Crude oil (or petroleum), is a liquid found within the Earth comprised of hydrocarbons, organic compounds and small amounts of metals and other elements. The chemical composition of crude oil:</p> <ul style="list-style-type: none">Carbon 83 to 85%Hydrogen 10 to 14%Nitrogen 0.1 to 2%Oxygen 0.05 to 1.5%Sulfur 0.05 to 6.0%Metals < 0.1% <p>Crude oil is mostly hydrogen and carbon, but composition varies greatly and depends on the origin.</p>  <p>3</p> | <h3>Composición y propiedades del petróleo crudo</h3> <p>El petróleo crudo, es un líquido que se encuentra dentro de la Tierra compuesto por hidrocarburos, compuestos orgánicos y pequeñas cantidades de metales y otros elementos. La composición química del petróleo crudo:</p> <ul style="list-style-type: none">Carbono 83 a 85%Hidrógeno 10 a 14%Nitrógeno 0,1 a 2%Oxígeno 0,05 a 1,5%Azufre 0,05 a 6,0%Metales < 0,1% <p>El petróleo crudo es principalmente hidrógeno y carbono, pero la composición varía mucho y depende del origen.</p> |

Crude Oil and Methane: two extremes



Crude oil formula C_nH_{2n+2} (where n = positive integer)

“Other” includes small quantities of Oxygen, Sulphur, Nitrogen, Vanadium Nickel and Chromium.

Ball-and-stick model of the **methane** molecule, **CH₄**. Methane is the simplest hydrocarbon, part of a group of HCs with similar properties, known as the **alkanes**, which contain single bonds only.

Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1264890>

Petróleo crudo y metano: dos extremos

- Carbón
- Hidrógeno
- Otro

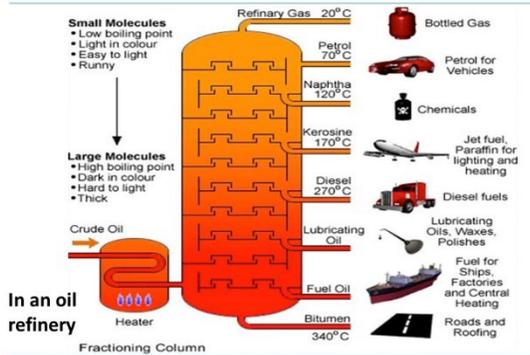
Fórmula de petróleo crudo C_nH_{2n+2} (donde n = entero positivo)

“Otros” incluye pequeñas cantidades de oxígeno, azufre, nitrógeno, vanadio, níquel y cromo.

Modelo de barras y esferas del **metano** molécula, **CH₄**. El metano es el hidrocarburo más simple, parte de un grupo de HC con propiedades similares, conocido como **alcanos**, que contienen únicamente enlaces simples.

Dominio público,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1264890>

Fractional Distillation of Crude Oil



Source: © 2009 science-resources.co.uk

Destilación fraccionada de petróleo crudo

Pequeñas moléculas

- Punto de ebullición bajo
- De color claro
- Fácil de iluminar
- Líquido

Moléculas grandes

- Alto punto de ebullición
- De color oscuro
- Difícil de encender
- Grueso

Petróleo crudo
Calentador

Gas de refinería.
Gasolina.
Nafta.
Queroseno.
Diesel.
Aceite lubricante.
Fuelóleo.
Betún asfáltico.

Cilindros de gas
Gasolina para vehículos
Químicos
Combustible de aviación, Parafina para iluminación y calefacción.
Combustibles
Diesel
Lubricantes, aceites, ceras, abrillantadores
Combustible para barcos, fábricas y calefacción central
Carreteras y cubiertas

En una refinería de petróleo

Columna de fraccionamiento

Fuente: © 2009 science-resources.co.uk

Appearance of Crude Oil

The **colour** of raw crude is usually dark brown/almost black although some fields deliver a **greenish** or sometimes **yellow** crude. Depends on the source and the way the crude was formed.

The **viscosity** will also differ. At the extreme range crude can be almost **solid** and required a significant investment to refine into a useable state as anything other than bitumen. At the other end of the scale the crude can be a **clear fluid** resembling kerosene, needing very little refining to be useable as a fuel.



Note: world's reserves of **light crude** **almost gone** so refineries must refine more heavy crudes, at higher cost.

5

Aspecto del petróleo crudo

El **color** del crudo sin procesar es generalmente **marrón oscuro/casi negro** aunque en algunos sitios se produce un **verdoso** o algunas veces de color **amarillo**. Depende de la fuente y la forma en que se formó el crudo.

La **viscosidad** también diferirá. En el rango extremo, el crudo puede ser casi **sólido** y requiere una inversión significativa para refinarse a un estado utilizable como cualquier otra cosa que betún asfáltico. En el otro extremo de la escala, el crudo puede ser un **fluido claro** que se asemeja al queroseno, y necesita muy poco refinamiento para poder usarse como combustible.

Nota: las reservas mundiales de **crudo ligero están a punto de agotarse**, por lo que las refinerías deben refinar más crudos pesados, a un costo más alto.

Oil in the Atmosphere: burnt Oil & Emissions



Crude

Diesel (C₁₂H₂₃)

Methane (CH₄)

Notice the amount of particulate materials (PMs) in crude and diesel smoke. Temperature combustion of fuels above about 1300°C oxidise some of the nitrogen to NO_x gases.

7

Petróleo en la atmósfera: petróleo quemado y emisiones

Crudo

Diesel (C₁₂H₂₃)

Metano (CH₄)

Observe la cantidad de materiales particulados (PM) en el humo del crudo y del diesel.

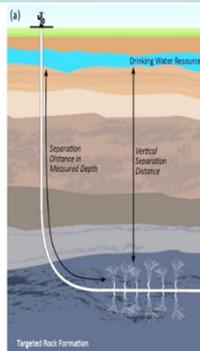
La temperatura de combustión de combustibles por encima de aproximadamente 1300 ° C oxida parte del nitrógeno a gases NO_x.

Fracking Fluid Additives and Spill Problems

Of >1,000 different additives, some known to be hazardous to human health. Specific compounds used depends on company preference, source water quality and site-specific characteristics of the target formation.

Chronic oral reference value (RfVs) from sources considered by the EPA were available for ONLY 98 (9%) of 1,084 chemicals used in fracturing.

Approx. 275,000 wells drilled and likely to have been hydraulically fractured between 2000 and 2013. In any given year, spills of hydraulic fracturing fluids and additives during chemical mixing stage of hydraulic fracturing water cycle, and through below-ground pathways, have reached surface water and groundwater resources. **An on-going pollution threat.**



Source: U.S. EPA, Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-16/236F, 2016.

Aditivos para fluidos de fracking y problemas de derrames

De más de 1.000 aditivos diferentes, se sabe que algunos son peligrosos para la salud humana. Los compuestos específicos utilizados dependen de la preferencia de la empresa, la calidad del agua de origen y las características específicas del sitio de la formación objetivo.

El valor de referencia oral crónico (RfV) de fuentes consideradas por la EPA estaba disponible ÚNICAMENTE para 98 (9%) de 1.084 productos químicos utilizados en las actividades de fracturación.

Aprox. 275.000 pozos perforados y que probablemente han sido fracturados hidráulicamente entre 2000 y 2013. En cualquier año específico, los derrames de fluidos y aditivos de fracturación hidráulica durante la etapa de mezcla química del ciclo del agua de fracturación hidráulica, y a través de vías subterráneas, han alcanzado los recursos de aguas superficiales y subterráneas. **Una amenaza permanente de polución.**

Recursos de agua potable

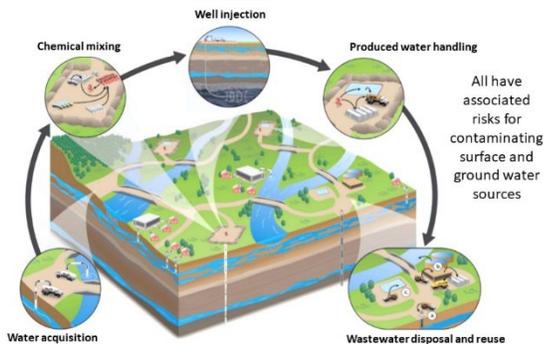
Distancia de separación en profundidad medida

Distancia de separación vertical

Formación rocosa objetivo

Fuente: EPA de los EE. UU. Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States (informe final). Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., Washington, DC, EPA / 600 / R-16 / 236F, 2016.

The five stages of the hydraulic fracturing water cycle



Sources: U.S. EPA, Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-16/236F, 2016.

Las cinco etapas del ciclo del agua de fracturación hidráulica

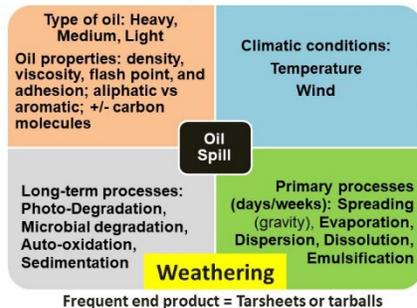
- Adquisición de agua
- Mezcla química
- Inyección en el pozo
- Manejo de agua producida
- Eliminación y reutilización de aguas residuales

Todos tienen riesgos asociados de contaminar las fuentes de agua superficiales y subterráneas.

Fuente: EPA de los EE. UU. Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States (informe final). Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., Washington, DC, EPA / 600 / R-16 / 236F, 2016.

Oil in the Environment and its Behaviour

Spills range widely in oil type, spill size, location, and environmental conditions during the release.



10

Petróleo en el medio ambiente y su comportamiento

Los derrames varían ampliamente dependiendo del tipo de petróleo, tamaño del derrame, ubicación y condiciones ambientales durante el derrame.

| | |
|---|--|
| <p>Tipo de petróleo: Propiedades del petróleo pesado, medio y ligero: densidad, viscosidad, punto de inflamación y adherencia; alifático frente a aromático; +/- moléculas de carbono</p> | <p>Condiciones climáticas: Temperatura Viento</p> |
| <p>Derrame de petróleo</p> | |
| <p>Procesos a largo plazo: Fotodegradación, degradación microbiana, autooxidación, sedimentación</p> | <p>Procesos primarios (días/semanas): Difusión (gravedad), evaporación, dispersión, disolución, emulsificación</p> |

Meteorización

Producto final frecuente = láminas o bolas de alquitrán

Some facts about Spilled Oil

1. The chemical **composition of oil changes** due to weathering.
2. Some oils **weather rapidly** and undergo extensive changes in character, whereas **others remain relatively unchanged** over long periods of time.
3. The effects of **weathering are generally rapid** (1 to 2 days) for hydrocarbons with lower molecular weights as a result of evaporation.
4. **Degradation of the higher weight fractions is slower** and occurs primarily through microbial degradation and chemical oxidation.
5. It is important to recognize the **dynamic nature of spilled oil** and the fact that the properties of spilled oil can change over time.
6. During a response operation, important to **monitor continuous changes** in properties of spilled oil, as response strategies may have to change.

Source: "4 Behavior and Fate of Oil." Transportation Research Board and National Research Council, 2003. *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/10388.

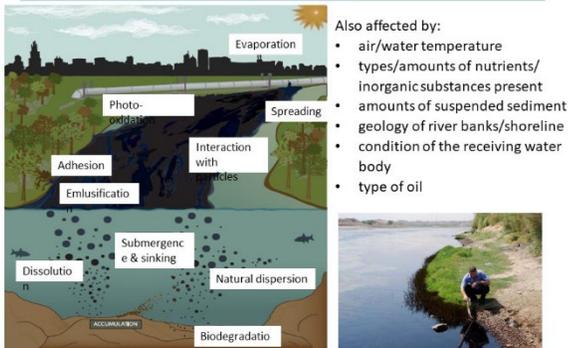
11

Algunos datos sobre el petróleo derramado

1. La **composición química de los cambios de petróleo** causados por la intemperie.
2. Algunos petróleos **se ven afectados rápidamente por el clima** y sufren grandes cambios de carácter, mientras que **otros permanecen relativamente sin cambios** durante largos períodos de tiempo.
3. Los efectos de **la meteorización son generalmente rápidos** (1 a 2 días) para hidrocarburos con pesos moleculares más bajos como resultado de la evaporación.
4. **La degradación de las fracciones de mayor peso es más lenta** y ocurre principalmente a través de la degradación microbiana y la oxidación química.
5. Es importante reconocer la **naturaleza dinámica del petróleo derramado** y el hecho de que las propiedades del petróleo derramado pueden cambiar con el tiempo.
6. Durante una operación de respuesta, es importante **monitorear cambios continuos** en las propiedades de los hidrocarburos derramados, ya que las estrategias de respuesta pueden tener que cambiar.

Fuente: "4 Behavior and Fate of Oil." Junta de Investigación del Transporte y Consejo Nacional de Investigación. 2003. *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*. Washington DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/10388.

Oil Spill in Rivers (and Sea)



Source: <http://local.esso.com/Chad-English/PA/Files/Sect04.prn.pdf>

12

Derrame de petróleo en ríos (y mar)

Evaporación
Fotooxidación
Extensión
Interacción con partículas
Adhesión
Emulsificación
Sumergimiento y hundimiento
Disolución
Dispersión natural
Biodegradación

También se ve afectado por:

- temperatura del aire/agua
- tipos/cantidades de nutrientes; sustancias inorgánicas presentes
- cantidades de sedimento en suspensión
- geología de las orillas del río/litoral
- condición de la masa de agua receptora
- tipo de petróleo

Fuente: <http://local.esso.com/Chad-English/PA/Files/Sect04.prn.pdf>

Oil Spill in River in Colombia



In March 2018, oil from the Lizama 158 well, operated by the state-owned company Ecopetrol, spilled and entered into the Lizama and Sogamoso rivers, and has reached the Magdalena river.

Source: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/oil-spill-colombia-has-killed-2400-animals-180968653/>

Derrame de petróleo en río en Colombia

En marzo de 2018, el petróleo del pozo Lizama 158, operado por la empresa estatal Ecopetrol, se derramó y entró en los ríos Lizama y Sogamoso, y ha llegado al río Magdalena.

Fuente: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/oil-spill-colombia-has-killed-2400-animals-180968653/>

Weathering of oil in aquatic environments

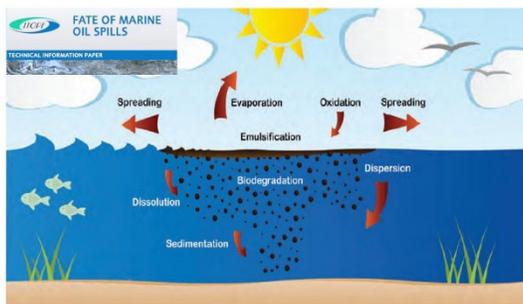


Figure 4: Weathering processes acting on oil at sea. Once oil strands on the shoreline some of these processes will no longer apply.

Source:

Meteorización del petróleo en ambientes acuáticos

Destino de los derrames de hidrocarburos marinos

Extensión
Evaporación
Oxidación
Emulsificación

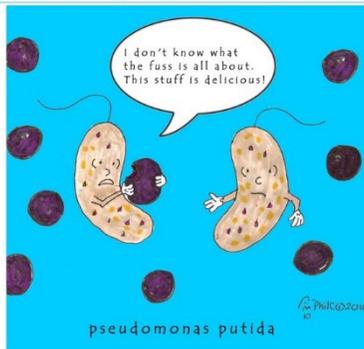
Disolución
Sedimentación
Biodegradación
Dispersión

Figura 4: Proceso de meteorización que actúa sobre el petróleo en el mar. Una vez que las hebras de petróleo en la costa, algunos de estos procesos ya no se aplicarán

Degradation of oil in aquatic environments

Factors affecting crude degradation in water:

- Water temperature
- Types/amounts of nutrients (e.g. N, P added to a spill will boost microbial action)
- Oxygen availability, as microorganisms need oxygen for their enzyme to function
- Type of oil



Source:

Degradación del petróleo en ambientes acuáticos.

Factores que afectan la degradación del crudo en el agua:

- Temperatura de agua
- Tipos/cantidades de nutrientes (por ejemplo, N, P agregado a un derrame aumentará la acción microbiana)
- Disponibilidad de oxígeno, ya que los microorganismos necesitan oxígeno para que sus enzimas funcionen.
- Tipo de petróleo

Fate of oil spill on water - depends on oil

Light Distillates (e.g. diesel, jet fuel, kerosene) Low viscosity, spread rapidly into thin sheens, rarely emulsify; evaporate slowly and incompletely (40-50%); **moderately persistent**; have greatest risk of **impacting water-column**; **readily degraded by aerobic microbial action**; short-term persistence in sediments.

Heavy Distillates (e.g. bunker C) High density, lose only <10 % via evaporation; **low natural dispersion** - too viscous to break into droplets; lowest water-soluble fraction - **minimum loadings to water column**; quickly break up into thick streamers -> fields of tarballs; highly persistent, for great distances, eventually stranding, posing significant impacts to birds /turtles etc.; likely to sink after binding with sediment (e.g. sand in surf zone/after stranding).

Crude Oils Wide range of compounds - light to heavy. Circa 30% evaporation of 'medium' crude slick in 24 h, but **always significant residue**. Many **emulsify readily** > greatly reduces subsequent weathering rates, spills close to shore **often strand/persist** on shorelines; tend to adsorb heavily onto intertidal sediments, with **risk of subsequent erosion of oiled sediments** and deposition in nearshore habitats. Spills offshore > eventually break into fields of **tarballs** > transported long distances; **stranded oil can persist** for weeks to years.



16

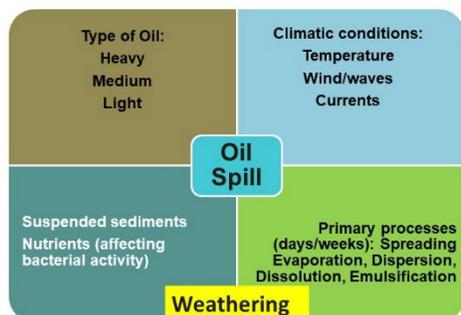
Destino del derrame de petróleo en el agua: depende del petróleo

Destilados ligeros (p. ej., diesel, combustible para aviones, queroseno) Baja viscosidad, se esparce rápidamente en capas finas, rara vez se emulsiona; se evapora de manera lenta e incompleta (40-50%); moderadamente persistente; tiene mayor riesgo de impactar la columna de agua; se degrada fácilmente por la acción microbiana aeróbica; persistencia a corto plazo en sedimentos.

Destilados Pesados (p. ej. búnker C) Alta densidad, pierde solo < 10% por evaporación; baja dispersión natural: demasiado viscoso para romperse en gotas; fracción soluble en agua más baja; cargas mínimas a la columna de agua; se rompe rápidamente en gruesas serpentinas -> campos de bolas de alquitrán; altamente persistente en grandes distancias, presenta pérdidas eventuales, presentando impactos significativos para aves/tortugas, etc.; Es probable que se hunda después de unirse con sedimentos (por ejemplo, arena en la zona de oleaje/después de encallar).

Petróleos crudos Amplia gama de compuestos ligeros a pesados. Aproximadamente el 30% de evaporación de la mancha de crudo 'media' en 24 h, pero siempre deja un residuo significativo. Muchos se emulsionan fácilmente > se reducen en gran medida las tasas de meteorización subsiguientes, los derrames cerca de la costa a menudo se encallan/persisten; tienden a adsorberse fuertemente en los sedimentos intermareales, con riesgo de erosión subsecuente de sedimentos hidrocarburos y deposición en hábitats cercanos a la costa. Derrames en alta mar > eventualmente irrumpen en campos de **bolas de alquitrán** > se transporta en largas distancias; el petróleo varado puede persistir durante semanas o años.

Oil on Water



17

Petróleo en agua

| | |
|--|---|
| Tipo de petróleo: Pesado Medio Ligero | Condiciones climáticas: Temperatura Viento/olas Corrientes |
| Derrame de petróleo | |
| Sedimentos en suspensión Nutrientes (que afectan la actividad bacteriana) | Procesos primarios (días/semanas): Evaporación, Dispersión, Disolución, Emulsificación que se esparcen |
| Meteorización | |

Crude Oil Spill



18

Derrame de petróleo crudo

Oil on land e.g. from artisanal oil refining



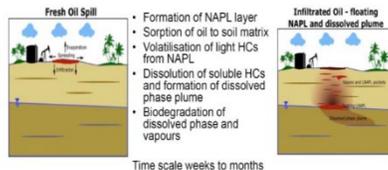
19

Petróleo en tierra, por ejemplo, procedente de la refinación artesanal de petróleo

Processes affecting fresh oil spills

- Evaporation of volatile light HCs
- Spreading, depending on viscosity and topography gradient
- Infiltration, depending on viscosity and soil texture

Time scale days to weeks



Time scale weeks to months

- Surface oil hardens
- Very limited volatilisation
- Biodegradation induces methanogenic conditions in groundwater
- Enrichment of NAPL with heavy HCs

Time scale years to decades



20

Procesos que afectan los derrames de petróleo fresco

- Evaporación de HC volátiles ligeros
- Difusión, dependiendo de la viscosidad y el gradiente topográfico.
- Infiltración, dependiendo de la viscosidad y la textura del suelo.

Escala de tiempo de días a semanas

- El petróleo superficial se endurece
- Volatilización muy limitada
- La biodegradación induce condiciones metanogénicas en aguas subterráneas
- Enriquecimiento de NAPL con HC pesados

Escala de tiempo de años a décadas

Derrames de petróleo fresco

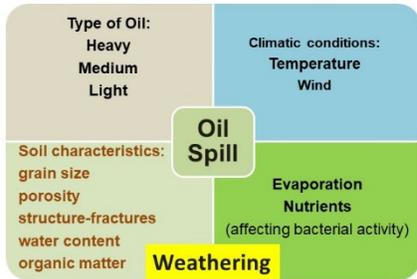
Restos de petróleo pesado degradado, LNAPL pesado y estela residual

- Formación de capa NAPL
- Sorción de petróleo en la matriz del suelo
- Vitalización de HC ligeros de NAPL
- Disolución de HCS soluble y formación de estela en fase disuelta
- Biodegradación de fase disuelta y vapores

Escala de tiempo de años a meses

Petróleo infiltrado: NAPL flotante y estela disuelta

Oil on Land



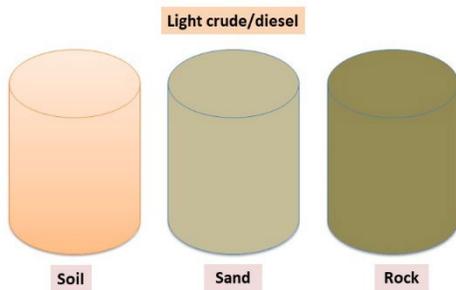
21

Petróleo en tierra

| | |
|---|--|
| Tipo de petróleo: Pesado Medio Ligero | Condiciones climáticas: Temperatura Viento |
| Derrame de petróleo | |
| Características del suelo: tamaño de grano porosidad estructura y fracturas contenido de agua materia orgánica | Evaporación Nutrientes (que afectan la actividad bacteriana) |

Meteorización

Contaminated soil demonstration



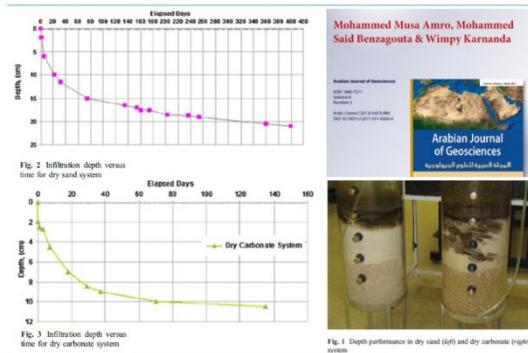
22

Demostración de suelos contaminados

Crudo ligero/diesel

Suelo
Arena
Roca

Oil in Soil – Crude oil experiment



23

Petróleo en el suelo - Experimento de petróleo crudo

Días transcurridos
Profundidad (cm)

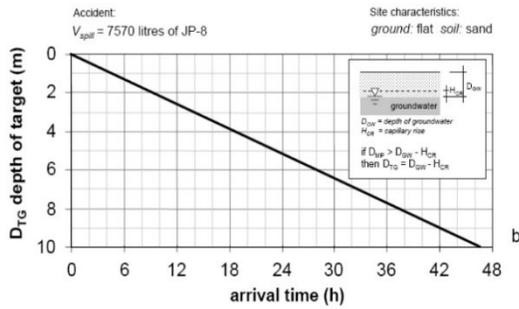
Figura 2. Profundidad de infiltración frente al tiempo para sistemas de arena seca

Sistemas de carbonato seco

Figura 3. Profundidad de infiltración versus tiempo para sistemas de carbonato seco

Figura 1. Rendimiento de profundidad en sistemas de arena seca (izquierda) y carbonato seco (derecha)

Oil Penetration in Soil – Canada Jet fuel



24

Penetración de petróleo en el suelo - combustible de avión en Canadá

D_{TG} profundidad del objetivo (m)
 Hora de llegada (h)

Accidente:
 $V_{\text{derrame}} = 7570$ litros de JP-8

Características del sitio:
Superficie: plana
Suelo: arena

agua subterránea
 D_{GW} = profundidad del agua subterránea
 H_{CR} = elevación capilar
 Si $D_{\text{GW}} > D_{\text{TG}} - H_{\text{CR}}$ luego $D_{\text{TG}} = D_{\text{GW}} - H_{\text{CR}}$

Oil in Soil Penetration – Romania Crude

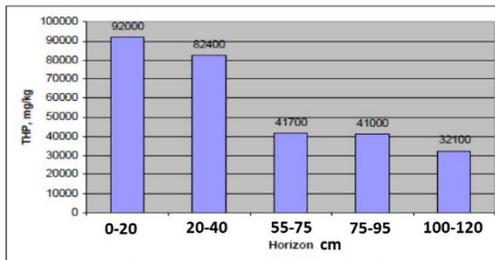


Figure 8 Evolution of total petroleum hydrocarbons in the polluted profile achieved in Perisoru, Braila County

25 Source: Marinescu et al 2010. An assessment of the effects of crude oil pollution on soil properties. AFST 11(1): 94-99

Penetración de petróleo en el suelo - Crudo de Rumania

THP, mg/kg
 Horizonte, cm

Figura 8. Evolución de los hidrocarburos totales de petróleo en el perfil contaminado obtenido en Perisoru, condado de Braila

Fuente: Marinescu et al 2010. An assessment of the effects of crude oil pollution on soil properties. AFST 11 (1): 94-99

Soil strata and oil penetration

Stratigraphic features affecting oil penetration:

- Slope of strata, influencing spreading
- Types of strata, and their permeability, with dense rock preventing further vertical penetration and influence lateral spreading
- Presence of faults, causing unpredictable penetration and spreading
- Presence of depressions



25 Source: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Strate_\(g%C3%A9ologie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Strate_(g%C3%A9ologie))

Estratos de suelo y penetración del petróleo

Características estratigráficas que afectan la penetración del petróleo:

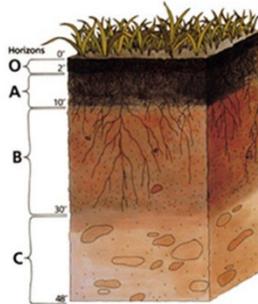
- Pendiente de los estratos que influye en la expansión
- Tipos de estratos y su permeabilidad, con roca densa que impide una mayor penetración vertical e influye en la extensión lateral.
- Presencia de fallas que provocan una penetración y propagación impredecibles
- Presencia de depresiones

Fuente: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Strate_\(g%C3%A9ologie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Strate_(g%C3%A9ologie))

Soil strata and oil penetration

Grassland soil profile. This soil profile has a surface horizon that has high levels of organic matter. It may be representative of a fertile grassland soil.

Oil penetration of heavier fractions usually restricted to the top 20 cm, with the more soluble and volatile fractions penetrating deeper.



Source: http://soils.usda.gov/education/resources/k_12/

Estratos de suelo y penetración del petróleo

Perfil del suelo de los pastizales. Este perfil de suelo tiene un horizonte superficial que tiene altos niveles de materia orgánica. Puede ser representativo de un suelo fértil de pastizales.

Penetración de petróleo en las fracciones más pesadas, generalmente se restringe a los 20 cm superiores, y las fracciones más solubles y volátiles penetran más profundamente.

Horizontes

Fuente: http://soils.usda.gov/education/resources/k_12/

Oil on Soil - Overview

Evaporation – depends on temperature, weather and oil type

Spreading – depends on type/viscosity of oil affects shape and spreading on the surface (surface tension), slope/topography, soil type

Penetration – depends type of oil (light oils e.g. diesel) penetrate sand, respective temperatures (hot oils penetrate more than cold), pore size and geology. E.g.

1. **Romania** (crude) 120 cm (many yrs)
2. **Saudi** (crude experiment) 10 cm/20 days
3. **Nigeria** (crude) Restricted soil sampling beyond 15 cm due to hard pan formation from crude oil and soil which constrained the study.
4. **Canada** (jet fuel spill) = 260 cm/12 hrs
5. **Colombia** = ?? cm

Sources: 1. Marinescu et al 2010. An assessment of the effects of crude oil pollution on soil properties. AFST 11(1): 94-99; 2. Benzagouta et al. 2011. Investigation on crude oil penetration depth into soils. Arabian J Geosciences; 3. 4. Grimaz et al 2008. Fast prediction of the evolution of oil penetration into the soil immediately after an accidental spillage for rapid-response purposes. Chemical Engineering Transactions. 13: 227-234

28

Petróleo en el suelo - Resumen

Evaporación: depende de la temperatura, el clima y el tipo de petróleo

Extensión: depende del tipo/viscosidad del petróleo; afecta la forma y la extensión en la superficie (tensión superficial), pendiente/topografía, tipo de suelo

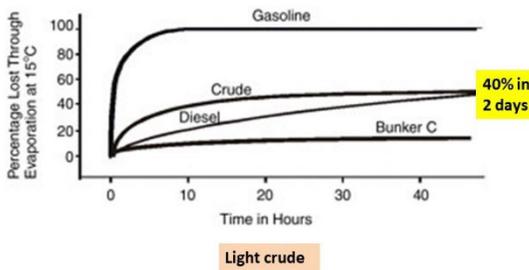
Penetración: depende del tipo de petróleo (petróleos livianos, por ejemplo, diesel) que penetran en la arena, las respectivas temperaturas (los petróleos calientes penetran más que los fríos), el tamaño de los poros y la geología. P.ej

1. **Rumania** (crudo) 120 cm (muchos años)
2. **Saudí** (experimento con crudo) 10 cm/20 días
3. **Nigeria** (crudo) Muestreo de suelo restringido más allá de los 15 cm debido a la formación de una capa dura a partir del petróleo crudo y el suelo que limitó el estudio.
4. **Canadá** (derrame de combustible de avión) = 260 cm/12 hrs
5. **Colombia** = ?? cm

Fuentes:

1. Marinescu et al 2010. An assessment of the effects of crude oil pollution on soil properties. AFST 11 (1): 94-99
2. Benzagouta et al. 2011. Investigation on crude oil penetration depth into soils. Arabian J Geosciences;
- 3.
4. Grimaz et al 2008. Fast prediction of the evolution of oil penetration into the soil immediately after an accidental spillage for rapid-response purposes. Chemical Engineering Transactions. 13: 227-234

Type of Oil and Evaporation



Source: © Handbook of Oil Spill Science and Technology 1st Ed. Ed. M. F. Fingas. 2015 John Wiley & Sons, Inc.

Tipo de petróleo y evaporación

Porcentaje perdido por evaporación a los 15°C
Tiempo en horas

Gasolina
Crudo
Diesel
Búnker C

40% en 2 días

Crudo ligero

Fuente: © Handbook of Oil Spill Science and Technology primera Ed. Ed. MF Fingas. 2015 John Wiley & Sons, Inc.

More Evaporation Rates

Medium crude

Table 1: Percentage weight loss from Burgan oil, Kuwait at selected temperatures and time with an flow of 1000 round/min

| Temperature (°C) | 8 h | Time 104 h | 200 h |
|------------------|-------|------------|-------|
| 25 | 13.07 | 20.47 | 25.68 |
| 30 | 14.40 | 21.59 | 25.74 |
| 40 | 16.76 | 26.77 | 31.86 |
| 50 | 17.06 | 29.91 | 36.60 |

4 days 8 days

Table 2: Changes in density, API gravity and viscosity of the Burgan crude oil with progressing evaporation

| Temperature (°C) | 8 h | Time 104 h | 200 h |
|------------------|-------|------------|-------|
| Original oil | 0.876 | 30 | 65.30 |
| 12.9 | 0.893 | 27 | 120.4 |
| 20.0 | 0.904 | 25 | 132.5 |
| 30.0 | 0.922 | 22 | 300.5 |

Source: Al Rashed Ahamad & Barker (2011) Role of Evaporation in Degrading the "Oil Lakes". Am. J. Envir. Sci 7 (3): 219-223.

Más tasas de evaporación

Medio crudo

Tabla 1: Porcentaje de pérdida de peso del petróleo de Burgan, Kuwait a temperaturas y tiempo seleccionados con un flujo de 1000 rondas/min

Temperatura (°C)
Tiempo

4 días

8 días

Tabla 2: Cambios en la densidad, gravedad API y viscosidad del petróleo crudo Burgan con evaporación progresiva
Petróleo original

Fuente: Al Rashed Ahamad & Barker (2011) Role of Evaporation in Degrading the "Oil Lakes". A.m. J. Envir. Sci 7 (3): 219-223.

Effects of Oil on Soil

Water/moisture movement – crust of asphaltine on surface, or layer of pore-filled oil – restricts vertical water movement, and soil can become hydrophobic (even after 43 years)*

Pore space – (as above) space filled with oil. No oxygen/air movement.

Organic carbon levels – increased, derived from the carbon in oil.

Germination and growth of plants – mostly highly negative. Plenty of examples from Nigeria, Romania, etc. Colombia?



* Gordonallan et al. 2018 Geoderma 312: 114-120.

Photo released by Petroecuador shows a 420,000-gallon oil spill in Ecuador's Amazonian region in June 2013. (AP Photo/Petroecuador)

Efectos del petróleo en el suelo

Movimiento de agua / humedad: corteza de asfaltina en la superficie, o capa de petróleo lleno de poros; restringe el movimiento vertical del agua y el suelo puede volverse hidrofóbico (incluso después de 43 años) *

Espacio poroso: (como se indicó anteriormente) espacio lleno de petróleo. No hay movimiento de oxígeno/aire.

Niveles de carbono orgánico: aumentados, derivados del carbono en el petróleo.

Germinación y crecimiento de plantas: en su mayoría muy negativos. Muchos ejemplos de Nigeria, Rumania, etc. ¿Colombia?

* Gordonallan et al. 2018 Geoderma 312: 114-120.

Foto publicada por Petroecuador, muestra un derrame de petróleo de 420.000 galones en la región amazónica de Ecuador en junio de 2013. (Foto AP/Petroecuador)

Key messages



Hydrocarbons are complex compounds whose properties vary significantly, but are dominated by hydrogen and carbon; properties are determined at the source of the crude.



Once spilled, oil spreads, evaporates, disperses, and may emulsify; at the same time, weathering begins and the oil's physical and chemical properties change over time.



Surface evaporation of volatile compounds can be very fast, especially in warm climates, resulting in a thickened residue.



The speed and process of weathering are important in determining any response actions.

32

Mensajes clave

- Los hidrocarburos son compuestos complejos cuyas propiedades varían significativamente, pero están compuestos principalmente por hidrógeno y carbono; las propiedades se determinan en la fuente del crudo.
- Una vez derramado, el petróleo se esparce, evapora, dispersa y puede emulsionarse; al mismo tiempo, comienza la meteorización, y las propiedades físicas y químicas del petróleo cambian con el tiempo.
- La evaporación superficial de compuestos volátiles puede ser muy rápida, especialmente en climas cálidos, lo que causa un residuo espesado.
- La velocidad y el proceso de meteorización son importantes para determinar cualquier acción de respuesta.

Contaminated Site Assessment

Introduction to Remediation

Module 3

Evaluación de sitios contaminados

Introducción a la remediación

Módulo 3

Objectives

Strengthen the basic understanding of remediation actions in site clean-up and the technologies and tools that are used.

Topics

- **Definitions** contaminated site, goals and management process
- **Site remedial action plan** (RAP)
- **Contaminant site criteria** for petroleum hydrocarbons in soil
- **Exposure pathways** and remediation in soil and water
- **Remediation methods** simple, non-biological and bio-remediation
- **Cost estimation** comparisons and challenges
- **Remediation impacts** (e.g. soil compaction, invasive species,
- **Certification** of clean-up and site closure
- **Post closure** monitoring and management programmes
- **Public disclosure**
- Case studies (links)



2

Objetivos

Fortalecer la comprensión básica de las acciones de remediación en la limpieza del sitio, las tecnologías y herramientas que se utilizan.

Temas

- Definiciones del sitio contaminado, objetivos y proceso de gestión
- Plan de acción correctiva del sitio (RAP por su siglas en inglés: *Remedial Action Plan*)
- Criterios de sitios contaminados por hidrocarburos/ petróleo en el suelo
- Vías de exposición y remediación en suelos y aguas
- Métodos de remediación: simple, no biológico y biorremediación
- Estimación de costos, comparaciones y desafíos
- Impactos de la remediación, por ejemplo: compactación del suelo, especies invasoras, etc.
- Certificación de limpieza y cierre de obra
- Programas de seguimiento y gestión posteriores al cierre
- Divulgación pública
- Casos de estudio (enlaces)

What is a Contaminated Site?

Areas of land, water, groundwater, or sediments that have levels of contaminants exceeding the remediation criteria.

Contaminant sources can include on-site burial of wastes, small, frequent drips and spills, stockpiling and storage of materials, major spills, and releases during fires.

Contamination may also be due to illegal dumping of contaminated soil.

Contaminated sites may have short or long term consequences to the health of people or the quality of the environment.



3 Source: Dept Environment Government of Nunavut. Guideline for Contaminated Site Remediation 2009 <http://www.gov.nu.ca/env/environment>

¿Qué es un sitio contaminado?

Áreas de tierra, agua, aguas subterráneas o sedimentos que tienen niveles de contaminantes que exceden los criterios de remediación.

Las fuentes de contaminantes pueden incluir: desechos enterrados en el sitio, goteos, derrames pequeños y frecuentes, el acopio y almacenamiento de materiales, derrames importantes y liberaciones durante incendios.

La contaminación también puede deberse al vertido ilegal de suelo contaminado.

Los sitios contaminados pueden tener consecuencias a corto o largo plazo para la salud de las personas o la calidad del medio ambiente.

Contaminated Site Cleanup Goals

The goal of remediation is *to remove, or to make harmless, substances contaminating the soil or groundwater.*

The remediation processes can be applied directly to the site of contamination, *in situ* (or on site), or after removing the contaminated soil, *ex situ* (or off site)

The choice of treatment is linked to:

- Type of pollutant
- Polluted site
- Technology available
- Costs



Objetivos de limpieza de sitios contaminados

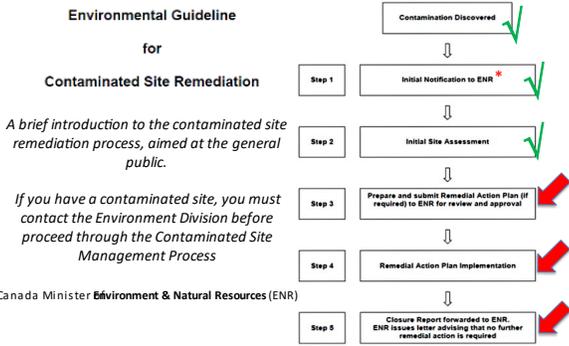
El objetivo de la remediación es **eliminar o hacer inofensivas las sustancias que contaminan el suelo o las aguas subterráneas.**

Los procesos de remediación se pueden aplicar directamente en el sitio de contaminación, **in situ** (en el sitio), o después de eliminar el suelo contaminado, **ex situ** (fuera del sitio)

La elección del tratamiento está ligada a:

- Tipo de contaminante
- Sitio contaminado
- Tecnología disponible
- Costos

Contaminated Site Management Process



Proceso de gestión de sitios contaminados

Directriz ambiental para la remediación de sitios contaminados

Una breve introducción al proceso de remediación de sitios contaminados, dirigida al público en general.

Si tiene un sitio contaminado, debe comunicarse con la División de Medio Ambiente antes de continuar con el Proceso de Manejo de Sitios Contaminados

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Canadá (ENR)

Contaminated Site Management Process

Step 4 Remedial Action Plan Implementation

The responsible party and the qualified person (expert) shall proceed with the approved RAP and submit **monitoring reports** to ENR on the pre-determined schedule.
The responsible party must advise ENR (the Ministry) if activities deviate from the approved RAP. ENR will assess the significance of any deviations and respond accordingly. In situations where predictions included in the RAP fail to be achieved, the responsible party may be required to reevaluate Step 3 and enhance the RAP.

Proceso de gestión de sitios contaminados

Paso 4 Implementación del Plan de Acción Correctiva

La parte responsable y la persona cualificada (experta/o) procederán con el PAR aprobado y presentarán informes de seguimiento a la división de medio ambiente en el calendario predeterminado.

La parte responsable debe notificar a la ENR (el Ministerio) si las actividades se desvían del PAR aprobado. ENR evaluará la importancia de cualquier desviación y responderá en consecuencia. En situaciones en las que no se logren las predicciones incluidas en el RAP, se podrá exigir a la parte responsable que reevalúe el Paso 3 y mejore el RAP.

Contaminated Site Criteria for PHs in Soil

In Canada, the Environment Division (ED) of ENR is the main contact concerning remediation of contaminated sites on Commissioner's Land.

ED determines the required level of remediation using the remediation criteria cited in this document. ED also reviews your remediation plan and monitors the progress of the project.

ED programs are applied primarily to Commissioner's Land, municipal lands or lands involving GNWT activities. The EPA provides the legislative authority. Contact ED for a listing of relevant legislation and guidelines or visit the web site at <http://www.enr.gov.nt.ca/eps>.

ED will provide advice on remediation measures, but it is the sole responsibility of the polluter and landowner to provide adequate site remediation.

7 Environmental Guideline for Contaminated Site Remediation, Nov 2003.

Criterios de sitio contaminado para PH en el suelo

En Canadá, la División de Medio Ambiente (ED) de ENR es el principal contacto en lo que respecta a la rehabilitación de sitios contaminados en "Comisiones de Tierra".

ED determina el nivel requerido de corrección utilizando los criterios de corrección citados en este documento. El Departamento de Educación también revisa su plan de remediación y monitorea el progreso del proyecto.

Los programas de ED se aplican principalmente a las tierras del comisionado, a las tierras municipales o a las tierras que involucran actividades de GNWT. La EPA proporciona la autoridad legislativa. Póngase en contacto con el Departamento de Educación para obtener una lista de la legislación y las directrices pertinentes o visite el sitio web en <http://www.enr.gov.nt.ca/eps>.

El Departamento de Educación brindará asesoramiento sobre las medidas de remediación, pero es responsabilidad exclusiva del contaminador y del propietario proporcionar una remediación adecuada del sitio.

Soil Remediation Literature plus many, many more...



Literatura sobre remediación de suelos

Directrices para la rehabilitación de sitios contaminados con petróleo e hidrocarburos.

y muchos, muchos más...

Regional Training Courses



Cursos Regionales de Capacitación

Remember the Exposure Pathways

Source – Pathway – Receptor

| | |
|---------------|---|
| Soil | Direct contact by construction workers and residents; leaching to underlying groundwater or nearby surface water; runoff erosion into nearby surface water; direct contact by plants & animals; migration of vapors into overlying structures |
| Groundwater | Drinking water use; migration of vapors into overlying structures; discharge to surface waters |
| Surface Water | Contact by persons and aquatic organisms with contaminated sediments and surface water; consumption of fish, shellfish and other aquatic organisms |
| Air/Vapors | Breathing vapors by workers/residents; exposure to utility workers |

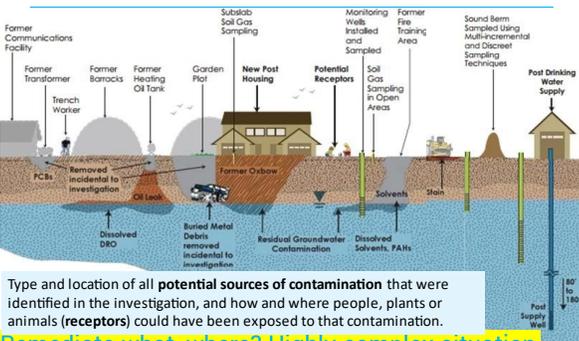
10 Source: Department of Ecology's website at <https://fortress.wa.gov/ecy/publications/SummaryPages/100957.html>

Recuerde las vías de exposición

Fuente – trayecto – Receptor

| Trayectorias de exposición común en sitios contaminados con petróleo/hidrocarburos | |
|--|--|
| Suelo | Contacto directo por trabajadores de construcciones y residente; lixiviación a la fuente de agua subterránea subyacente o agua superficial; escorrentía/erosión en proximidades de superficies de agua; contacto directo por plantas o animales; migración de vapores en estructuras superpuestas. |
| Aguas subterráneas | Beber agua potable, migración de vapores hacia estructuras superpuestas, descarga a aguas superficiales |
| Aguas superficiales | Contacto por personas y organismos acuáticos con sedimentos contaminados/superficie de agua; consumo de pescados, mariscos u otros organismos acuáticos. |
| Aire/Vapor | Respirar vapores por los trabajadores/residentes: exposición de trabajadores de sectores de servicios públicos |

Feb 2013 **conceptual site model** for Taku Gardens Family Housing development site (54 acres of Former Communication Site), includes 110 new housing units - intended for family housing for military personnel and families.



11 Source: Graphic modified from https://dec.alaska.gov/igwr/csp/sites/fort_wainwright/ with original illustration by Jacobs, CH2M Hill.

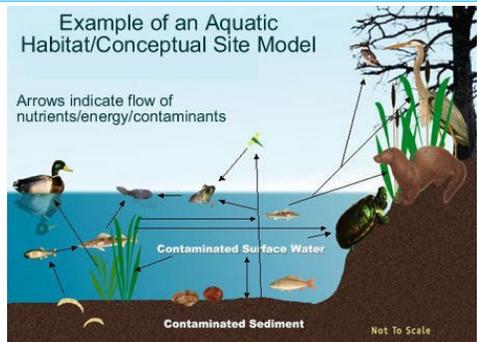
Febrero de 2013 **modelo conceptual del sitio** para el sitio de desarrollo de viviendas familiares Taku Gardens (54 acres del antiguo sitio de comunicación), incluye 110 nuevas unidades de vivienda, destinadas a viviendas familiares para personal militar y familias.

Tipo y ubicación de todas las fuentes potenciales de contaminación que se identificaron en la investigación, el cómo y el dónde las personas, plantas o animales (receptores) podrían haber estado expuestos a esa contaminación.

¿Qué y dónde remediar? Situación de alta complejidad.

¿Remediar qué? Suelo y agua...

Remediate what? Soil and water...



12 Source: <https://archive.epa.gov/reg5sfun/ecology/web/html/erastep3.html>

Ejemplo de un modelo conceptual de hábitat acuático

Las flechas indican el flujo de nutrientes/energía/contaminantes

Remediation Methods

Over **30 methods** at present, for contaminated **Soils**, that include the main types:

- capping
- soil washing
- solvent extraction
- thermal desorption technologies
- solidification/stabilization
- soil vapour extraction
- air sparging/bio-venting
- incineration
- landfarming/biopiles/bioslurry
- microbial barriers
- phytoremediation

There are **30+ methods** to treat **Groundwater**, **Surface Water**, and **Leachate**. Classification of the different processes can be made in accordance with the **mechanism** for cleaning up: **non-organic** (chemical, physical or thermal) or **biological**.

The choice of different types of treatment is linked to several factors related to the **nature of the pollutant**, the **polluted site**, the **type of technology** (basically to its efficiency and cost \$\$\$\$).

REMEMBER: no single remediation technology is considered the best solution for oil contaminated soil; sometime methods are combined; and new and improved methods being developed all the time by governments and the private sector.

13

Métodos de corrección

Más de **30 métodos** en la actualidad, para suelos contaminados, que Incluyen los principales tipos:

- Cobertura
- Lavado de suelo
- Extracción con disolventes
- Tecnologías de desorción térmica
- Solidificación/estabilización
- Extracción de vapor de suelo
- Rociado de aire/bioventilación incineración de cultivo de tierras/biopilotes/biopurines
- Barreras microbianas
- Fitorremediación

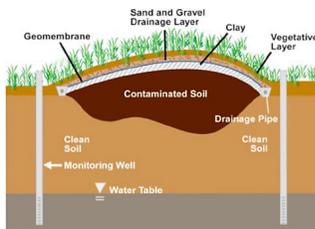
Hay **30+ métodos** para tratar las aguas subterráneas, las aguas superficiales y los lixiviados. La clasificación de los diferentes procesos se puede realizar de acuerdo con el mecanismo de limpieza: no orgánico (químico, físico o térmico) o biológico.

La elección de los diferentes tipos de tratamiento está ligada a varios factores relacionados con la **naturaleza del contaminante, el sitio contaminado, el tipo de tecnología** (básicamente a su eficiencia y costo \$\$\$\$).

RECUERDE: ninguna tecnología de remediación por sí sola se considera la mejor solución para el suelo contaminado con petróleo/hidrocarburo. A veces se combinan métodos; y métodos nuevos y mejorados que los gobiernos y el sector privado están desarrollando todo el tiempo.

A simple solution: Capping

- **In situ**, stop rain from seeping through material and carrying contaminants to the groundwater
- Keep storm water runoff from carrying contaminated material offsite or into lakes and streams
- Prevent wind from blowing contaminated material offsite
- Control releases of gas from wastes containing or producing "volatile" chemicals (those that evaporate)



- Keep people and wildlife from coming into contact with the hazardous material and tracking contaminants offsite.

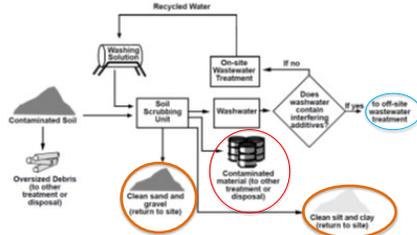
14 Source: A Citizen's Guide to Soil Capping EPR, Citizen's Guide Series, www.delnr.org/remediation, www.delnr.org/products/citguide

Una solución sencilla: Cobertura

- **In situ**, evita que la lluvia se filtre a través del material y lleve contaminantes a las aguas subterráneas
- Evite que la escorrentía de aguas pluviales transporte material contaminado fuera del sitio o hacia lagos y arroyos
- Evite que el viento sople material contaminado fuera del sitio
- Controlar las emisiones de gases de los desechos que contienen o producen sustancias químicas "volátiles" (las que se evaporan)
- Evite que las personas y la vida silvestre entren en contacto con el material peligroso y rastree los contaminantes fuera del sitio.

Non-biological: Soil Washing

- **In situ**, washing with water and possibly other substances (acids, bases, chelating agents, surfactants)
- Soil is pre-treated to remove large particles
- Wash water is separated from the soil and re-cycled
- Capacity high (25 tonnes/hour)



- Used for heavy metal removal, but also for hydrocarbons and pesticides
- Limited use in silty/clayey soils

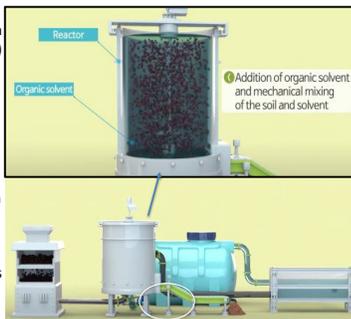
15 Source: A Citizen's Guide to Soil Washing, EPA 542 -F-96-002 Environmental Protection Emergency Response April 1996

No biológico: Lavado de suelos

- Lavado **in situ**, con agua y posiblemente otras sustancias (ácidos, bases, agente quelante, tensioactivos)
- El suelo se trata previamente para eliminar las partículas grandes
- El agua de lavado se separa del suelo y se recicla Capacidad alta (25 toneladas/hora)
- Se utiliza para la eliminación de metales pesados, pero también para hidrocarburos y pesticidas
- Uso limitado en suelos limosos/arcillosos

Non-biological: Solvent Extraction

- **Ex situ**, separation and concentration process in which a non-aqueous liquid (solvent) is used to remove organic contaminants.
- Effectiveness of extraction of pollutants from soil depends on the intimate contact between the soil and the mixture of solvents.
- Method works for remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) = oil, and also polychlorinated biphenyls (PCBs) = pesticides.
- Selection of appropriate solvents is critical.



16 Source: A Citizen's Guide to Soil Washing, EPA 542 -F-96-002 Environmental Protection Emergency Response April 1996

No biológico: Extracción con disolventes

- Proceso **ex situ**, de separación y concentración en el que se utiliza un líquido no acuoso (disolvente) para eliminar contaminantes orgánicos.
- La eficacia de la extracción de contaminantes del suelo depende del contacto íntimo entre el suelo y la mezcla de disolventes.
- El método funciona para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) = petróleo, y también bifenilos policlorados (PCB) = plaguicidas.
- La selección de los disolventes adecuados es fundamental.

Non-biological: Thermal Desorption

- **Ex-situ** treatment technology that uses heat to increase volatility of pollutants so they can be removed from a solid matrix: e.g. soil, sludge, or drill cuttings
- Desorbers are designed as a separation technology to remove organic compounds from such matrices without thermally destroying them
- **Volatilized contaminants** are then either collected or thermally destroyed in secondary treatment units
- Two major components: the desorber and off-gas treatment system
- Can be applied to a wide variety of problems, and its performance predicted with a very high degree of confidence
- Moisture content in soil can affect the efficiency



17 Source: http://www.midwestsoil.com/files/hub/242960/file_1220605596_pdf/docs/mr_company_info_packet_01e.pdf

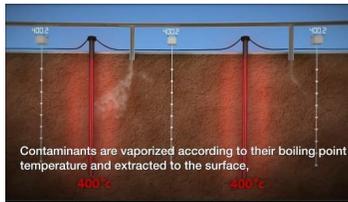
No biológico: Desorción térmica

- Tecnología de tratamiento **ex situ** que **utiliza calor para aumentar la volatilidad de los contaminantes** para que puedan eliminarse de una matriz sólida: por ejemplo, suelo, lodos o recortes de perforación
- Los "*desorber*" están diseñados como una tecnología de separación para eliminar los compuestos orgánicos de dichas matrices sin destruirlos térmicamente.
- A continuación, los **contaminantes volatilizados** se recogen o se destruyen térmicamente en unidades de tratamiento secundario
- Dos componentes principales: el *desorber* y el sistema de tratamiento de gases residuales
- Se puede aplicar a una amplia variedad de problemas, y su rendimiento se puede predecir con un alto grado de confianza
- El contenido de humedad en el suelo puede afectar la eficiencia

Non-biological: Thermal

THERMAL REMEDIATION

- **In-situ** treatment technology that uses high heat above and below water table to increase volatility of pollutants so they can be removed through pumps attached to wells
- steam also used to add heat into the ground
- effective for removal of VOCs and semi-VOCs and even mercury



See CASE STUDY video link

18

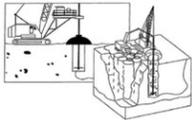
No biológico: Térmico

REMEDIACIÓN TÉRMICA

- Tecnología de tratamiento **in situ** que **utiliza altas temperaturas por encima y por debajo del nivel freático** para aumentar la volatilidad de los contaminantes para que puedan eliminarse a través de bombas conectadas a pozos
- El vapor también se utiliza para añadir calor al suelo
- Eficaz para la eliminación de COV y semiCOV e incluso de mercurio

Ver enlace de video de ESTUDIO DE CASO

Non-biological: Solidification/stabilization



- **Ex-situ** or **in-situ** cleanup methods prevent or slow the release of harmful chemicals (incl metals, radioactive, PCBs and pesticide contaminants) from soil.
- These methods usually do not destroy the contaminants; they keep them from "leaching" above safe levels into the surrounding environment
- Solidification binds the waste in a solid block of material and traps it in place.
- The block is also less permeable to water than the waste.



19

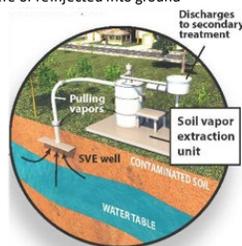
No biológico: Solidificación/estabilización

- Los métodos de limpieza **ex situ** o **in situ** evitan o ralentizan la liberación de productos químicos nocivos (incluidos metales, radiactivos, PCB y contaminantes de plaguicidas) del suelo.
- Por lo general, estos métodos no destruyen los contaminantes; Evitan que se "filtren" por encima de los niveles seguros en el medio ambiente circundante.
- La solidificación une los residuos en un bloque sólido de material y los atrapa en su lugar.
- El bloque también es menos permeable al agua que los residuos.

Non-biological : SOIL VAPOUR EXTRACTION

SVE also called Soil Vacuum Extraction

- **In situ**, using a system of drilled wells and vacuum applied to induce a flow of air which brings with it the volatile compounds and some semivolatiles.
- system comprises a gas treatment extracts made from activated carbon filters
- treated gas is released into atmosphere or reinjected into ground
- mainly in soils at medium depth and permeability
- useful when contaminants are already in a vaporous state or are liquids that readily evaporate, e.g. methane/propane, that can make their way into homes
- pollutants must have vapor pressure >1 mm Hg at 20 °C
- soils moisture >50%, tend to adsorb pollutant, reducing effectiveness



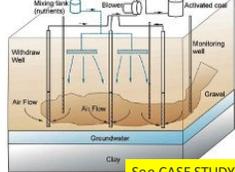
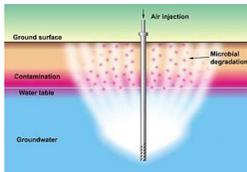
Source: Remediation of Hydrocarbon Contaminated Soils - Andrea Milani, Chemical Engineer, Cooperator - Uni UGBM - Rome (Italy)
20 https://www.newswise.com/doi/science/?article_id=654049&returnurl=https://doi.org/10.1016/j.jce.2012.12.003

No biológico: EXTRACCIÓN DE VAPOR DEL SUELO

- SVE, también llamada extracción al vacío del suelo **In situ**, utilizando un sistema de pozos perforados y al vacío aplicado para inducir un flujo de aire que trae consigo los compuestos volátiles y algunos semivolátiles.
- El sistema comprende un tratamiento de gases a partir de filtros de carbón activado
- El gas tratado se libera a la atmósfera o se reinyecta en el suelo
- Principalmente en suelos de profundidad y permeabilidad media
- Útil cuando los contaminantes ya están en estado vaporoso o son líquidos que se evaporan fácilmente, por ejemplo, metano/propano, que pueden llegar a los hogares Los contaminantes deben tener una presión de vapor > 1 mm Hg a 20 °C
- La humedad de los suelos >50%, tiende a adsorber el contaminante, reduciendo la eficacia

Bio-remediation: Air Sparging or Bioventing

- **In situ**, for soil treatment in unsaturated zone
- stimulates degrading action of microorganisms already present, providing O₂ and, where needed, mineral nutrients into ground by percolation or by direct input with specific spargers
- cause contaminants to evaporate into a gas
- useful in remediation of HC contaminated soils and for soils with high permeability
- not good in heterogeneous soils, with saturated polluted zone or close to aquifers.



See CASE STUDY video link

21 Source: Remediation of Hydrocarbon Contaminated Soils : Andrea Milioni, Chemical Engineer; Cooperator - Uni UCBM - Rome (Italy).

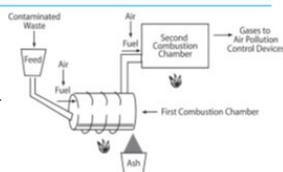
Bio-remediación: Rociado de aire o Bio-ventilación

- **In situ**, para el tratamiento de suelos en zonas no saturadas
- Estimula la acción degradante de los microorganismos ya presentes, proporcionando O₂ y, cuando sea necesario, nutrientes minerales al suelo por percolación o por entrada directa con rociadores específicos
- Hacer que los contaminantes se evaporen en un gas
- Útil en la remediación de suelos contaminados con HC y para suelos con alta permeabilidad
- No es bueno en suelos heterogéneos, con zona contaminada saturada o cerca de acuíferos.

Ver enlace de video de ESTUDIO DE CASO

Non-biological : Incinerate

- **Ex-situ**, used for final disposal of contaminated material from soil washing and solvent extraction and thermal desorption (above)
- Polluted material fed into burner for volatilization & oxidation of organic compounds
- Temperatures of 870 to 1,200 C, with oxygen
- Often auxiliary fuel needed to trigger and maintain combustion
- Used especially for chlorinated hydrocarbons, PCB, dioxins
- At burner exit, gas treatment, particulate abatement & neutralization of acids systems needed



22 Source: EPA Citizen's Guide Series: www.dclun.org/remediation www.dclun.org/productstguide

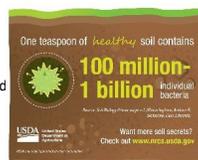
No biológico: Incinerar

- **Ex-situ**, utilizado para la disposición final de material contaminado procedente del lavado del suelo y la extracción con disolventes y la desorción térmica (arriba)
- Material contaminado alimentado en el quemador para la volatilización y oxidación de compuestos orgánicos
- Temperaturas de 870 a 1.200 C, con oxígeno
- A menudo, se necesita combustible auxiliar para activar y mantener la combustión
- Se utiliza especialmente para hidrocarburos clorados, PCB, dioxinas
- A la salida del quemador, se necesitan sistemas de tratamiento de gases, reducción de partículas y neutralización de ácidos

Bio-remediation: Natural .. & Landfarming

NATURAL ATTENUATION

- an intrinsic bioremediation, allowing nature to restore a polluted environment
- for effectiveness, contamination must be characterized thoroughly and regularly monitored
- precise boundary btw contaminated area and clean zone, basic parameters (temp, pH, redox potential, concentration nitrate, nitrite & NH₄, PO₄) and enumeration of microbes specific for different types of biodegradation
- presence of non-biodegradable pollutants, contamination pathways to receptors and long time needed are weaknesses in the method



LANDFARMING

- **In situ**, arranging contaminated material on a non-permeable surface in a layer ca. < 1m, ensuring, during best conditions for microbial development
- essential from start, correct balance of main nutritional components of the system: C, N and P, in relations respectively 100: 5: 1; also of water content (60-70% of the saturation value), and the soil pH, which must be neutral.

23 Source: Remediation of Hydrocarbon Contaminated Soils : Andrea Milioni, Chemical Engineer; Cooperator - Uni UCBM - Rome (Italy); https://www.nrc.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/health/?cid=stprdb2143889

Bio-remediación: Natural y cultivable

ATENUACIÓN NATURAL

- Una biorremediación intrínseca, que permite a la naturaleza restaurar un medio ambiente contaminado
- Para que sea eficaz, la contaminación debe caracterizarse minuciosamente y controlarse regularmente
- Límite preciso entre el área contaminada y la zona limpia, parámetros básicos (temperatura, pH, potencial redox, concentración de nitrato, nitrito y NH₄, PO₄) y enumeración de microbios específicos para diferentes tipos de biodegradación
- La presencia de contaminantes no biodegradables, las vías de contaminación hacia los receptores y el largo tiempo necesario son puntos débiles del método

“AGRICULTURA DE TIERRA”

- **In situ**, disposición del material contaminado sobre una superficie no permeable en una capa de aproximadamente < 1 m, asegurando las mejores condiciones para el desarrollo microbiano
- Esencial desde el principio, correcto equilibrio de los principales componentes nutricionales del sistema: C, N y P, en relaciones respectivamente 100: 5: 1; también del contenido de agua (60-70% del valor de saturación), y del pH del suelo, que debe ser neutro.

Bio-remediation: Landfarming

- **In-situ** treatment where it is necessary to facilitate air entry for correct O₂ supply to bacteria, generally by mixing soil or adding bulking agents (wood chips, expanded silicon, etc.)
- process requires long time, e.g. 24 months, depending on nature of contamination, concentrations, types of soil, vol. of soil to be remediated
- not acceptable to remove volatile constituents from soils through evaporation, without biological degradation, unless volatiles captured and treated



- presence of volatile pollutants can threaten operators health, and unavailability of adequate land area may limit applicability

24 Source: Remediation of Hydrocarbon Contaminated Soils : Andrea Milioni, Chemical Engineer; Cooperator – UNI UC3M – Rome (Italy); RSK – Soil and Groundwater Remediation in Iraq – www.rsk.co.uk

Biorremediación: “Agricultura de tierra”

- Tratamiento **in situ** en el que es necesario facilitar la entrada de aire para el correcto aporte de O₂ a las bacterias, generalmente mezclando tierra o añadiendo agentes de carga (astillas de madera, silicio expandido, etc.)
- El proceso requiere mucho tiempo, por ejemplo, 24 meses, dependiendo de la naturaleza de la contaminación, las concentraciones, los tipos de suelo, el volumen de suelo a remediar
- No es aceptable eliminar los componentes volátiles de los suelos por evaporación, sin degradación biológica, a menos que los volátiles sean capturados y tratados
- La presencia de contaminantes volátiles puede amenazar la salud de los operadores, y la falta de disponibilidad de un área de tierra adecuada puede limitar la aplicabilidad

Bio-remediation: Biopiles

- **In situ** or **ex-situ**: very similar to landfarming, except for method of O₂ transfer
- soil layers are aerated and heated internally by pipes (works in cold weather), and nutrient solutions can also be added
- if volatile pollutants present, biopile can be covered with perforated waterproof sheets to let out steam to be sent to treatment
- sheets also allow monitoring of parameters, as for landfarming (above)
- application of biopiles has been guaranteed by numerous studies that have shown good removal efficiencies especially for THP



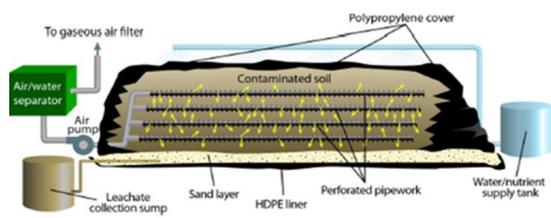
25 Source: Remediation of Hydrocarbon Contaminated Soils : Andrea Milioni, Chemical Engineer; Cooperator – UNI UC3M – Rome (Italy); http://www.megateam.co.za/portfolio-items/soil-bioremediation-of-oils/#!/prettyPhoto

Biorremediación: Bio-jarillón

- **In situ** o **ex situ**: muy similar a la agricultura en tierra, excepto por el método de transferencia de O₂
- Las capas del suelo se airean y calientan internamente mediante tuberías (funciona en climas fríos), y también se pueden agregar soluciones nutritivas
- Si hay contaminantes volátiles presentes, el bio-jarillón se puede cubrir con láminas impermeables perforadas para dejar salir el vapor que se enviará al tratamiento
- Las hojas también permiten el seguimiento de los parámetros, como en el caso de la agricultura de tierra (encima)
- La aplicación de bio-jarillón ha sido garantizada por numerosos estudios que han demostrado una buena eficiencia de eliminación, especialmente para la THP

Bio-remediation: Biopiles cont.

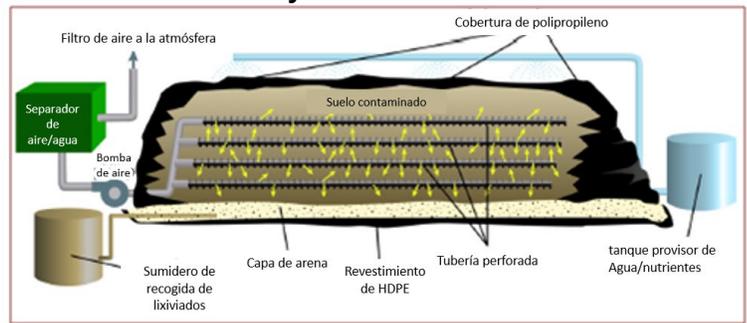
BIOPILE cont..



Source: Remediation of Hydrocarbon Contaminated Soils; Andrea Milioni, Chemical Engineer; Cooperator - Uni UC3M - Rome (Italy); Majone et al 2015.

26

Biorremediación: Bio-jarillón cont.



Bio-remediation: Microbiological barriers

- **in situ** treatment of **groundwater**
- a barrier is placed transversally inside the aquifer, consisting of soil or suitable solid mineral grains that are colonized by microorganisms
- thus the barrier is "passive", and biodegradation occurs by contact between the water that runs through it and microorganisms that adhere to it
- also need a series of wells for air and nutrients intake for microorganisms
- As with Permeable Reactive Barriers (PRB) (see next slide), these methods requires a thorough understanding of the geochemistry, hydrogeology, microbiology and ecology of contaminated soils, groundwater and sediments, under both natural and engineered conditions, thus it has not been so widely thus far, but is expected to become more widely adopted for a range of contaminants (see Majone et al 2015)

Source: Remediation of Hydrocarbon Contaminated Soils; Andrea Milioni, Chemical Engineer; Cooperator - Uni UC3M - Rome (Italy); Majone et al 2015. In situ groundwater and sediment bioremediation: barriers and perspectives at European contaminated sites. New Biotechnol 32(1): 133-146; <https://www.rrca.usda.gov/wps/portal/rrca/detail/national/soils/health?cid=stepdrb1143889>

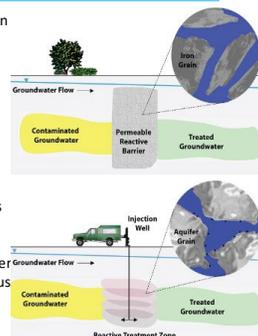
27

Biorremediación: Barreras microbiológicas

- Tratamiento **in situ** de **aguas subterráneas**
- En el interior del acuífero se coloca una barrera que consiste en tierra o granos minerales sólidos adecuados que son colonizados por microorganismos
- Así, la barrera es "pasiva", y la biodegradación se produce por contacto entre el agua que la atraviesa y los microorganismos que se adhieren a ella
- También se necesita una serie de pozos para la entrada de aire y nutrientes para los microorganismos
- Al igual que con las barreras reactivas permeables (PRB) (ver la siguiente diapositiva), estos métodos requieren una comprensión profunda de la geoquímica, hidrogeología, microbiología y ecología de suelos, aguas subterráneas y sedimentos contaminados, tanto en condiciones naturales como de ingeniería, por lo que no ha sido tan extendido hasta ahora, pero se espera que se adopte más ampliamente para una variedad de contaminantes (ver Majone et al 2015)

Bio/Non-bio: PERMEABLE REACTIVE BARRIER

- **in situ**, cost-effective for **groundwater** remediation
- barrier allow some (but not all) materials to pass through, in passive capture and removal or breaking down contaminants
- primary removal includes sorption and precipitation, chemical and microbial action
- PRB with mm-sized granular iron barrier through which groundwater flows (top)
- a "reactive treatment zone" (bottom) from sequential injection of nano-sized iron to form overlapping zones of particles absorbed by grains of native aquifer material; nanoparticles move little in porous medium
- reaction will only occur when contaminants, either dissolved in groundwater or as dense nonaqueous phase liquid (DNAPL), come into contact with the iron surfaces



Source: Tratnyek & Johnson 2005. "Remediation with Iron Metal." Center for Groundwater Research, Oregon Health and Science University; Gillham et al 2010. Iron barrier walls for chlorinated solvent remediation. In: Stroo & Ward (eds.) In Situ Remediation of Chlorinated Solvent Plumes. Springer Science+Business Media doi:10.1007/978-1-4419-1401-9; Figure: Paul Tratnyek 2005.

28

Bio/No bio: BARRERA REACTIVA PERMEABLE

- **In situ**, rentable para la remediación de **aguas subterráneas**
- La barrera permite el paso de algunos materiales (pero no todos), en captura y eliminación pasiva o descomponiendo contaminantes
- La eliminación primaria incluye la sorción y la precipitación, la acción química y microbiana
- PRB con barrera de hierro granular de tamaño mm a través de la cual fluye el agua subterránea (arriba)
- Una "zona de tratamiento reactivo" (abajo) a partir de la inyección secuencial de hierro de tamaño nanométrico para formar zonas superpuestas de partículas absorbidas por granos de material

acuífero nativo; Las nanopartículas se mueven poco en un medio poroso

- La reacción solo ocurrirá cuando los contaminantes, ya sea disueltos en el agua subterránea o como líquido denso en fase no acuosa (DNAPL), entren en contacto con las superficies de hierro

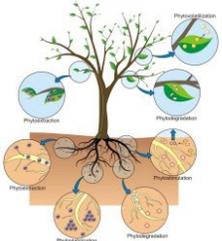
Bio/Non-bio: PERMEABLE REACTIVE BARRIER



Bio/No bio: BARRERA REACTIVA PERMEABLE

Bio-remediation: Phytoremediation

- **In-situ**, trees can also remove contaminants from soil through phytoremediation
- trees and other deep-rooted plants absorb contaminants in soil and incorporate contaminants into their tissues
- plants also "breathe" volatile contaminants to atmosphere, dissipating them
- plants used as pumps to remove contaminants
- plant-based remediation is good for contaminants, such as carbon tetrachloride (fumigant and dry-cleaning agent)



• also use trees to monitor progress by measuring the amount of contaminants in samples of branches and tree cores to assess how much has been removed

Sources: [https://www.newswise.com/doi/abs/10.1002/1522-0175\(200405\)10:5<404::AID-ENVR404>3.0.CO;2](https://www.newswise.com/doi/abs/10.1002/1522-0175(200405)10:5<404::AID-ENVR404>3.0.CO;2)
Sharma & Pandey 2014. Status of Phytoremediation in World Scenario. IJERBB 2(4):178 -191 DOI: 10.12691/ijerbb-2-4-5

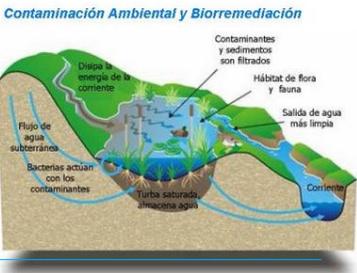
Biorremediación: Fitorremediación

- **In situ**, los árboles también pueden eliminar los contaminantes del suelo a través de la fitorremediación
- Los árboles y otras plantas de raíces profundas absorben contaminantes en el suelo e incorporan contaminantes en sus tejidos
- Las plantas también "respiran" contaminantes volátiles a la atmósfera, disipándolos
- Plantas utilizadas como bombas para eliminar contaminantes
- La remediación basada en plantas es buena para los contaminantes, como el tetracloruro de carbono (fumigante y agente de limpieza en seco)
- También usar árboles para monitorear el progreso midiendo la cantidad de contaminantes en muestras de ramas y núcleos de árboles para evaluar cuánto se ha eliminado

PLANTAS Y MICROBIOS PARA LIMPIAR LA CONTAMINACIÓN

In-situ
Nuevas tecnologías de recuperación se están desarrollando con el objetivo de remover contaminantes del ambiente y restaurar la calidad de los ecosistemas.

Estas tecnologías incluyen bio-remediación (usando microbios para descontaminar sitios), fito-remediación (usando plantas para descontaminar sitios), y atenuación natural (permitiendo que el medio ambiente se limpie a sí mismo con el tiempo).

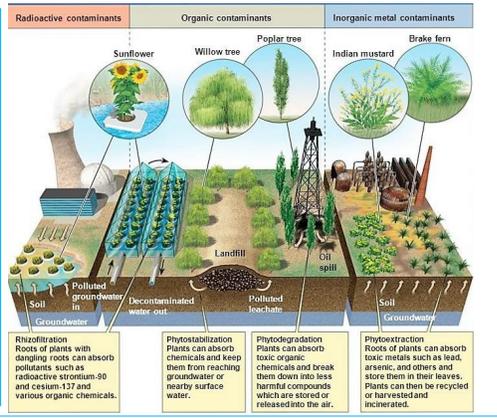


PLANTAS Y MICROBIOS PARA LIMPIAR LA CONTAMINACIÓN

In-situ Nuevas tecnologías de recuperación se están desarrollando con el objetivo de remover contaminantes del ambiente y restaurar la calidad de los ecosistemas.

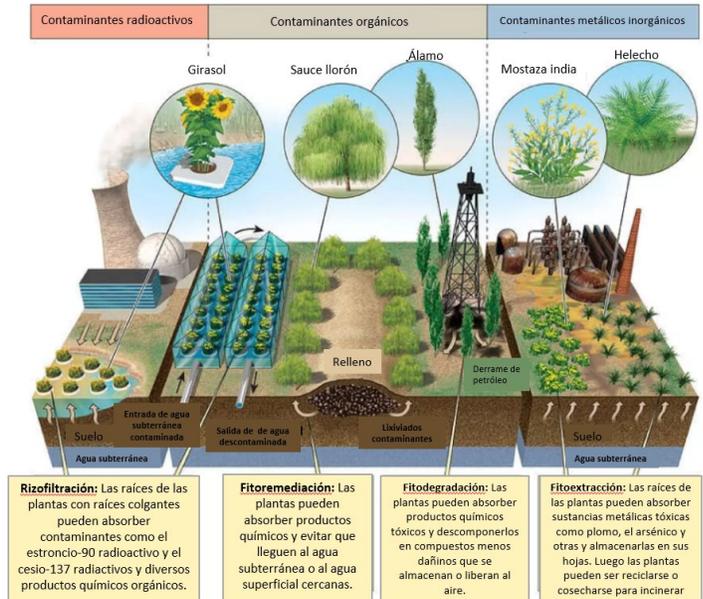
Estas tecnologías incluyen bio-remediación (usando microbios para descontaminar sitios), fito-remediación (usando plantas para descontaminar sitios), y atenuación natural (permitiendo que el medio ambiente se limpie a sí mismo con el tiempo).

Bio-remediation: Phytoremediation cont.



32 Sources: © Brookes/Cole - Thomson.

Biorremediación: Fitorremediación cont.



Rizofiltración: Las raíces de las plantas con raíces colgantes pueden absorber contaminantes como el estroncio-90 radioactivo y el cesio-137 radiactivo y diversos productos químicos orgánicos.

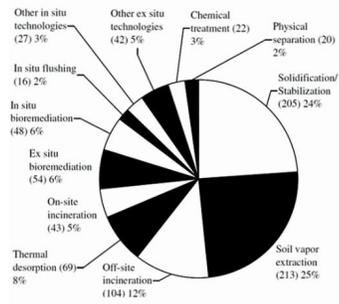
Fitoremediación: Las plantas pueden absorber productos químicos y evitar que lleguen al agua subterránea o al agua superficial cercanas.

Fitodegradación: Las plantas pueden absorber productos químicos tóxicos y descomponerlos en compuestos menos dañinos que se almacenan o liberan al aire.

Fitoeextracción: Las raíces de las plantas pueden absorber sustancias metálicas tóxicas como plomo, el arsénico y otras y almacenarlas en sus hojas. Luego las plantas pueden ser reciclarse o cosecharse para incinerar.

The choice of clean up technologies

Technologies selected for source control treatment at Superfund* remedial action sites (US EPA 2004)



* Superfund is a US federal government program designed to fund the cleanup of sites contaminated with hazardous substances and pollutants. Such sites are called "Superfund" sites. Programme legally established in 1980.

33 Source: Periaa & Yuet 2006. Solidification/Stabilization of Organic and Inorganic Contaminants using Portland Cement: A Literature Review. Env. Rev. 14.

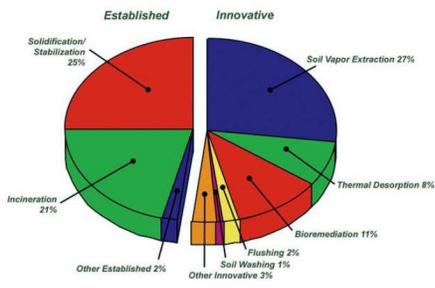
La elección de las tecnologías de limpieza

Tecnologías seleccionadas para el tratamiento de control de la fuente en los sitios de acción correctiva de Superfund* (US EPA 2004)

*Superfund es un programa del gobierno federal de los Estados Unidos diseñado para financiar la limpieza de sitios contaminados con sustancias peligrosas y contaminantes. Dichos sitios se denominan sitios "Superfund". Programa legalmente establecido en 1980.

The choice of clean up technologies

Superfund Remedial Actions: Source Control Treatment Technologies



34

La elección de las tecnologías de limpieza

Medidas correctivas del Superfund: tecnologías de tratamiento de control de fuentes

Remediation Technologies: mobile unit !

- **In situ** and within 6 months contaminated soil cleaned are ready for farming
- Microbes and granular absorption agent added and stirred into the soil
- Microbes and absorption agent combine to remove moisture and contaminants



Note: necessity is the mother of invention!

35

Tecnologías de remediación: ¡unidad móvil!

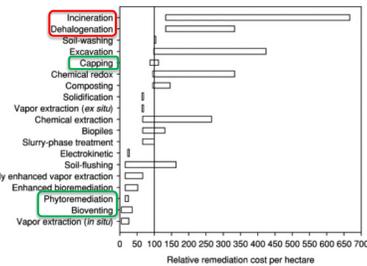
- **In situ** y en un plazo de 6 meses, el suelo contaminado limpio está listo para el cultivo
- Microbios y agentes de absorción granular añadidos y revueltos en el suelo
- Los microbios y el agente de absorción se combinan para eliminar la humedad y los contaminantes

Nota: ¡la necesidad es la madre de la invención!

Remediation Cost - Comparison

Typical costs for enhanced bioremediation range from \$30 to \$100 per m² of soil.

Factors that affect cost include the soil type and chemistry, type and quantity of amendments used, and type and extent of contamination, plus time.



Range of relative remediation costs for different technologies, expressed as a percentage of the cost for capping. Costs calculated on basis of 1 ha area, 0.25 m soil depth, and soil density of 1.2g cm⁻³.

Source: 4.2 Enhanced Bioremediation (In Situ Soil Remediation Technology) https://nri.gov/matrix/section4/4_2.html

36

Source: Lombi & Hamon 2005. Remediation of polluted soils. Encyclopedia of Soils in the Environment: 379 -385

Costo de remediación - Comparación

Los costos típicos de la biorremediación mejorada oscilan entre USD 30 y USD100 por m² de suelo. Los factores que afectan el costo incluyen el tipo de suelo y la química, el tipo y la cantidad de enmiendas utilizadas, y el tipo y el alcance de la contaminación, además del tiempo.

Rango de costos relativos de corrección para diferentes tecnologías, expresado como porcentaje del costo de limitación. Los costos se calculan sobre la base de un área de 1 ha, una profundidad de suelo de 0,25 m y una densidad de suelo de 1,2 g cm⁻³.

Costo de remediación: otra comparación

| Técnica de remediación (para tierras) | In-situ | | Ex-situ | |
|---------------------------------------|---------|--------|---------|--------|
| | Capital | Costar | Capital | Costar |
| Lavado de suelos | •• | •• | • | •• |
| Extracción con disolventes | - | - | • | •• |
| Desorción térmica | • | •• | • | •• |
| Solidificación/Estabilización | • | ••• | • | ••• |
| Extracción de vapores del suelo | •• | ••• | - | - |
| Incineración | - | - | • | • |
| Bioventing | ••• | ••• | - | - |
| Agricultura de la tierra | - | - | ••• | ••• |
| Biopiles | - | - | ••• | ••• |
| Lechada biológica | • | ••• | • | •• |
| Fitorremediación | • | ••• | - | - |

Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide
Second Edition

Prepared by the
DOE Environmental Technology Transfer Center

37

Costo de remediación: otra comparación

Remediation Cost – The breakdown

Factors affecting the costs of remediation:

- Size of area to be treated
- Site context (surrounding land use, slope, etc)
- No. of previous uses (and potential risks & water issues) and duration of uses
- Geology
- Depth of soil to be treated
- Spread of contaminant
- Site location (distances, access)
- Market conditions (prices of oil, etc)
- Proposed end use and Site Sensitivity



38 Source:

Costo de remediación: el desglose

Factores que afectan los costos de la remediación:

- Tamaño de la zona a tratar
- Contexto del sitio (uso del suelo circundante, pendiente, etc.)
- No. de los usos anteriores (y los riesgos potenciales y los problemas del agua) y la duración de los usos
- Geología
- Profundidad del suelo a tratar
- Propagación de contaminantes
- Ubicación del sitio (distancias, acceso)
- Condiciones del mercado (precios del petróleo, etc.)

| | |
|---|---|
| <p>Remediation Cost – The Problem</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technology providers report costs using different metrics that cannot be compared. For example, costs reported using one type of measure, such as cost per area of containment wall installed, cannot be easily compared to another measure, such as cost per weight of contaminant contained. • Technology providers often report only part of the costs, such as the up-and-running costs of using a technology, excluding “variable costs” such as permitting, mobilization of equipment, treatability studies, and system design. Absence of such costs may result in an apparent, and misleading, lower cost. • Methods used and assumptions made when computing costs are rarely reported, and such details are important. • This lack of documentation makes it difficult for the technology user to judge the realism of cost data. • There is no central database where technology users can go to find consistent, comparable cost information about a range of innovative remediation technologies. <p><small>Source: 6 Comparing Costs Of Remediation Technologies. National Research Council. 1997. Innovators in Ground Water and Soil Cleanup: From Concept to Commercialization. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/5781</small></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Uso final propuesto y sensibilidad del sitio <p>Costo de remediación: el problema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los proveedores de tecnología informan los costos utilizando diferentes métricas que no se pueden comparar. Por ejemplo, los costos reportados utilizando un tipo de medida, como el costo por área de muro de contención instalado, no se pueden comparar fácilmente con otra medida, como el costo por peso del contaminante contenido. • Los proveedores de tecnología a menudo informan solo una parte de los costos, como los costos de funcionamiento del uso de una tecnología, excluyendo los "costos variables" como los permisos, la movilización de equipos, los estudios de tratabilidad y el diseño del sistema. La ausencia de tales costos puede resultar en un costo más bajo aparente y engañoso. • Los métodos utilizados y las suposiciones hechas al calcular los costos rara vez se informan, y estos detalles son importantes. • Esta falta de documentación dificulta que el usuario de la tecnología juzgue la realidad en los datos de costos. • No existe una base de datos central a la que los usuarios de tecnología puedan acudir para encontrar información coherente y comparable sobre los costes de una serie de tecnologías innovadoras de remediación. |
| <p>Remediation Impacts</p> <p>During remediation, a number of impacts may occur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use of vehicles driving over the access routes and land itself may leads to soil compaction which is detrimental to soil fertility • Bringing in vehicles and equipment from other areas (countries!) may introduce alien invasive species of plants e.g. weeds and grasses, or insects and other creatures (snakes, rodents) • Combustion engine vehicles, generators and equipment produce emissions thus adding greenhouse gases to the environment • Various equipment and vehicles may themselves add risk of oil spills and contamination along routes, in storage areas etc • Improper or accidental use of equipment and materials may further contaminate the area • Equipment and machinery may generate noise, dust and light that disturbs local plants and animals and people • Local resident communities may be negatively impacted by disruption of access routes and physical presence of installations • Local resident communities may be negatively impacted through social interactions with remediation teams <p><small>40</small></p> | <p>Impactos de la remediación</p> <p>Durante la remediación, pueden producirse una serie de impactos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El uso de vehículos que circulan por las vías de acceso y por la propia tierra puede provocar la compactación del suelo, lo que es perjudicial para la fertilidad del suelo • La introducción de vehículos y equipos de otras zonas (¡países!) puede introducir especies exóticas invasoras de plantas, por ejemplo, malezas y hierbas, o insectos y otras criaturas (serpientes, roedores) • Los vehículos, generadores y equipos con motor de combustión producen emisiones, lo que añade gases de efecto invernadero al medio ambiente • Varios equipos y vehículos pueden añadir por sí mismos el riesgo de derrames de petróleo y contaminación a lo largo de las rutas, en las zonas de almacenamiento, etc • El uso inadecuado o accidental de equipos y materiales puede contaminar aún más el área |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Los equipos y la maquinaria pueden generar ruido, polvo y luz que perturban a las plantas, los animales y las personas locales • Las comunidades locales de residentes pueden verse afectadas negativamente por la interrupción de las rutas de acceso y la presencia física de las instalaciones • Las comunidades locales de residentes pueden verse afectadas negativamente a través de las interacciones sociales con los equipos de remediación |
|--|--|

Contaminated Site Management Process

Environmental Guideline for Contaminated Site Remediation

A brief introduction to the contaminated site remediation process, aimed at the general public.

If you have a contaminated site, you must contact the Environment Division before proceed through the Contaminated Site Management Process

*Canada Minister Environment & Natural Resources (ENR)

```

graph TD
    A[Contamination Discovered] --> B[Step 1: Initial Notification to ENR]
    B --> C[Step 2: Initial Site Assessment]
    C --> D[Step 3: Prepare and submit Remedial Action Plan]
    D --> E[Step 4: Remedial Action Plan Implementation]
    E --> F[Step 5: Closure Report forwarded to ENR]
  
```

41

Proceso de gestión de sitios contaminados

Directriz ambiental para la remediación de sitios contaminados

Una breve introducción al proceso de remediación de sitios contaminados, dirigida al público en general. Si tiene un sitio contaminado, debe comunicarse con la División de Medio Ambiente antes de continuar con el Proceso de Manejo de Sitios Contaminados

Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Canadá (ENR)

Contaminated Site Management Process

Step 5 Site Closure

When the responsible party and the expert are satisfied that all the requirements of the RAP have been met, a **Closure Report** will be forwarded to the designated authorities (e.g. ENR in Canada).

All Closure Report (or Closure Plans) must include:

- description of how each hazardous waste management unit will be closed.
- description of how final closure of the facility will be achieved.
- estimate of max. amount of hazardous waste kept on site during facility's operating life.
- detailed description of closure methods, including waste removal and site decontamination.
- description of any other required steps, such as groundwater monitoring and leachate management.
- schedule of closure dates, incl. dates for each unit and the entire facility.

42

Proceso de gestión de sitios contaminados

Paso 5 Cierre del sitio

Cuando la parte responsable y el experto estén convencidos de que se han cumplido todos los requisitos del RAP, se enviará un informe de cierre a las autoridades designadas (por ejemplo, ENR en Canadá).

Todo Informe de Cierre (o Planes de Cierre) debe incluir:

- Descripción de cómo se cerrará cada unidad de manejo de residuos peligrosos.
- Descripción de cómo se logrará el cierre definitivo de la instalación.
- Estimación de la cantidad máxima de residuos peligrosos mantenidos en el sitio durante la vida útil de la instalación.
- Descripción detallada de los métodos de cierre, incluida la eliminación de residuos y la descontaminación del sitio.
- Descripción de cualquier otro paso necesario, como el monitoreo de aguas subterráneas y el manejo de lixiviados.
- Cronograma de fechas de cierre, incluidas las fechas para cada unidad y toda la instalación.

Site Closure

Closure Plans **Step 5** Site Closure Reporting

Upon receipt and acceptance of the closure report, relevant and designated authorities will conclude the management process by **issuing a letter** advising that

> **no further remedial action is required.**



43

Cierre del sitio

Planes de Cierre Paso 5 Reporte de Cierre de Sitio

Una vez recibido y aceptado el informe de cierre, las autoridades pertinentes y designadas concluirán el proceso de gestión emitiendo una carta en la que se informará de que **no se requiere ninguna otra acción correctiva.**

Post Closure Care & Monitoring

Post-closure care is required for sites that leave waste in place upon closure (i.e., landfills, land treatment units, surface impoundments, or any other hazardous waste management unit that cannot achieve the clean closure standards).

These sites must **monitor and maintain liners, final covers, leachate collection and removal systems, leak detection systems, and gas collection systems** to protect the surrounding environment and population from releases of hazardous constituents.

The standard post-closure care period is **30 years**, but this can be shortened or extended on a case-by-case basis by the permitting authority (i.e., the EPA Region or the authorized state regulatory agency).



44

Cuidado y monitoreo posterior al cierre

Se requiere cuidado posterior al cierre para los sitios que dejan desechos en su lugar después del cierre (es decir, vertederos, unidades de tratamiento de tierras, embalses superficiales o cualquier otra unidad de manejo de desechos peligrosos que no pueda cumplir con los estándares de cierre limpio).

Estos sitios deben monitorear y mantener revestimientos, cubiertas finales, sistemas de recolección y eliminación de lixiviados, sistemas de detección de fugas y sistemas de recolección de gases para proteger el medio ambiente circundante y la población de las emisiones de componentes peligrosos.

El período estándar de atención posterior al cierre es de 30 años, pero la autoridad que lo permite puede acortar o extender caso por caso (es decir, la región de la EPA o la agencia reguladora estatal autorizada).

Post Closure Care & Monitoring

Post-Closure Care cont..

All facilities required to provide postclosure care need to obtain a **post-closure care permit**. In applying for a permit, the facility must complete and submit a post-closure care plan. This plan includes:

- A description of the planned groundwater monitoring program.
- A description of planned maintenance activities for the waste containment systems (e.g. liners, final covers, leachate management systems).
- Contact information during the required post-closure care period.

Once post-closure care period ends, facility owner/operator must provide a certification of post-closure care completion, within 60 days of completing post-closure care, signed by facility owner/operator and independent, registered professional engineer.

Resources (from EPA)

Guidelines for Evaluating and Adjusting the Closure Care Period for Hazardous Waste Disposal Facilities under Subtitle C of RCRA.
RCRA Training Module Introduction to Closure/Post Closure
RCRA Orientation Manual: Chapter 5. Regulations Governing Treatment, Storage, and Disposal Facilities

45

Cuidado y monitoreo posterior al cierre

Cuidados posteriores al cierre.

Todas las instalaciones requeridas para brindar atención posterior al cierre deben obtener un permiso de atención posterior al cierre. Al solicitar un permiso, la instalación debe completar y presentar un plan de atención posterior al cierre. Este plan incluye:

- Una descripción del programa planificado de monitoreo de aguas subterráneas.
- Una descripción de las actividades de mantenimiento planificadas para los sistemas de contención de residuos (por ejemplo, revestimientos, cubiertas finales, sistemas de gestión de lixiviados).
- Información de contacto durante el período de atención posterior al cierre requerido.

| | |
|---|---|
| | <p>Una vez que finaliza el período de atención posterior al cierre, el propietario/operador de la instalación debe proporcionar una certificación de finalización de la atención posterior al cierre, dentro de los 60 días posteriores a la finalización de la atención posterior al cierre, firmada por propietarios/operadores de la instalación y un/a ingeniero/a profesional independiente y registrado.</p> <p>Recursos (de la EPA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pautas para evaluar y ajustar el período de cuidado posterior al cierre para las instalaciones de eliminación de desechos peligrosos bajo el Subtítulo C de RCRA. • Módulo de capacitación de RCRA Introducción al cierre/posterior al cierre • Manual de Orientación de RCRA: Capítulo 5. Normas que rigen las instalaciones de tratamiento, almacenamiento y eliminación |
| <p>Monitoring Programme</p> <hr/> <p>Monitoring is an essential component of a RAP, to evaluate performance of the corrective actions established in the RAP and/or to evaluate conditions related to site closure.</p> <p>The Site Professional will interpret monitoring results to determine if contaminant plumes are stable and applicable criteria have been achieved. Required components of the RAP include the following:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A clear re-statement of the remedial criteria/objectives or site management objectives. 2. A clear definition of the monitoring objectives. 3. Identification of the parameters to be monitored and measured. 4. Description, of when, where, and how data is to be collected, analyzed and reported to the Responsible Party and the DELG. 5. Description of how satisfactory RAP or site management performance will be confirmed. 6. Detailed interpretation of monitoring results. <hr/> <p><small>4.6 Source: New Brunswick Guideline for Management of Contaminated Sites Version 2 November 2003. Dept. Environment & Local Government</small></p> | <p>Programa de Monitoreo</p> <p>El monitoreo es un componente esencial de un RAP, para evaluar el desempeño de las acciones correctivas establecidas en el RAP y/o para evaluar las condiciones relacionadas con el cierre del sitio. El profesional del sitio interpretará los resultados del monitoreo para determinar si las plumas de contaminantes son estables y si se han cumplido los criterios aplicables. Los componentes requeridos del RAP incluyen los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Una reformulación clara de los criterios/objetivos correctivos o de los objetivos de gestión del sitio. 2. Una definición clara de los objetivos de seguimiento. 3. Identificación de los parámetros a monitorizar y medir. 4. Descripción de cuándo, dónde y cómo se recopilarán, analizarán y comunicarán los datos al Responsable y al DELG. 5. Se confirmará la satisfacción del RAP o del rendimiento de la gestión del sitio. 6. Interpretación detallada de los resultados del seguimiento. |

Don't forget to Inform the Public

EX-Situ Bioremediation Site Nawagam, ONGC Ahmedabad



47

No olvide informar al público

Public Disclosure: Strategic Plan

The Goal: To meet or exceed all requirements for providing public information and involvement.

- **Communicate** accurate, comprehensive information to the public, e.g. hold poster sessions to make our experts directly available to the public, offer field trips to educate the public on the geology and remediation activities of the area, host public meetings, and post information on websites.
- **Invite public** to attend public meetings and other numerous outreach opportunities that the regulator provides throughout each step along the path to final remedy.
- **Maintain cleanup websites**, to make correspondence and technical information readily available to the public. Documents to be posted include, but will not necessarily be limited to, proposed and final work plans, quarterly reports, technical working group meeting minutes, and any approval letters.
- Co-host at least 3-4 public **update meetings** to include informative poster sessions, presentations and an open question / answer session.

48 Source: <https://www.emv.nm.gov/NM5D/Issues/KirtlandFuelPile/Remediation.htm#Strategy4>

Divulgación pública: Plan Estratégico

El objetivo: Cumplir o superar todos los requisitos para proporcionar información pública y participación.

- **Comunicar** información precisa y completa al público, por ejemplo, realizar sesiones de posters para que nuestros expertos estén directamente disponibles para el público, ofrecer excursiones para educar al público sobre la geología y las actividades de remediación del área, organizar reuniones públicas y publicar información en sitios web.
- **Invitar al público** a asistir a las reuniones públicas y a otras numerosas oportunidades de divulgación que el regulador ofrece a lo largo de cada paso en el camino hacia la remediación final.
- **Mantener sitios web actualizados**, para que la correspondencia y la información técnica estén disponibles para el público. Los documentos que se publicarán incluyen, entre otros, planes de trabajo propuestos y finales, informes trimestrales, actas de reuniones del grupo de trabajo técnico y cartas de aprobación.
- Co-organizar al menos 3-4 **reuniones públicas de actualización** para incluir sesiones informativas de pósters, presentaciones y una sesión abierta de preguntas / respuestas.

Public Disclosure: StrategicPlan

- **Make presentations**, as requested, to neighborhood associations, city and county governmental agencies, legislative committees, and to other organizations interested in the cleanup.
- **Host field trips**, in coordination with other stakeholders, to inform the public about site geology, hydrology, geochemistry, and cleanup actions.
- Explore potential for **facilitated public working groups** to address various components of site investigation and cleanup.
- **Host working group sessions**, in coordination with other stakeholders, if public interest exists.
- **Conduct periodic surveys** and interviews with area residents to determine specific areas of concern and additional outreach needs.
- Continually **identify additional opportunities** for constructive public outreach and communication.

And, update the **Strategic Plan** on an annual basis.

49

Divulgación pública: Plan Estratégico

- **Haga presentaciones/socializaciones**, según se le solicite, a asociaciones de vecinos, agencias gubernamentales de la ciudad y el condado, comités legislativos y otras organizaciones interesadas en la limpieza.
- **Organizar viajes de campo**, en coordinación con otras partes interesadas, para informar al público sobre la geología, hidrología, geoquímica y acciones de limpieza del sitio.
- Explorar el potencial de grupos de **trabajo públicos facilitados** para abordar varios componentes de la investigación y limpieza del sitio.
- **Organizar sesiones de grupos de trabajo**, en coordinación con otras partes interesadas, si existe interés público.
- **Realizar encuestas y entrevistas periódicas** con los residentes del área para determinar áreas específicas de preocupación y necesidades adicionales de divulgación.
- **Identificar continuamente oportunidades** adicionales para la divulgación y la comunicación pública constructivas.

Y, actualizar anualmente el **Plan Estratégico**

Bio-remediation: Bioventing Case Study

BIOVENTING (in situ chemical oxygenation process)



Case Study video: Rehabilitation of land and groundwater from buried petroleum hydrocarbon from leaking underground diesel storage tanks at former builders merchant site in northwest England [2:28]
<https://www.bing.com/videos/search?q=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&qit=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&view=detail&mid=85E0E420D58EB19B1AB285E0E420D58EB19B1AB2&&FORM=VRD GAR>

50

Biorremediación: Estudio de caso de bio-ventilación

BIOVENTING (proceso de oxigenación química in situ)

Vídeo del estudio de caso: Rehabilitación de la tierra y las aguas subterráneas del hidrocarburo de petróleo enterrado de los tanques subterráneos de almacenamiento de diésel con fugas en el antiguo emplazamiento de los constructores en el noroeste de Inglaterra [2:28]

<https://www.bing.com/videos/search?q=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&qpv=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&view=detail&mid=85E0E420D58EB19B1AB285E0E420D58EB19B1AB2&&FORM=VRD GAR>

Thermal: Case Study in Stockholm



Case study video: Chlorinated solvents in soil from cleaner facility in Stockholm [3:31]

<https://www.bing.com/videos/search?q=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&qpvt=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&view=detail&mid=91C4743DB2BFD5567A7191C4743DB2BFD5567A71&&FORM=VRDGAR>

51

Térmica: Estudio de caso en Estocolmo

Vídeo de estudio de caso: Disolventes clorados en el suelo de una instalación más limpia en Estocolmo [3:31]

<https://www.bing.com/videos/search?q=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&qpvt=contaminated+land+remediation+plans+risk+assessment&view=detail&mid=91C4743DB2BFD5567A7191C4743DB2BFD5567A71&&FORM=VRDGAR>

Módulo 4

Contaminated Site Assessment

Sampling Planning and Preliminary Contaminated Site Assessment
Module 4

Evaluación de sitios contaminados

Planificación de muestreo y evaluación preliminar de sitios contaminados

Módulo 4

Contents

Develop basic understanding of the keys steps in planning and conducting an oil-contaminated site assessment including development of **Conceptual Site Models**, sampling design and techniques; understand contaminants of concern, field kits and laboratory analysis, and sample preparation, including brief introduction to standard equipment and procedures associated with Health, Safety & Security (HS&S).

Topics

- Overall Objectives of CSA
- Introduction and key steps in site assessment
- Sources and scales of error
- Phase 1 Preliminary Site Assessment
- Preparing the Conceptual Site Model (CSM)
- Preparations for site visit

Contenido

Desarrollar una comprensión básica de los pasos clave en la planificación y realización de una evaluación de un sitio contaminado con petróleo, incluido el desarrollo de **modelos conceptuales del sitio**, el diseño y las técnicas de muestreo; comprender los contaminantes de interés, los equipos de campo y los análisis de laboratorio, y la preparación de muestras, incluida una breve introducción a los equipos y procedimientos estándar asociados con la salud, la seguridad y la protección (HS&S).

Temas

- Objetivos generales de CSA
- Introducción y pasos clave en la evaluación del sitio
- Fuentes y escalas de error
- Fase 1: evaluación preliminar del sitio
- Preparación del modelo conceptual del sitio (CSM)
- Preparativos para la visita al sitio

Reminder: Overall Objectives of a CSA

Traceability – Representativeness – Trust

Sampling Plan → Reality → Laboratory / Report

EPA Sampling Guideline i.e. EPA 6000 series

ISO 17025

Recordatorio: Objetivos generales de un CSA

Trazabilidad -> Representatividad -> Confianza

Plan de muestreo

Realidad

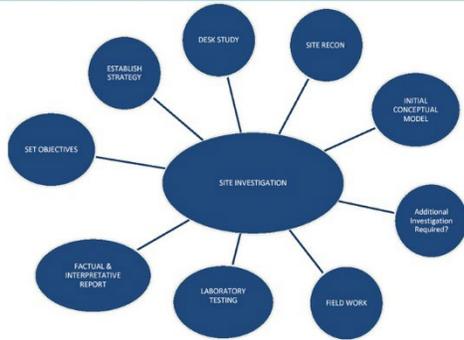
Reporte de laboratorio

Pautas de muestreo de la EPA

Es decir, serie EPA 6000

ISO 17025

Overall: what's involved?



4

En general: ¿qué implica?

SITIO DE INVESTIGACIÓN
 ESTUDIO TEÓRICO
 RECONOCIMIENTO DEL SITIO
 MODELO CONCEPTUAL INICIAL
 ¿Se requiere investigación adicional?
 TRABAJO DE CAMPO
 PRUEBA DE LABORATORIO
 INFORME INTERPRETATIVO Y BASADO EN LOS HECHOS
 ESTABLECER OBJETIVOS
 ESTABLECER ESTRATEGIA

Introduction & key Site Assessment steps

Phased Investigation Approach

Phase 1 - Preliminary Site Assessment to determine the potential for site contamination

- Historical and current land use
- Site reconnaissance, and
- Other information gathering techniques

Phase 2 – To confirm presence/absence of suspected contamination

Phase 3 – To delineate the contamination information (area/depth/types), a requirement for Risk Assessment and Remediation Planning

! Key term:

Risk Assessment

= the combination effort of identifying and analyzing potential events that may have severe negatively impacts and making judgements "on the tolerability of the risk on the basis of a risk analysis" while considering influencing factors.

5

Introducción y pasos clave de la evaluación del sitio

Enfoque de investigación por fases

Fase 1: evaluación preliminar del sitio para determinar el potencial de contaminación del sitio

- Uso de suelo en el pasado y en la actualidad
- Reconocimiento del sitio; y
- Otras técnicas de recopilación de información

Fase 2: confirmar la presencia/ausencia de una posible contaminación

Fase 3: delimitar la información sobre la contaminación (área/profundidad/tipos), un requisito para la evaluación de riesgos y la planificación de la remediación

! Término clave:

Evaluación de riesgos

Se refiere al trabajo combinado de identificar y analizar eventos que pueden causar impactos negativos severos y emitir juicios "sobre la tolerabilidad del riesgo sobre la base de un análisis de riesgo" mientras se consideran los factores que influyen.

Can include four phases

Contaminated Land Surveys

Phase 1 Contaminated Land Survey (aka Phase 1 Desktop Study) and Site Reconnaissance – identifying potential contamination sources, pathways and receptors, to develop the initial **Conceptual Site Model (CSM)**. Phase 1 will determine whether a Phase 2 Intrusive Site Investigation is required.

Phase II Intrusive Site Investigation – Boreholes, sampling, drilling, trial pits, etc. to assess the ground conditions, carry out *in situ* testing and obtain samples for geotechnical and contamination testing.

Phase III Options Appraisal and Remediation Strategy – If Phase II suggests there is a risk to human health, controlled waters, plants, etc. then a Phase III will be required which will be carried out in consultation with the Local Planning Authority and/or the Environment Agency.

Phase IV Verification (Validation) – Site inspections and providing independent Validation of range of remediation technologies & protection measures including but not limited to gas and vapour barrier membrane installation, engineered topsoil cover systems, contamination hotspot removal, tank removal, soil waste management and re-use, environmental permit surrender, etc.

Source: <https://www.subsurface.co.uk/services/environmental-consultancy/contaminated-land-surveys-and-risk-assessments/>

Puede constar de cuatro fases

Levantamientos de tierras contaminadas

Fase I: levantamiento de tierra contaminada (también conocido como estudio teórico de fase 1) y reconocimiento del sitio : identificación de posibles fuentes, vías y receptores de contaminación, para desarrollar el Modelo Conceptual del Sitio (CSM) inicial. La fase 1 determinará si se requiere una investigación intrusiva del sitio (Fase II).

Fase II: investigación intrusiva del sitio: perforaciones, muestreos, perforaciones, pozos de prueba, etc. para evaluar las condiciones del terreno, realizar ensayos *in situ* y obtención de muestras para ensayos geotécnicos y de contaminación.

Fase III: Estrategia de evaluación de opciones y estrategia de remediación: si la Fase II sugiere que existe un riesgo para la salud humana, aguas controladas, plantas, etc., entonces se

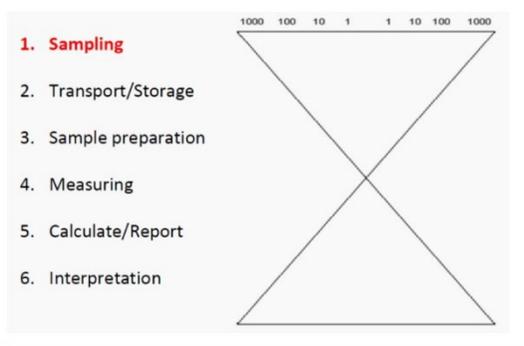
requerirá una Fase III, que se llevará a cabo en consulta con la Autoridad de Planificación Local y/o la Agencia de Medio Ambiente.

Fase IV: verificación (validación): inspecciones del sitio y validación independiente de una variedad de tecnologías de remediación y medidas de protección que incluyen, entre otras, la instalación de membranas de barrera de gas y vapor, sistemas de cubierta de tierra vegetal diseñados, eliminación de puntos críticos de contaminación, eliminación de tanques, manejo y reutilización de desechos del suelo, entrega de permisos ambientales, etc.

Fuente:

<https://www.subsurface.co.uk/services/environmental-consultancy/contaminated-land-surveys-and-risk-assessments/>

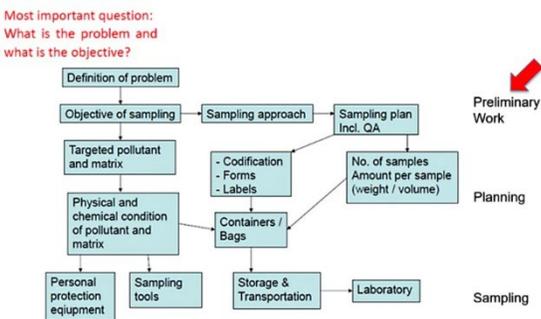
Sources and scale of errors



Fuentes y escala de errores

- Muestreo
- Transporte/Almacenamiento
- Medición
- Calcular/Informar
- Interpretación

Sampling Planning Overview... reminder



Resumen de planificación de muestreo ... recordatorio

La pregunta más importante
¿Cuál es el problema y cuál es el objetivo?

| | | | |
|--|--|--|--------------------|
| Definición de problema | | | |
| Objetivo del muestreo | Enfoque de muestreo | Plan de muestreo incl. QA | Trabajo preliminar |
| Contaminante objetivo y matriz | - Codificación - Formularios - Etiquetas | N.º de muestras Cantidad por muestra (peso/volumen) | Planificación |
| Condición física y química del contaminante y la matriz. | Bolsas para contenedores | Laboratorio | |
| Equipo de protección personal | Almacenamiento y transporte | | Muestreo |
| Herramientas de muestreo | | | |

Phase 1 Preliminary Site Assessment

The key points of a preliminary site assessment are:



- Identification of the site
- Visual Observation
- Interviews with locals, officials
- Geo-referencing
- Assessment forms as documentation -> Spill Assessment Form
- Handheld or in-situ measurements
- Non-probabilistic grab samples

These points deliver important facts for the subsequent planning process.

-> Usually done by the CSA-Team leader + 1-2 collaborators

9

Preliminary Site Assessment Form

Main headings

Site specific: Identification, Location (GPS)

Access restriction, Topography

Spill details: Legacy site, Oil spill, Area, Classification of pollution (soils, air, surface and ground water, damage to vegetation, residences, agriculture)

Adjacent areas details:

Affected flora and fauna, Neighboring land use (N/E/S/W), Residential information (size/ water source), Surface hydrology

| Oil Spill Preliminary Site Assessment Form | |
|--|--|
| 1. Site specific information | |
| 1.1 Identification | |
| 41 | Responsible Name & Organization (Please write in BLOCK LETTERS) |
| 42 | Inspector Name & Organization (Please write in BLOCK LETTERS) |
| 43 | GPS (Latitude: _____ Longitude: _____) (Please write in BLOCK LETTERS) |
| 1.2 Location | |
| 44 | Date (MM/DD/YYYY) (____/____/____) Time (HH:MM) (____:____) |
| 45 | Location (Area Code: _____) (Time Zone: _____) |
| 46 | Total number of sites: _____ |
| 47 | GPS Coordinates in decimal degrees (GPS Map Code: 48) |
| 48 | Latitude (N) _____ Longitude (W) _____ Precision: _____ |
| 49 | Map coordinates (UTM Zone, UTM _____) _____ |
| 50 | Weather: Sunny ☐ Rainy ☐ Cloudy ☐ Foggy ☐ Other _____ |
| 51 | Did you observe any spill in the past 7 days? Yes ☐ No ☐ |
| 52 | Has anyone ever spilled oil/diesel in the past 7 days? Yes ☐ No ☐ |
| 53 | Did anything ever spill in the past 7 days? Yes ☐ No ☐ |
| 54 | If yes, please specify date, amount (approx) _____ |
| 1.3 Access restriction | |

Note: Preparations for field visit include health & safety, PPE, maps, equipment (probes, GPS, camera (charged/batteries), forms, pen/paper (spares), sun protection, shovels/digger, sample bags, labels).

10

Preliminary Site Assessment: Reporting

Table of Contents (based on Headings in Site Assessment Form)

Executive Summary

1. Introduction

- 1.1. Project Contractual Basis and Personnel Involved
- 1.2. Background Information
- 1.3. Project Objectives
- 1.4. Scope Of Works

2. Source Audit Findings – Production & Operational History

- 2.1. Current Site Operations
- 2.2. Previous Site Operations
- 2.3. Chemicals of Potential Concern

3. Site Environmental Setting

- 3.1. General Introduction
- 3.2. Regional Geology and Hydrogeology
- 3.3. Site Geology and Hydrogeology
- 3.4. Summary of Previous Site Sampling and Monitoring Data

4. Summary, Conclusions and Recommendations

- 4.1. Summary AND Conclusions
- 4.2. Recommended Way Forward

5. References

11

Fase 1: evaluación preliminar del sitio

Los puntos clave de una evaluación preliminar del sitio son:

- Identificación del sitio Observación visual Entrevistas con los habitantes y funcionarios locales Georreferenciación
- Formularios de evaluación como documentación -> Formulario de evaluación de derrames Mediciones manuales o in situ Muestras al azar no probabilísticas

Estos puntos brindan datos importantes para el proceso de planificación posterior.

-> Por lo general, lo realiza el líder del equipo CSA + 1-2 colaboradores

Formulario de evaluación preliminar del sitio

Encabezados principales

Específico del sitio: Identificación, ubicación (GPS)

Restricción de acceso, Topografía

Detalles del derrame: Sitio heredado, Derrame de petróleo, Área, Clasificación de la contaminación (suelos, aire, aguas superficiales y subterráneas, daños a la vegetación, residencias, agricultura)

Detalles de las áreas adyacentes:

Flora y fauna afectadas, uso del suelo vecino (N/E/S/W), Información residencial (tamaño/fuente de agua), Hidrología superficial

Nota: los preparativos para la visita de campo incluyen salud y seguridad, PPE, mapas, equipo (sondas, GPS, cámara (cargada/baterías), formularios, bolígrafo/papel (repuestos), protección solar, espadas/excavadora, bolsas de muestra, etiquetas).

Evaluación preliminar del sitio: realización de reportes

Tabla de contenido (basado en los títulos del formulario de evaluación del sitio)

Resumen ejecutivo

1. Introducción

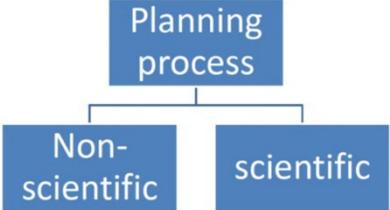
- 1.1. Base contractual del proyecto y personal involucrado
- 1.2. Información de contexto
- 1.3. Objetivos del proyecto
- 1.4. Alcance de las obras

2. Resultados de la auditoría de origen: historial operativo y de producción

- 2.1. Operaciones actuales del sitio
- 2.2. Operaciones previas del sitio
- 2.3. Sustancias químicas de posible preocupación

3. Entorno ambiental del sitio

- 3.1. Introducción general
- 3.2. Geología e hidrogeología regionales
- 3.3. Geología e hidrogeología del sitio
- 3.4. Resumen de datos de monitoreo y muestreo del sitio anterior

| | |
|---|--|
| | <p>4. Resumen, conclusiones y recomendaciones</p> <p>4.1. Resumen y conclusiones</p> <p>4.2. Ruta recomendada</p> <p>5. Referencias</p> |
| <p>Planning process</p> <p>The planning process (sampling campaign) can be divided into two parts:</p>  <pre> graph TD A[Planning process] --> B[Non-scientific] A --> C[scientific] </pre> | <p>Proceso de planificación</p> <p>El proceso de planificación (campaña de muestreo) se puede dividir en dos partes:</p> <p>Proceso de planificación No científico científico</p> |
| <p>Planning process: Non-scientific part</p> <p>Non-scientific or "classic project management" part:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Timeframe • Budget • Staff roles and responsibilities • Stakeholders & connections & communications • Vehicles and routes • Sampling equipment, tools and "field office" • Accommodation • Food and water • Security and access | <p>Proceso de planificación: parte no científica</p> <p>Parte no científica o de "gestión de proyectos clásica":</p> <ul style="list-style-type: none"> • Periodo de tiempo • Presupuesto • Funciones y responsabilidades del personal • Partes interesadas, y conexiones y comunicaciones • Vehículos y rutas • Equipo de muestreo, herramientas y "oficina de campo" • Alojamiento • Comida y agua • Seguridad y acceso |
| <p>Planning process: Scientific part</p> <p>Scientific part:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Site model • Exposure pathways • Hypothesis of contamination • Contaminants & matrices and their physical and chemical properties • Sampling strategies • Sampling plan, including quality assurance • Amount of samples, weight and volumes • Codification • Labels and forms <p>Used to define..</p> <ul style="list-style-type: none"> • Containers and bags • Tools • Personal protection equipment (PPE) • Transport and storage | <p>Proceso de planificación: parte científica</p> <p>Parte científica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo del sitio • Vías de exposición • Hipótesis de contaminación • Contaminantes y matrices, y sus propiedades físicas y químicas • Estrategias de muestreo • Plan de muestreo, incluido el aseguramiento de calidad • Cantidad de muestras, peso y volúmenes • Codificación • Etiquetas y formularios <p>Se usa para definir...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenedores y bolsas • Herramientas • Equipo de protección personal (EPP) • Transporte y almacenamiento |

Preparing the Conceptual Site Model

The so-called conceptual site model contains the following information:

- Plan of the site
- Indication of the known or visually observed contaminations and suspected contamination
- Possible exposure pathways

These information are necessary to develop the HYPOTHESIS OF CONTAMINATION.

15

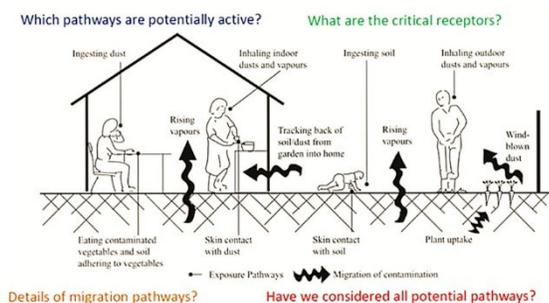
Preparación del modelo conceptual del sitio

El modelo conceptual del sitio contiene la siguiente información:

- Plano del sitio
- Instrucciones respecto a las contaminaciones conocidas u observadas visualmente y la posible contaminación
- Posibles vías de exposición

Esta información es necesaria para desarrollar la HIPÓTESIS DE CONTAMINACIÓN.

Template for Conceptual Site Model



16

Plantilla para el modelo conceptual del sitio

¿Qué vías están potencialmente activas?
¿Cuáles son los receptores críticos?

Ingiriendo polvo
Vapores ascendentes
Inhalar polvos y vapores de interiores
Llevar del polvo del suelo desde el jardín hasta el hogar
Ingesta de tierra
Polvo arrastrado por el viento
Comer vegetales contaminados y petróleo adherido a vegetales
Contacto de la piel con el polvo
Contacto de la piel con petróleo
Absorción de la planta

Vía de exposición
Migración de contaminación

¿Cuáles son los detalles de las vías de migración?
¿Se han considerado todas las vías posibles?

Definition of a Conceptual Site Model

A CSM, "should reflect the best interpretation of available information at any point in time." US EPA

A CSM is defined as, "an evolving document that will continuously be revised as additional data is collected.... The CSM should be maintained and updated as new information is collected throughout the life cycle of the project" (Interstate Technology & Regulatory Council, 2012).

A CSM attempts to fit known information together in an organized fashion in order to identify data gaps and additional areas of study or concern (Michigan Department of Environmental Quality)

The usefulness of a CSM is in **generating consensus** (involving all stakeholders) and assisting with site-closure decisions by depicting a model representative of all data known about a site.

17

Definición de un modelo conceptual del sitio

Un CSM, "debe reflejar la mejor interpretación de la información disponible en cualquier momento". EPA de los EE. UU.

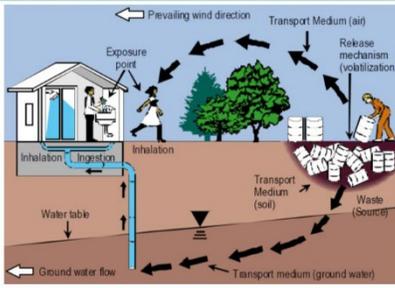
Un CSM se define como "un documento en evolución que se revisará continuamente a medida que se recopilen datos adicionales..." "El CSM debe mantenerse y actualizarse a medida que se recopila nueva información a lo largo del ciclo de vida del proyecto". (Consejo Interestatal de Tecnología y Regulación, 2012).

Un CSM intenta unir información conocida de manera organizada para identificar insuficiencias de datos y áreas adicionales de estudio o de interés (Departamento de Calidad Ambiental de Michigan)

La utilidad de un CSM está en **generar consensos** (involucrando a todas las partes interesadas) y ayudar con las decisiones de cierre del sitio mediante la presentación de un modelo representativo de todos los datos conocidos sobre un sitio.

Simplified Conceptual Site Model

Site investigation and CSM design assess the viability of exposure pathways from contaminant release points to human and environmental receptors.



Shown above are potential exposure concerns from transport mechanisms including air, soil, and ground-water, which may lead to contaminant concerns with indoor air and drinking water.

Source: The Brownfields and Land Revitalization Technology Support Center, December 2008.

Modelo conceptual simplificado del sitio

La **investigación del sitio y diseño de CSM** evalúa la viabilidad de las **vías de exposición** desde los puntos de derrame de los contaminantes hasta los **receptores** humanos y ambientales.

Punto de exposición
 Dirección del viento predominante
 Medio de transporte (aire)
 Mecanismo de liberación (volatilización)
 Inhalación
 Ingestión
 Mesa de agua
 Medio de transporte (suelo)
 Residuos (fuente)
 Flujo de agua subterránea
 Medio de transporte (agua subterránea)

Arriba se muestran los posibles problemas de exposición de los mecanismos de transporte, incluidos el aire, el suelo y el agua subterránea, que pueden generar problemas de contaminación con el aire en interiores y el agua potable.

Fuente: The Brownfields and Land Revitalization Technology Support Center, diciembre de 2008.

Draft Outline - Conceptual Site Model

Based on the findings from the Preliminary Site Assessment, a draft outline of the CSM is prepared.

In preparing this draft CSM, the team have identified:

- **source** of pollutant
- exposure **pathways**
- and **receptors**

Now they must conduct the **detailed sampling**.



Borrador del esquema: modelo conceptual del sitio

Con base en los hallazgos de la Evaluación preliminar del sitio, se prepara un borrador del CSM.

Al preparar este borrador del CSM, el equipo identifica:

- La **fuente** del contaminante
- Las **rutas** de exposición
- y los **receptores**

Ahora, deben realizar el **muestreo detallado**.

Some key consideration for CSM

• **Nature of contamination** – how does this affect pathways?
 e.g. Any volatiles? Soluble/mobile in groundwater? Non aqueous phase liquid (NAPL)?

• **Have you identified all plausible s-p-r linkages?**
 Not just the ones covered by your generic exposure model e.g. off-site migration of groundwater/vapour, diffusion through pipes

• **Are there any mitigating circumstances?**
 e.g. Depth of contamination, vapour barriers

• **What changes might occur in the future?**
 e.g. Change in site levels, hard standing removed

Algunas consideraciones clave para realizar el CSM

Naturaleza de la contaminación: ¿cómo afecta esto a las rutas?

por ejemplo, ¿existen componentes volátiles? ¿componentes solubles/móviles en aguas subterráneas? ¿líquidos en fase no acuosa (NAPL)?

• **¿Ha identificado todos los vínculos s-p-r posibles?**

No solo aquellos considerados en su modelo de exposición genérico; por ejemplo, expulsión de agua subterránea/vapor fuera del sitio, difusión a través de tuberías

• **¿Existen circunstancias atenuantes?**

Por ejemplo, profundidad de contaminación, barreras de vapor

• **¿Qué cambios pueden ocurrir en el futuro?**

Por ejemplo, cambio en los niveles del sitio, eliminación del terreno firme y nivelado

Site Characterization & Contaminants of Concern

| BDA SITE DESIGNATION | DESCRIPTION OF CONTAMINANTS |
|----------------------|---|
| | British Drilling Association (BDA) |
| GREEN | Substances have little potential to cause significant harm to humans, e.g. sub- and topsoil, hardcore, bricks, stone, concrete, clay, ceramics, wood, paper, plastics, wool, cork, ash, clinker, cement. |
| YELLOW | Substances not sufficiently harmful to potentially cause death or injury but nevertheless require protection to be worn. E.g. include waste food, vegetable matter, household waste, garden waste, leather, resins, electrical fittings, soaps, cosmetics, tar pitch, solidified wastes, silica dust. |
| RED | All substances that could subject persons to risk of death, injury or impairment of health. Wide range of chemicals e.g. toxic metals and organic compounds, pharmaceutical and veterinary wastes, phenols, medical products, solvents, micro-organisms, asbestos, thiocyanates, cyanides, hydrocarbons, flammable and explosive materials. Materials that are particularly corrosive or carcinogenic |

21

Caracterización del sitio y contaminantes de interés

Asociación Británica de Perforación (BDA)

| DESIGNACIÓN DEL SITIO SEGÚN LA BDA | DESCRIPCION DE CONTAMINANTES |
|------------------------------------|--|
| VERDE | Las sustancias tienen poco potencial de causar daños significativos a los seres humanos, por ejemplo, subsuelo y capa superior del suelo, duro, ladrillos, piedra, hormigón, arcilla, cerámica, madera, papel, plásticos, lana, corcho, ceniza, clinker, cemento. |
| AMARILLO | Sustancias que no son lo suficientemente dañinas como para causar la muerte o lesiones, pero que, sin embargo, requieren protección. Por ejemplo, se incluyen residuos de alimentos, materia vegetal, residuos domésticos, residuos de jardín, cuero, resinas, accesorios eléctricos, jabones, cosméticos, brea de alquitrán, residuos solidificados, polvo de sílice. |
| ROJO | Todas las sustancias que pueden someter a las personas a riesgo de muerte, lesiones o deterioro de la salud. Amplia gama de productos químicos, por ejemplo, metales tóxicos y compuestos orgánicos, desechos farmacéuticos y veterinarios, fenoles, productos médicos, solventes, microorganismos, asbesto, tiocianatos, cianuros, hidrocarburos, materiales inflamables y explosivos. Materiales que son particularmente corrosivos o cancerígenos |

Site Characterization & PPE

| Item | Green | Yellow | Red |
|------|-------|--------|-----|
| 1 | X | X | X |
| 2 | X | X | X |
| 3 | X | X | X |
| 4 | X | X | X |
| 5 | X | X | X |
| 6 | X | X | X |
| 7 | X | X | X |
| 8 | X | X | X |
| 9 | X | X | X |
| 10 | X | X | X |
| 11 | X | X | X |
| 12 | X | X | X |
| 13 | X | X | X |
| 14 | X | X | X |
| 15 | X | X | X |
| 16 | X | X | X |
| 17 | X | X | X |
| 18 | X | X | X |
| 19 | X | X | X |
| 20 | X | X | X |
| 21 | X | X | X |
| 22 | X | X | X |
| 23 | X | X | X |
| 24 | X | X | X |
| 25 | X | X | X |
| 26 | X | X | X |
| 27 | X | X | X |
| 28 | X | X | X |
| 29 | X | X | X |

22

Caracterización del sitio y EPP

Artículo

Verde

Amarillo

Rojo

- Casco de seguridad
- Guantes y otras formas de protección para las manos
- Protección ocular (según sea necesario)
- Protección para los oídos
- Overoles
- Impermeables (según sea necesario)
- Botas industriales con protección de suela y puntera
- Ropa de alta visibilidad
- Extintor de incendios
- Manta ignífuga
- Kit de primeros auxilios
- Teléfono móvil (fuera del área contaminada)
- Suministro de agua limpia
- Instalaciones de lavado
- Máscara contra el polvo
- Máscara de gas
- Overoles desechables (según sea necesario)
- Cuerdas, conos y barreras
- Señales de seguridad / advertencia
- Instalaciones de cambio / lavado
- Detector de metano (según sea necesario)
- Detector de dióxido de carbono (según sea necesario)
- Detector de deficiencia de oxígeno (según sea necesario)
- Otros detectores de gas (según sea necesario)
- Protector facial
- Impermeables desechables
- Botas de caucho con protección de suela y puntera
- Equipo respiratorio (según sea necesario)
- Unidad de descontaminación

BTEX Considerations

The primary byproduct of the many manufacturing processes produced associated polycyclic aromatic hydrocarbons, or PAHs, and certain volatile organic compounds (VOCs).

At the surface, these chemicals evaporate readily in the open air and dissipate but may remain underground for a long time. Benzene, toluene, ethyl benzene, and xylenes (BTEX) are the primary VOCs potentially at many old industrial sites.

BTEX describes this group of chemicals that are sweet smelling liquids which rapidly volatilize in the air, can partially dissolve to surface or ground water, or can be bound to soils and sediments.

Human Health Effects Occupational exposure to BTEX can result in adverse health effects e.g. skin and respiratory irritation, central nervous system depression, and maybe cancer. **Whenever possible, exposure to BTEX chemicals should be minimized.**

23

Consideraciones de BTEX

El subproducto principal de los muchos procesos de fabricación producía hidrocarburos aromáticos policíclicos asociados, o PAH, y ciertos compuestos orgánicos volátiles (VOC).

En la superficie, estos productos químicos se evaporan fácilmente al aire libre y se disipan, pero pueden permanecer bajo tierra durante mucho tiempo. El benceno, el tolueno, el etilbenceno y los xilenos (BTEX) son los principales VOC que se pueden encontrar en muchos sitios industriales antiguos.

BTEX describe este grupo de productos químicos que son líquidos de olor dulce y que se volatilizan rápidamente en el aire; pueden disolverse parcialmente en aguas superficiales o subterráneas o pueden estar adheridos a suelos y sedimentos.

Efectos sobre la salud humana: la exposición ocupacional a BTEX puede provocar efectos adversos para la salud como irritación de la piel y las vías respiratorias, depresión del sistema nervioso central y tal vez cáncer. Siempre que sea posible, se debe minimizar la exposición a los productos químicos BTEX.

Planning for Site Visit

Planning for Field Trip

- Site and objectives
- Departure
- Travel arrangements
- Equipment (all that is needed, plus spares e.g. GPS batteries, or phone chargers, and back-ups)
- Clothing (appropriate for the weather and conditions)
- HSE (appropriate for the site and expected levels of contaminants)
- Food and drink
- Anything else?

24

Planificación de la visita al sitio

Planificación de la excursión

- Sitio y objetivos
- Salida
- Arreglos de viaje
- Equipo (todo lo que se necesita, más repuestos, por ejemplo, baterías de GPS o cargadores de teléfono y copias de seguridad)
- Ropa (apropiada para el clima y las condiciones)
- HSE (apropiado para el sitio y los niveles esperados de contaminantes)
- Comida y bebida
- ¿Algo más?

Planning for Site Visit

Develop basic understanding of the keys steps in planning and conducting an oil-contaminated site assessment including development of **Conceptual Site Models**, sampling design and techniques; understand contaminants of concern, field kits and laboratory analysis, and sample preparation, including brief introduction to standard equipment and procedures associated with Health, Safety & Security (HS&S).

Topics

- Overall Objectives of CSA
- Introduction and key steps in site assessment
- Sources and scales of error
- Phase 1 Preliminary Site Assessment
- Preparing the Conceptual Site Model (CSM)
- Preparations for site visit

25

Planificación de la visita al sitio

Desarrollar una comprensión básica de los pasos clave en la planificación y realización de una evaluación de un sitio contaminado con petróleo, incluido el desarrollo de **modelos conceptuales del sitio**, el diseño y las técnicas de muestreo; comprender los contaminantes de interés, los equipos de campo y los análisis de laboratorio, y la preparación de muestras, incluida una breve introducción a los equipos y procedimientos estándar asociados con la salud, la seguridad y la protección (HS&S).

Temas

- Objetivos generales de CSA
- Introducción y pasos clave en la evaluación del sitio
- Fuentes y escalas de error
- Fase 1: evaluación preliminar del sitio
- Preparación del modelo conceptual del sitio (CSM)
- Preparativos para la visita al sitio

Key messages



Contamination of land or water, vegetation and air, needs to be determined as accurately as possible before restoration or remediation efforts are initiated.



The CSA framework is a structured and accepted approach to understanding and documenting levels of contamination and vital to determining any remediation actions.



The first step or phase of the CSA framework is the Preliminary Site Assessment, that usually does not involve any sampling.



Preliminary Site Assessment together with background data gathering should provide enough information to develop the first Conceptual Site Model, vital to begin to understand the characteristics of the contamination.

26

Mensajes clave

- La contaminación de la tierra o el agua, la vegetación y el aire debe determinarse con la mayor precisión posible antes de iniciar los trabajos de restauración o rehabilitación.
- El marco de CSA es un enfoque estructurado y aceptado para comprender y documentar los niveles de contaminación, y es vital para determinar cualquier acción de remediación.
- El primer paso o fase del marco CSA es la Evaluación preliminar del sitio, que generalmente no involucra muestreo.
- La evaluación preliminar del sitio junto con la recopilación de datos de antecedentes debe proporcionar suficiente información para desarrollar el primer modelo conceptual del sitio, vital para comenzar a comprender las características de la contaminación.

Módulo 5

Evaluación de sitios contaminados

Descripción general del equipo y técnicas analíticas

Módulo 5

Objectives

Understand inspection protocols, sampling, laboratory specifications and accreditation; laboratory analysis techniques for standard procedures, data quality verification, reporting, communication and disputes. Demonstrate the photo-ionization detectors (PID) equipment with notes on application and limitations; QA/QC.



Topics

- Units of measurement
- TPH analysis and PAH analysis
- VOC analysis and NAPL analysis
- Reporting & interpretation of analysis results
- Forensic analysis

2

Objetivos

Comprender los protocolos de inspección, muestreo, especificaciones y acreditación de laboratorio, técnicas de análisis de laboratorio, verificación de la calidad de los datos, informes, comunicación y disputas. Demostrar el equipo de detectores de fotoionización (PID) y tomar notas sobre la aplicación y las limitaciones; QA/ QC.

Temas

- Unidades de medida
- Análisis de TPH y análisis de PAH
- Análisis de VOC y análisis de NAPL
- Informe e interpretación de los resultados del análisis
- Análisis forense

Units of measurement

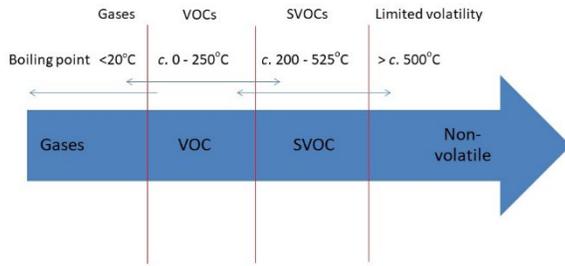
| | ppm | ppb | ppt |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| % | mg/kg | ug/kg | ng/kg |
| % | mg/l | ug/l | ng/l |
| 100 | 1,000,000 | | |
| 10 | 100,000 | | |
| 1 | 10,000 | | |
| 0.1 | 1,000 | 1,000,000 | |
| 0.01 | 100 | 100,000 | |
| 0.001 | 10 | 10,000 | |
| 0.0001 | 1 | 1,000 | 1,000,000 |
| 0.00001 | 0.1 | 100 | 100,000 |
| 0.000001 | 0.01 | 10 | 10,000 |
| 0.0000001 | 0.001 | 1 | 1,000 |
| | 0.0001 | 0.1 | 100 |
| | 0.00001 | 0.01 | 10 |
| | 0.000001 | 0.001 | 1 |

3

Unidades de medida

| | ppm | ppb | ppt |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| % | mg/kg | ug/kg | ng/kg |
| % | mg/l | ug/l | ng/l |
| 100 | 1,000,000 | | |
| 10 | 100,000 | | |
| 1 | 10,000 | | |
| 0.1 | 1,000 | 1,000,000 | |
| 0.01 | 100 | 100,000 | |
| 0.001 | 10 | 10,000 | |
| 0.0001 | 1 | 1,000 | 1,000,000 |
| 0.00001 | 0.1 | 100 | 100,000 |
| 0.000001 | 0.01 | 10 | 10,000 |
| 0.0000001 | 0.001 | 1 | 1,000 |
| | 0.0001 | 0.1 | 100 |
| | 0.00001 | 0.01 | 10 |
| | 0.000001 | 0.001 | 1 |

Boiling point ranges of organic chemicals



Rangos de puntos de ebullición de productos químicos orgánicos

| | | | |
|----------------------------|---------------|-----------------|----------------------|
| Gases | VOC | SVOC | Volatilidad limitada |
| Punto de ebullición <20 °C | C. 0 - 250 °C | C. 200 - 525 °C | > C. 500 °C |
| Gases | VOC | SVOC | No volátil |

Learn What TPH is

GRO DRO EPH PRO
 Mineral Oil VOC GC-MS NAPL
 VPH TPH
 Ran out of Space!

Let's untangle these terms!

Aprenda qué es TPH

GRO
 DRO
 EPH
 PRO
 Petróleo mineral
 VOC
 GC-MS
 NAPL
 TPH
 VPH
 ¡Se quedó sin espacio!
 ¡Entendamos estos términos!

TPH Carbon Bands and Extractable PHs

| Product | Approximate carbon band range | Boiling point range (°C) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Gasoline / petrol | C ₄ - C ₁₂ | 25 - 215 |
| Kerosene / jet fuel | C ₁₀ - C ₁₅ | 160 - 260 |
| Diesel | C ₈ - C ₂₈ | 260 - 380 |
| Heavy fuel oils | C ₁₉ - C ₃₅ | 315 - 540 |
| Lubricating or lube oil (motor oil) | C ₂₀ - C ₄₄ | 425 - 540 |

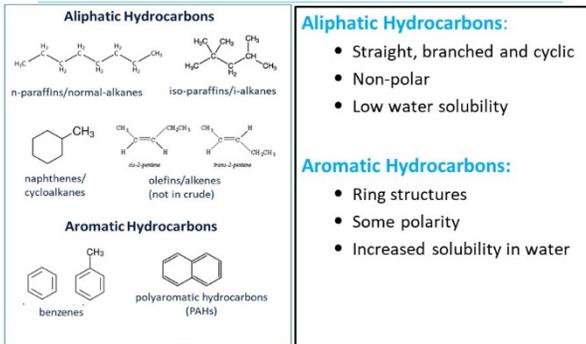
- Requires solvent extraction
- Not volatile component of the TPH
- Useful for identification of diesel and kerosene
- Detection limit – typically <35 mg/kg

Bandas de carbono TPH y PH extraíbles

| Producto | Rango de banda de carbono aproximado | Rango de punto de ebullición (°C) |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Gasolina | | |
| Queroseno/combustible para aviones | | |
| Diesel | | |
| Fuelóleos pesados | | |
| Aceite lubricante (aceite de motor) | | |

- Requiere extracción con solvente
- Componente no volátil del TPH
- Útil para la identificación de diesel y queroseno
- Límite de detección: normalmente < 35 mg/kg

TPH Constituents – Key Properties



7

Componentes de TPH - Propiedades clave

Hidrocarburos alifáticos:

- Directos, ramificados y cíclicos
- No polares
- Baja solubilidad en agua

Hidrocarburos aromáticos:

- Estructuras de anillo
- Algo de polaridad
- Mayor solubilidad en agua.

Petroleum Hydrocarbons - Human Health Risk Assessment

- Substance-specific risk assessment of non-threshold indicator compounds (Benzene, Benzo-a- pyrene)
- Combined assessment of compounds with similar toxicity and other properties (TPH Criteria Working Group)

8

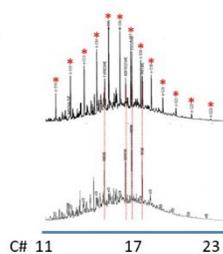
Hidrocarburos de petróleo - Evaluación de riesgos para la salud humana

- Evaluación del riesgo de sustancias específicas de compuestos indicadores sin umbral (benceno, benzoapireno)
- Evaluación combinada de compuestos con toxicidad similar y otras propiedades (Grupo de trabajo de criterios de TPH)

Chromatograms are not just pretty pictures

Provide information on

- Type of material
- Presence of non-hydrocarbons
- Presence of solvents
- Presence of non-dissolved hydrocarbons
- Poor integration
- Weathering
 - Degree of weathering
 - Type of weathering



For details ask your lab

9

Los cromatogramas no son solo imágenes bonitas

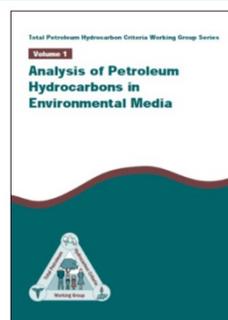
- Proporcionan información sobre
- Tipos de materiales
- Presencia de compuestos sin hidrocarburos
- Presencia de solventes
- Presencia de hidrocarburos no disueltos
- Mala integración
- Meteorización
 - Grado de meteorización
 - Tipo de meteorización

Para obtener más información, pregunte a su laboratorio

TPH Analysis

Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (TPH CWG)

- Volume 1 Analysis of Petroleum Hydrocarbons
- Volume 2 Composition of Petroleum mixtures
- Volume 3 Selection of TPH fractions
- Volume 4 Fraction specific classes and reference concentrations
- Volume 5 Risk Evaluation



10

Análisis de TPH

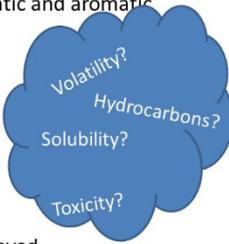
Grupo de trabajo de criterios de hidrocarburos totales de petróleo (TPH CWG)

- Volumen 1: Análisis de hidrocarburos de petróleo
- Volumen 2: Composición de mezclas de petróleo
- Volumen 3: Selección de fracciones de TPH
- Volumen 4: Clases específicas de fracciones y concentraciones de referencia
- Volumen 5: Evaluación de riesgos

Fractionation

- ▶ Fractionation typically relies on the use of silica gel to separate the sample into aliphatic and aromatic *classes**
- ▶ The fractions are then injected into a Gas Chromatographer (GC) for separation into *carbon ranges*
- ▶ However, they
 - Cost more than bulk TPH
 - Raise the reporting limits
 - Non-hydrocarbons will be removed from analysis (results)

* Class separation in the volatile range does not rely on use of silica gel



Fraccionamiento

- ▶ El fraccionamiento normalmente se basa en el uso de gel de sílice para separar la muestra en las *clases* *alifáticas y aromáticas.
- ▶ Luego, las fracciones se inyectan en un cromatógrafo de gases (GC) para su separación en *rangos de carbono*
- ▶ Sin embargo, estos:
 - Cuestan más que el TPH a granel
 - Aumentan los límites de los informes
 - Los compuestos sin hidrocarburos se eliminarán del análisis (resultados)

* La separación por clases en el rango de compuestos volátiles no depende del uso de gel de sílice

¿Volatilidad?
¿Hidrocarburos?
¿Solubilidad?
¿Toxicidad?

Not all TPH Method are the same

Extraction Solvent

- n-pentane
- dichloromethane

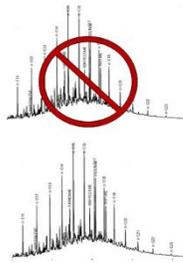
Baseline Correction

Carbon Ranges

- C6-C10 vs. C6-C12
- C12-C26 vs. C12-C28

Calibration Standard

Don't assume a change has occurred at a site if the TPH value suddenly changes!



12

No todos los métodos de TPH son iguales

Solvente de extracción

- n-pentano
- diclorometano

Corrección de la línea de base

Rangos de carbono

- C6-C10 frente a C6-C12
- C12-C26 frente a C12-C28

Estándar de calibración

Aunque el valor de TPH cambia repentinamente ¡No suponga que ha ocurrido un cambio en un sitio!

Naturally occurring compounds

- Most soils contain hydrocarbons derived from organic matter (vegetation)
- Humic acids
- Fatty acids both volatile and non-volatile
- Tannic acids – from peat
- Alkanes – from waxy coating on leaves
- Sterols – from plants

13

Compuestos naturales

- La mayoría de los suelos contienen hidrocarburos derivados de materia orgánica (vegetación)
- Ácidos húmicos
- Ácidos grasos volátiles y no volátiles
- Ácidos tánicos (de turba)
- Alcanos (de la capa cerosa de las hojas)
- Esteroles (de plantas)

TPH CWG

- Breakdown into narrow carbon bands
- Includes VPH and EPH
- Extract is cleaned up (removes naturally occurring compounds)
- Detection limit <math><100 \mu\text{g}/\text{kg}</math>
- Used for risk assessment - in conjunction with indicator compounds

14

TPH CWG

- Desglose en bandas de carbono estrechas
- Incluye VPH y EPH
- El extracto se limpia (se eliminan los compuestos naturales)
- Límite de detección <math><100 \mu\text{g}/\text{kg}</math>
- Se utiliza para la evaluación de riesgos, junto con compuestos indicadores.

Petroleum Hydrocarbons – TPH CWG

| Aliphatic fraction | Aromatic fraction |
|--------------------|--------------------|
| $C_{>5} - C_6$ | $C_{>5} - C_7$ |
| $C_{>6} - C_8$ | $C_{>7} - C_8$ |
| $C_{>8} - C_{10}$ | $C_{>8} - C_{10}$ |
| $C_{>10} - C_{12}$ | $C_{>10} - C_{12}$ |
| $C_{>12} - C_{16}$ | $C_{>12} - C_{16}$ |
| $C_{>16} - C_{35}$ | $C_{>16} - C_{21}$ |
| $C_{>35} - C_{44}$ | $C_{>21} - C_{35}$ |
| | $C_{>35} - C_{44}$ |

15

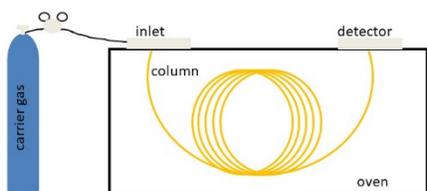
Hidrocarburos de petróleo - TPH CWG

Fracción alifática
Fracción aromática

Preferred Method

Laboratory method for TPH analysis: Gas Chromatography

- For separating mixtures into components
- Based on volatility of molecules
- Several options for detectors



16

Método preferido

Método de laboratorio para el análisis de TPH: Cromatografía de gases

- Para separar mezclas en componentes
- Basado en volatilidad de moléculas
- Varias opciones para detectores

Entrada
Detector
Gas portador
Columna
Horno

Equipment for organic analysis (1)



GC-FID used for EPH analysis

17

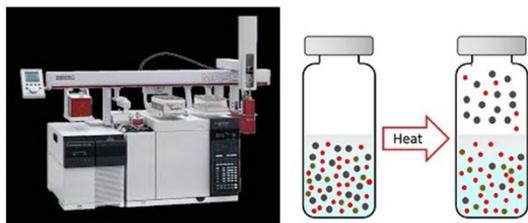
The majority of organic chemistry testing for environmental contaminants is done by Gas Chromatography with different autosamplers and detectors

Equipo para análisis orgánico (1)

La mayoría de las pruebas de química orgánica para contaminantes ambientales se realiza mediante cromatografía de gases con diferentes automuestreadores y detectores.

GC-FID utilizado para el análisis de EPH

VOC Analysis



VOC analysis by Headspace GC-MS

18

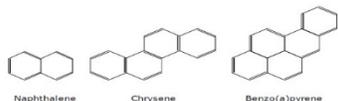
Análisis de VOC

Calor

Análisis de VOC por Headspace GC-MS

PAHs

- Poly(cyclic) Aromatic Hydrocarbons
- A group of organic compounds that contain two or more fused aromatic rings
- Widespread in the environment and in most soils
- Always complex mixtures – including coal tar, diesel and oils etc.



19

PAH

- Hidrocarburos aromáticos policíclicos
- Un grupo de compuestos orgánicos que contienen dos o más anillos aromáticos fusionados
- Extendido en el medio ambiente y en la mayoría de los suelos
- Mezclas que siempre son complejas, incluyendo alquitrán de hulla, diesel y aceites, etc.

Naftalina

Criseno

Benzopireno

Equipment for organic analysis (2)



GC-MS used for SVOC analysis

20

For targeted analysis of specific compounds, GC-MS is the usual instrument of choice. This one is configured for analysis of samples in the semi-volatile range.

Equipo para análisis orgánico (2)

Para el análisis dirigido de compuestos específicos, GC-MS es el instrumento de elección habitual. Éste está configurado para el análisis de muestras en el rango semivolátil.

GC-MS utilizado para el análisis de SVOC

Whole oil by GC-FID

- Also know as product ID or product fingerprinting
- Generally 1-2 ml product required
- Gives carbon range by comparison to reference
- Detects hydrocarbons in the range C5 to >C40
- Good resolution of diagnostic peaks e.g. BTEX, nC17, pristane

21

Petróleo integral por GC-FID

- También conocido como ID de producto o huella digital de producto
- Generalmente se requieren 1-2 ml de producto
- Proporciona rango de carbono en comparación con la referencia.
- Detecta hidrocarburos en el rango de C5 a > C40
- Buena resolución de picos de diagnóstico; por ejemplo, BTEX, nC17, pristano

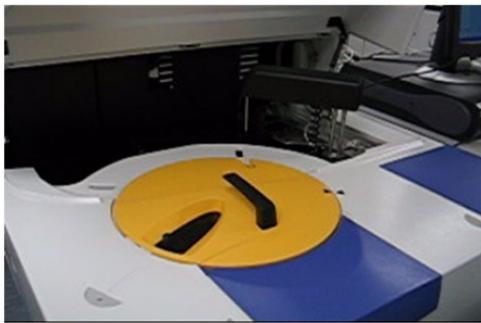
ICP-MS



22

ICP-MS

Kone Spectrophotometer



23

Espectrofotómetro Kone

The hand-held PID and what it measure

- Very handy and practical field tool for initial assessments
- Measures hundreds of VOCs
- Ionisation potential is the energy required to displace an electron and ionise the gas
- Energy required is measured in Electron Volts (eV)
- If the IP of sample is less than eV of the energy source = contaminant will be ionised and detected.
- Range of lamps used for different contaminant compounds
- Does not measure nitrogen oxygen, CO₂, methane, ethane, freons or ozone



24

¿Qué es el PID portátil y qué mide?

- Es una herramienta de campo muy útil y práctica para evaluaciones iniciales
- Mide cientos de VOC
- El potencial de ionización es la energía necesaria para desplazar un electrón e ionizar el gas.
- La energía requerida se mide en Electrón Voltios (eV)
- Si el IP de la muestra es menor que el eV de la fuente de energía, el contaminante será ionizado y detectado.
- Variedad de lámparas utilizadas para diferentes compuestos contaminantes
- No mide nitrógeno, oxígeno, CO₂, metano, etano, freones ni ozono.

Hydraulic Fracturing – Flowback water

| Name | Determinand | LOD | Units |
|-------------------|--------------------|------------------|-------|
| Dissolved Metals | Arsenic | 2.5 | µg/l |
| | Boron | 5 | µg/l |
| | Barium | 15 | µg/l |
| | Cadmium | 0.5 | µg/l |
| | Calcium | 0.2 | mg/l |
| | Chromium | 1.5 | µg/l |
| | Copper | 20 | µg/l |
| | Iron | 30 | µg/l |
| | Lead | 0.1 | µg/l |
| | Magnesium | 0.1 | µg/l |
| | Manganese | 7 | µg/l |
| | Nickel | 2 | µg/l |
| | Selenium | 3 | µg/l |
| | Sulfur | 0.1 | mg/l |
| | Silver | 0.5 | µg/l |
| | Zinc | 1.5 | µg/l |
| | TPH GWG Aliphatics | Total aliphatics | 10 |
| >C8-C9 | | 5 | µg/l |
| >C9-C10 | | 5 | µg/l |
| >C10-C11 | | 5 | µg/l |
| >C11-C12 | | 5 | µg/l |
| >C12-C13 | | 10 | µg/l |
| >C13-C14 | | 10 | µg/l |
| >C14-C15 | | 10 | µg/l |
| >C15-C16 | | 10 | µg/l |
| >C16-C17 | | 5 | µg/l |
| TPH GWG Aromatics | Total aromatics | 10 | µg/l |
| | >EC-EC10 | 5 | µg/l |
| | >EC10-EC12 | 5 | µg/l |
| | >EC12-EC13 | 5 | µg/l |
| | >EC13-EC14 | 10 | µg/l |
| | >EC14-EC15 | 10 | µg/l |
| | >EC15-EC16 | 10 | µg/l |
| | >EC16-EC17 | 10 | µg/l |
| | >EC17-EC18 | 10 | µg/l |
| | >EC18-EC21 | 10 | µg/l |
| MTEC | Total monoterpenes | 10 | µg/l |
| | Terpinene | 5 | µg/l |
| | Terpinolene | 5 | µg/l |
| | γ-Terpinene | 5 | µg/l |
| | α-Terpinene | 5 | µg/l |
| | β-Terpinene | 5 | µg/l |
| | γ-Caryophyllene | 5 | µg/l |
| | α-Caryophyllene | 5 | µg/l |
| | β-Caryophyllene | 5 | µg/l |
| | α-Bisabolene | 5 | µg/l |
| Nitrate as NO3 | Nitrate as NO3 | 0.2 | mg/l |
| | Nitrite as NO2 | 0.02 | mg/l |

| | | |
|-------------------------------|------|----------|
| Ammoniacal Nitrogen | 0.05 | mg/l |
| Total Alkalinity as CaCO3 | 1 | mg/l |
| BOD (5days) | 7 | mg/l |
| CO2 (atmos) | 2 | mg/l |
| Electrical Conductivity at 25 | 0.01 | µS/cm |
| pH | 0.1 | pH Units |
| Salinity | 0.1 | % |
| Total Dissolved Solids | 10 | mg/l |

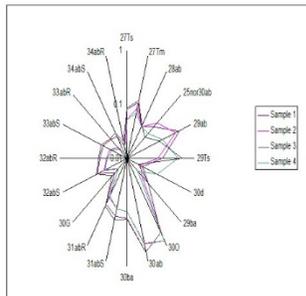
| Name | Determinand | LOD | Units |
|-----------------------------------|---------------|-----|-------|
| Groundwater Dissolved Gases Suite | Dissolved Gas | | |
| | CO2 | | mg/l |
| | CH4 | | mg/l |

25

Fracturamiento hidráulico - Reflujo de agua

Forensic Analysis

- GC-FID Analysis
- GC-MS Analysis
- Diagnostic Ratio analysis

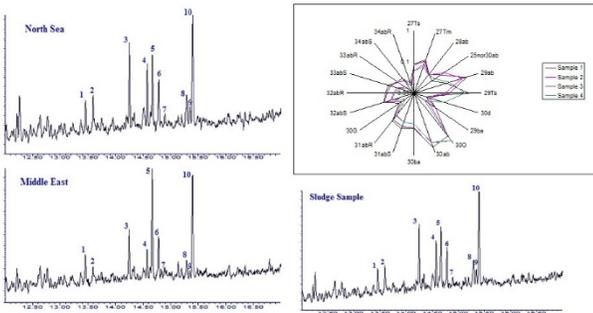


26

Análisis forense

- Análisis GC-FID
- Análisis GC-MS
- Análisis de relación de diagnóstico

Forensic Analysis

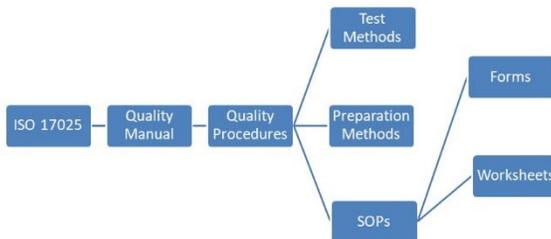


27

Análisis forense

Mares del Norte
Medio oriente
Muestra de lodo

Quality



28

Calidad

ISO 17025
Manual de Calidad
Procedimientos de calidad
Métodos de prueba
Métodos de preparación
Métodos de preparación
SOP
Formularios
Hojas de trabajo

Some Essential Features of a Quality System

Development and Validation

A test method needs to be set up so that we know that it “works”.

Document Control

Everyone to be working according to a given set of procedures

Audits

We need to know that we are doing things as we should.

Complaints

Respond to customer criticisms and questions.

Independent Accreditation - UKAS

External checking

AQC charts

an internal means of quality assurance

PT Schemes

an external means of quality assurance

29

Algunas características esenciales de un sistema de calidad

Desarrollo y validación

Es necesario establecer un método de prueba para que sepamos qué “funciona”.

Control de documentos

Todos deben trabajar según un conjunto determinado de procedimientos.

Auditorias

Necesitamos saber que estamos haciendo las cosas como deberíamos.

Quejas

Responder a las críticas y preguntas de los clientes.

Acreditación independiente - UKAS

Comprobación externa

Gráficos AQC

un medio interno de aseguramiento de la calidad

Esquemas PT

un medio externo de aseguramiento de la calidad

Proficiency Testing

- Proficiency Testing (PT) is an inter-laboratory comparison of results.
- It is run by an external provider and the feedback is used to assess our analytical methods.
- It is a requirement of ISO17025

30

Prueba de aptitud

- La prueba de aptitud (PT) es una comparación de resultados entre laboratorios.
- Está dirigido por un proveedor externo y los comentarios se utilizan para evaluar nuestros métodos analíticos.
- Es un requisito de la norma ISO17025

Key messages



It is important to understand the units of measurement, especially since the quantities and concentrations of toxic chemicals that pose a risk to human and the environment can be very small.



Criteria (concentrations) have been developed by specialists that are considered the maximum levels for safety for most toxic chemicals, including BTEX, PCBs and others.



Gas chromatography, mass spectrometry and spectrophotometry are typical techniques to determine the extremely low levels of contaminants in soil and water.



The quality and reliability of the results depends on many factor, the last of which is the procedure, reagents and equipment used at the laboratory.

31

Mensajes clave

- Es importante comprender las unidades de medida, especialmente porque las cantidades y concentraciones de sustancias químicas tóxicas que representan un riesgo para los seres humanos y el medio ambiente pueden ser muy pequeñas.
- Los criterios (concentraciones) han sido desarrollados por especialistas; estos criterios se consideran los niveles máximos de seguridad para la mayoría de los productos químicos tóxicos, incluidos BTEX, PCB y otros.
- La cromatografía de gases, la espectrometría de masas y la espectrofotometría son técnicas típicas para determinar los niveles extremadamente bajos de contaminantes en el suelo y el agua.
- La calidad y fiabilidad de los resultados depende de muchos factores, el último de los cuales es el procedimiento, los reactivos y el equipo utilizado en el laboratorio.

Módulo 6

Contaminated Site Assessment
Detailed Contaminated Site Assessment Module 6

Evaluación de sitios contaminados

Evaluación detallada de sitios contaminados

Módulo 6

Contents

Understand how to plan and conduct detailed contaminated site assessment campaigns, from sample strategy to transport and storage of samples.

Topics

- Phase 2 Assessment Intrusive Sampling
- Sampling Planning Overview (re-visited)
- Sampling Strategy, Efficiency & Design
- Sampling Planning, Codification and Errors
- Sample Number, Methods, Depth
- Preparation for Sampling, Containers
- HSE, Site security and safety
- Chain of Custody
- QA and Laboratory



2

Contenido

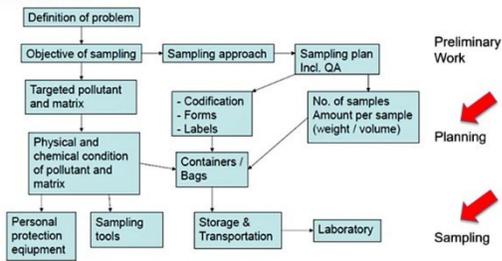
Comprender cómo planificar y realizar campañas detalladas de evaluación de sitios contaminados, desde la estrategia de muestreo hasta el transporte y almacenamiento de muestras.

Temas

- Muestreo intrusivo de evaluación de fase 2
- Resumen de planificación de muestreo (revisado)
- Estrategia de muestreo, eficiencia y diseño
- Planificación, codificación y errores de muestreo
- Número de muestra, métodos, profundidad
- Preparación para el muestreo, contenedores
- HSE, seguridad y protección del sitio
- Cadena de custodia
- Control de calidad y laboratorio

Sampling Planning Overview... reminder

Most important question:
What is the problem and what is the objective?



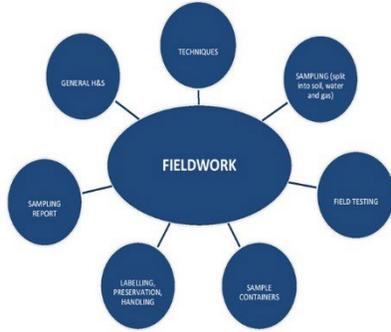
3

Resumen de planificación de muestreo ... recordatorio

La pregunta más importante:
¿Cuál es el problema y cuál es el objetivo?

| | | | |
|--|--|--|--------------------|
| Definición de problema | | | |
| Objetivo del muestreo | Enfoque de muestreo | Plan de muestreo incl. QA | Trabajo preliminar |
| Contaminante objetivo y matriz | - Codificación - Formularios - Etiquetas | N.º de muestras Cantidad por muestra (peso/volumen) | Planificación |
| Condición física y química del contaminante y la matriz. | Bolsas para contenedores | Laboratorio | |
| Equipo de protección personal | Almacenamiento y transporte | | Muestreo |
| Herramientas de muestreo | | | |

Sample Planning Overview



4

Resumen de planificación de muestra

TRABAJO DE CAMPO

H&S GENERAL

TÉCNICAS

MUESTREO (dividido en suelo, agua y gas)

PRUEBAS DE CAMPO

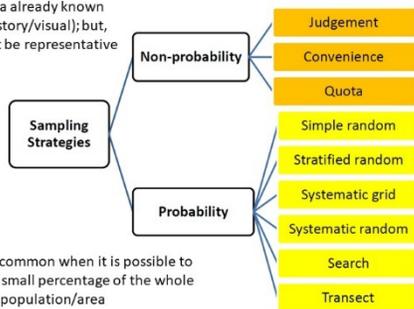
CONTENEDORES DE MUESTRA

ETIQUETADO, CONSERVACIÓN, MANIPULACIÓN

INFORME DE MUESTREO

Sampling Strategy

Non-probabilistic: location of most interesting area already known (judgement/history/visual); but, samples may not be representative



Probabilistic: common when it is possible to sample only a small percentage of the whole population/area

5

Estrategia de muestreo

No probabilística: ya se conoce la ubicación del área más interesante (juicio / historia / visual); sin embargo, es posible que las muestras no sean representativas

Estrategias de muestra

Falta de probabilidad

Juicio

Conveniencia

Cuota

Probabilidad

Aleatorio simple

Estratificado al azar

Cuadrícula sistemática

Aleatorio sistemático

Búsqueda

Transección

Probabilístico: común cuando es posible muestrear únicamente un pequeño porcentaje de toda la población/área

¿Dónde tomar la muestra?

Where to Sample?



5

Where to Sample?



7

¿Dónde tomar la muestra?

Reminder: Overall Objectives of a CSA

Traceability – Representativeness – Trust

Sampling Plan → Reality → Laboratory / Report



EPA Sampling Guideline

i.e. EPA 6000 series

ISO 17025

8

Recordatorio: Objetivos generales de un CSA

Trazabilidad - Representatividad - Confianza

Plan de muestreo

Realidad

Reporte de laboratorio

Pautas de muestreo de la EPA

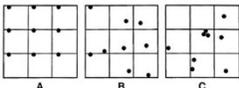
Por ejemplo, serie EPA 6000

ISO 17025

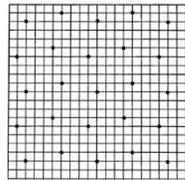
Sampling Efficiency and Designs

Many mathematical theories on optimization of spatial sampling exist. They conclude that efficient sampling design should satisfy four conditions:

- 1) It should be stratified i.e. the area to be sampled should be partitioned into regular sub-areas;
- 2) Each stratum (or sub-area) should carry only one sampling unit;
- 3) It should be systematic;
- 4) Sampling points should not be aligned.



- A Systematic grid (or regular square grid)
 B Stratified random
 C Simple random



Herringbone sampling design

9

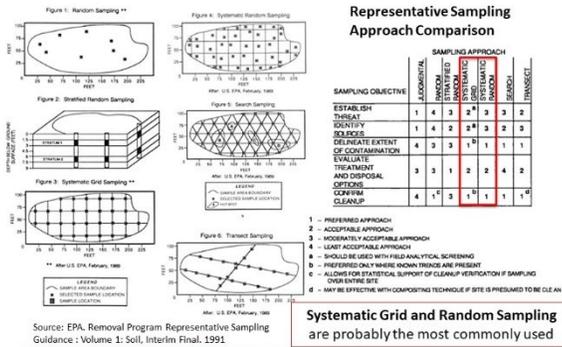
Eficiencia de muestreo y diseños

- 1) **Existen muchas teorías matemáticas sobre la optimización del muestreo espacial.** Concluyen que un diseño de muestreo eficiente debe cumplir cuatro condiciones: debe estar estratificado, es decir, se debe dividir la zona por muestrear en subzonas regulares;
- 2) Cada estrato (o subárea) debe contener únicamente una unidad de muestreo;
- 3) Debe ser sistemático;
- 4) Los puntos de muestreo no deben alinearse.

- A. Cuadrícula sistemática (o cuadrícula cuadrada regular)
 B. Aleatorio estratificado
 C. Aleatorio simple

Diseño de muestreo en espiga

Summary of Sampling Designs



10

Resumen de diseños de muestreo

Comparación representativa del método de muestreo

| OBJETIVO DE MUESTREO | ENFOQUE DE MUESTREO | | | | | |
|---|---------------------|--------|-------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| | JUDGMENTAL | RANDOM | ESTRATIFICADO ALEATORIO | REJILLA SISTEMÁTICA | ALEATORIO SISTEMÁTICO | BÚSQUEDA TRANSECCIÓN |
| ESTABLECER AMENAZA | | | | | | |
| IDENTIFICAR FUENTES | | | | | | |
| DELIMITAR EL ALCANCE DE LA CONTAMINACIÓN | | | | | | |
| EVALUAR LAS OPCIONES DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN | | | | | | |
| CONFIRMAR LIMPIEZA | | | | | | |

1. ENFOQUE PREFERIDO
2. ENFOQUE ACEPTABLE
3. ENFOQUE MODERADAMENTE ACEPTABLE
4. ENFOQUE MENOS ACEPTABLE
5. SE DEBE UTILIZAR CON EL EXAMEN ANALÍTICO DE CAMPO
 - a. SE ANALIZA SOLO DONDE HAY TENDENCIAS CONOCIDAS
 - b. BRINDA SOPORTE ESTADÍSTICO DE LA VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA SI SE MUESTRA EN TODO EL SITIO
 - c. PUEDE SER EFICAZ CON LA TÉCNICA DE COMPOSICIÓN, SI SE PRESUME QUE EL SITIO ESTÁ LIMPIO

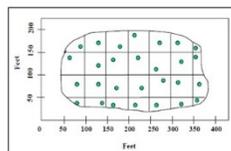
La cuadrícula sistemática y el muestreo aleatorio son probablemente los más utilizados

Fuente: EPA. Removal Program Representative Sampling Guidance: Volumen 1: Soil, Interim Final. 1991

Sampling Strategy: Systematic Random

- i) Areas of 10 m², 16-25 punctures -> approx. 1 kg of sample
- ii) Lines of max 20 m, 16-25 punctures -> approx. 1 kg of sample

- It is probably the most commonly used method for field sampling
- Random sampling within subdivided smaller areas (square, rectangular or triangular grids) of the original area
- Small number of samples and small time expenditure
- Even distribution of sampling sites
- Number of samples proportional to area
- Inappropriate grid size can cause systematic errors



11

Estrategia de muestreo: Aleatorio sistemático

- i) Áreas de 10 m², 16-25 perforaciones-> aprox. 1 kg de muestra
 - ii) Líneas de máximo 20 m, 16-25 perforaciones-> aprox. 1 kg de muestra
- Es probablemente el método más utilizado para el muestreo de campo.
 - Muestreo aleatorio dentro de áreas más pequeñas subdivididas (cuadrículas cuadradas, rectangulares o triangulares) del área original
 - Pequeño número de muestras y poco gasto de tiempo.
 - Distribución uniforme de los sitios de muestreo
 - Número de muestras proporcional al área
 - Un tamaño incorrecto de cuadrícula puede causar errores sistemáticos

Objectives of Sampling

The challenge to achieving a 95% statistical chance of locating an area of contamination within a reasonable budget. The more samples to examine the higher the cost.

Wilson & Stevens (1981) report that the compromise between statistical desirability and financial acceptability generally accepted for assessing chemical contamination in disused gaswork sites were spacings of 20–50 m, with a 25 m grid being fairly common. Based substantially on this, the British Standards Institute (1988) suggests the minimum number of sampling points should be:

- 15 for 0.5 hectares = 18 m grids
- 25 for 1 hectare = 20 m grids
- 85 for 5 hectares = 24 m grids

In practice, **10 m grids (10x10m) are most commonly used**, and most convenient. Within a 10 sqm grid, sampling can comprise **15-25 random cores** (or punctures), combined to generate ca. 1 kg of soil sample, per sample point.

Sources: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK310480/#_annex7_s7 and Wilson & Stevens (1981) Problems arising from the redevelopment of gas works and similar sites. AERE Harwell Report R-10366, HMS

12

Objetivos del muestreo

El reto: lograr una probabilidad estadística del 95% de localizar un área de contaminación dentro de un presupuesto razonable. Cuantas más muestras se examinen, mayor será el costo.

Wilson y Stevens (1981) informan que el consenso entre la conveniencia estadística y la viabilidad financiera comúnmente aceptado para evaluar la contaminación química en sitios de gasificación en desuso es de 20 a 50 m, siendo bastante común una cuadrícula de 25 m. Con base en esto en esto, el British Standards Institute (1988) sugiere que el número mínimo de puntos de muestreo debería ser:

- 15 para 0,5 hectáreas = cuadrículas de 18 m
- 25 por 1 hectárea = rejillas de 20 m
- 85 para 5 hectáreas = cuadrículas de 24 m

En la práctica, **Las rejillas de 10 m (10 × 10 m) son las más comúnmente utilizadas** y más convenientes.

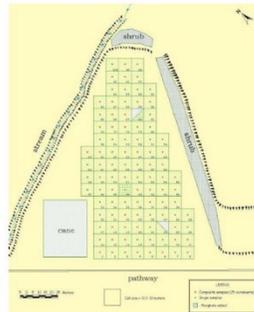
Dentro de una cuadrícula de 10 metros cuadrados, el muestreo puede constar de **15-25 núcleos aleatorios** (o perforaciones), combinados para generar ca. 1 kg de muestra de suelo, por punto de muestreo.

Fuentes:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK310480/#_annex7_s7 and Wilson & Stevens (1981) Problems arising from the redevelopment of gas works and similar sites. Informe AERE Harwell R-10366, HMS

Sampling Plan including Codification & QA

- The sampling plan simplifies field and laboratory work
- It includes geo-data and codes which identify each samples
- The sampling plan is the most important quality assurance measure
- It starts the practical process of codification, labelling and field work preparation
- It usually includes a map and a list with all codified samples



Large area (10'000 m²), subdivided into 100 sub-areas (10x10 m each)

13

Plan de muestreo que incluye codificación y control de calidad

- El plan de muestreo simplifica el trabajo de campo y laboratorio
- Incluye datos geográficos y códigos que identifican cada muestra.
- El plan de muestreo es la medida de aseguramiento de calidad más importante.
- Inicia el proceso práctico de codificación, etiquetado y preparación del trabajo de campo.
- Por lo general, incluye un mapa y una lista con todas las muestras codificadas.

Corriente
Arbusto
Caña
Ruta

Gran superficie (10 000 m²), subdividida en 100 subáreas (10 × 10 m cada una)

Reducing the Number of Samples

It may be possible to further reduce numbers of samples needed to be taken by:

- thoroughly investigating the site history** to determine where the likely "hot spots" are, and confining the sampling to these. If it is considered that areas of greatest contamination can be pinpointed from the history of the site, it may be acceptable to sample from just that site and to conclude that, if the contaminant is not found here, then the rest of the site can be assumed to have below detectable levels of the contaminant;
- considering the intended uses of the site** and assessing whether contamination would be important (e.g. if the contaminated area will be covered by a hard surface, such as a car park, contamination of the underlying soil may be deemed irrelevant);
- designing the use of the land around its potential contamination** (e.g. siting hard surfaces where contamination is suspected in the ground plan).
- pooling portions of samples drawn separately into composite samples** from which a practical number of subsamples may be taken for testing. In the event of a positive in any of the composites, the individual samples making up that composite would have to re-examined separately.

14

Reducir el número de muestras

Puede ser posible reducir aún más el número de muestras que se deben tomar mediante:

- Investigar a fondo la historia del sitio** para determinar dónde están los posibles "puntos importantes" probables y limitar el muestreo a estos. Si se considera que las áreas de mayor contaminación pueden identificarse a partir de la historia del sitio, puede ser aceptable tomar muestras solo de ese sitio y concluir que, si el contaminante no se encuentra aquí, entonces el resto del sitio puede ser se supone que tiene niveles inferiores a detectables del contaminante;
- Tener en cuenta los usos previstos del sitio** y evaluar si la contaminación puede ser importante (por ejemplo, si el área contaminada estará cubierta por una superficie dura, como un estacionamiento, la contaminación del suelo subyacente puede considerarse irrelevante);
- Diseñar el uso de la tierra en torno a su potencial contaminación** (por ejemplo, ubicación de superficies duras donde se sospecha que hay contaminación en el plano del suelo).
- Agrupar porciones de muestras extraídas por separado en muestras compuestas** del cual se puede tomar un número práctico de submuestras para su análisis. En el caso de un positivo en cualquiera de los compuestos, las muestras individuales que componen ese compuesto se deben volver a examinar por separado.

Always remember: Sampling Errors..

Possible "errors" during sample collection:

- Samples are not representative
- Meteorological influences
- Cross contamination



Sampling

Factors that may also influence the representativeness:

- Valid sampling techniques/procedures. Also, in order to compare the results of the studies carried out at sites with different environmental conditions and contaminants, harmonized sampling techniques must be used.
- Sample size
- Selection of appropriate sampling area
- Frequency of sampling
- Temporal and spatial variability of monitored parameter
- ...



15

Para recordar: errores de muestreo ...

Posibles "errores" durante la recolección de muestras:

- Las muestras no son representativas
- Influencias meteorológicas
- Contaminación cruzada

Muestreo

Factores que también pueden influir en la representatividad:

- Técnicas/procedimientos de muestreo válidos. Además, para comparar el resultado de los estudios realizados en sitios con diferentes condiciones ambientales y contaminantes, se deben utilizar técnicas de muestreo armonizadas
- Tamaño de la muestra
- Selección de áreas de muestreo adecuadas
- Frecuencia de muestreo
- Variabilidad temporal y espacial del parámetro monitoreado

Soil Sampling Depth

Decision on depth of sampling depends greatly on type of site. At former industrial sites such as tanneries, etc., contamination would have been largely of a **surface** nature and would only have penetrated to any depth through drains.

Initial sampling probably need only be from the **top 0.25 m**; a decision might be taken to test sediment in drains that are found at a later stage.

At the site of a buried fuel storage tank clearly it is important to take samples up to **about 2 m or 3 m below the surface** (using drilling equipment).



16

Profundidad de muestreo del suelo

La decisión sobre la profundidad del muestreo depende en gran medida del tipo de sitio. En antiguos emplazamientos industriales como curtiembres, etc., la contaminación habría sido en gran parte de una naturaleza **superficial** y solo habría podido penetrar alguna profundidad a través de desagües. Es probable que el muestreo inicial solo deba ser del **superior 0,25 m**; se podría tomar la decisión de analizar los sedimentos en los drenajes que se encuentran en una etapa posterior. En el sitio de un tanque de almacenamiento de combustible enterrado, es importante tomar muestras hasta **unos 2 o 3 m por debajo de la superficie** (utilizando equipo de perforación).

Toma de muestras de suelo con una barrena

Preparación para el muestreo

Cosas para recordar, ANTES de salir de la base de operaciones/oficina:

Dispositivo: GPS/cámara digital/teléfono inteligente

- comprobar que la batería esté cargada (¿repuestos?)
- comprobar que la fecha y hora sean correctas
- comprobar cómo configurar y guardar puntos de referencia y rutas
- Comprobar cómo cambiar la configuración / formato de coordenadas: UTM / lat-long
- comprender la precisión / exactitud de la lectura del GPS
- comprobar el espacio de almacenamiento en el dispositivo
- comprobar cómo usar una brújula

Tener un mapa general del área

- preferiblemente a escala 1: 25.000 o una resolución superior
- o impresión de Google Earth a la misma escala + cuadrícula

Recipientes correctos para muestreo (etiquetados), herramientas y equipo para muestreo (repuestos)

Equipo de almacenamiento y refrigeración

Bolígrafos/marcadores, PPE, números de contacto de emergencia/teléfonos/radio

Preparing for Sampling

Things to remember, BEFORE leaving the home base/office:

Device: GPS/digital camera/smartphone

- check battery charged (spares?)
- check date and time correct
- check how to set and save waypoints and tracks
- check how to change coordinate settings/format: UTM/lat-long
- understand the precision/accuracy of GPS reading
- check storage space on device
- check how to use a compass

Have a map of the general area

- ideally 1:25,000 scale, or higher resolution
- or Google Earth print-out at same scale + grid

Correct sample containers (labelled), tools and equipment for sampling (spares)

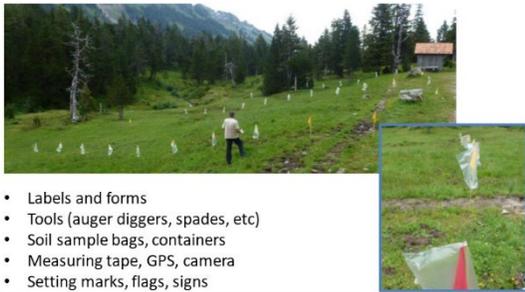
Storage and refrigeration equipment

Pens/markers, PPE, emergency contact numbers/phones/radio

17

Preparing the Site for Sampling

Measuring out and setting the markers greatly simplifies later sampling and ensures accuracy in following the **Sampling Plan**



- Labels and forms
- Tools (auger diggers, spades, etc)
- Soil sample bags, containers
- Measuring tape, GPS, camera
- Setting marks, flags, signs

18

Preparación del sitio para el muestreo

Medir y establecer los marcadores simplifica enormemente el muestreo posterior y garantiza la precisión en el seguimiento de **Plan de muestreo**

- Etiquetas y formularios
- Herramientas (excavadoras de barrena, palas, etc.)
- Bolsas, recipientes para muestras de suelo
- Cinta métrica, GPS, cámara
- Colocación de marcas, banderas, señales

Some sampling tools



19

Algunas herramientas de muestreo

Containers: for Soil and Sediment

Amber Glass Jars

ALE210



For analysis of: Organics, TPH, PAH, PCBs (pesticides), metals, inorganics/FOC

ALE215



For analysis of: VOC, GRO, oxygenates, n-hexane, alcohols and acetates, VFA, low level VOC

20

Contenedores: para suelo y sedimentos

Tarros de vidrio ámbar

ALE210

Para análisis de: Compuestos orgánicos, TPH, PAH, PCB (pesticidas), metales, compuestos inorgánicos/FOC

ALE215

Para análisis de: VOC, GRO, oxigenados, n-hexano, alcoholes y acetatos, VFA, VOC de bajo nivel

Conditions in water samples collected

Water is a dynamic system

The following conditions may change:

- Temperature
- Exposure to light
- Oxidation
- Precipitation e.g. of metals
- Interaction with suspended solids
- Carbon dioxide affecting pH
- Interaction with container surfaces
- Microbial content
- pH of sample



21

Condiciones de las muestras de agua recolectadas

El agua es un sistema dinámico

Las siguientes condiciones pueden cambiar:

- Temperatura
- Exposición a la luz
- Oxidación
- Precipitación, por ejemplo, de metales
- Interacción con sólidos en suspensión
- Dióxido de carbono que afecta el pH
- Interacción con superficies de contenedores
- Contenido microbiano
- pH de la muestra

Water = A dynamic system:

Precipitation of metals in water samples, over ONE hour



22

Agua = Un sistema dinámico:

Precipitación de metales en muestras de agua, más de UNA hora

Containers: for Water:

Each water sample type needs a special bottle type



23

Recipientes para agua:

Cada tipo de muestra de agua necesita un tipo de botella especial

Containers: for Water samples

Each water sample type needs a special bottle type

Many chemical samples need to be stored in appropriate bottles, some laced with fixing agents or additives e.g. HCL acid spikes (drops).

Some sample analysis:

General chemistry (pH, conductivity, turbidity): 1 litre clear plastic bottle

Metals: 1 litre clear plastic bottle or plastic zip-lock bag (for wet mud).

Sulphides: 25 ml clear glass bottle (with additive)

PAH: 500 ml glass container (with additive)

Pesticides: 1 litre amber glass PTFE lined screw cap or 1 litre plastic bottle (with additive)

Microbial activity: sterile glass bottle (with additive Sodium thiosulphate - used to neutralise the effect of any residual chlorine in sample and fix the sample)

Note: a certified **analytical laboratory** supplies the correct containers (with additives where necessary), for each type of analysis.

24

Recipientes para muestras de agua

Cada tipo de muestra de agua necesita un tipo de botella especial

Muchas muestras de químicos deben almacenarse en botellas adecuadas, algunas con agentes de fijación o aditivos, por ejemplo, picos (gotas) de ácido HCL.

Algunos análisis de muestras:

Química General (pH, conductividad, turbidez): Botella de plástico transparente de 1 litro

Metales: botella de plástico transparente de 1 litro o bolsa de plástico con cierre hermético (para barro húmedo).

Sulfuros: botella de vidrio transparente de 25 ml (con aditivo)

PAH: envase de vidrio de 500 ml (con aditivo)

Plaguicidas: PTFE de vidrio ámbar con tapón de rosca de 1 litro o botella de plástico de 1 litro (con aditivo)

Actividad microbiana: botella de vidrio estéril (con aditivo tiosulfato de sodio, utilizado para neutralizar el efecto de cualquier cloro residual en la muestra y fijar la muestra)

Nota: un **laboratorio analítico** certificado suministra los envases correctos (con aditivos en caso necesario), para cada tipo de análisis.

Sampling method: labelling samples

Prepare a codification which fits to the sampling strategy and use it to prepare bottles, plastic bags etc.



Bottle carrier = cooler box

25

Método de muestreo: etiquetado de muestras

Elaborar una codificación que se ajuste a la estrategia de muestreo y utilizarla para preparar botellas, bolsas de plástico, etc.

Portabotellas = nevera

Sampling methods: river water



26

Métodos de muestreo: agua de río

On site data recording: water parameters



27

Registro de datos in situ: parámetros del agua

Usando una sonda

Health & Safety and Security



28

Salud y seguridad, y protección

Video: Phase 2 sampling



<https://www.bing.com/videos/search?q=PHASE+2+contaminated+site+assessment&view=detail&mid=E0E0D5774E9E1DE41D53E0E0D5774E9E1DE41D53&FORM=VRDGAR>

29

Video: Muestreo de la fase 2

<https://www.bing.com/videos/search?q=PHASE+2+contaminated+site+assessment&view=detail&mid=E0E0D5774E9E1DE41D53E0E0D5774E9E1DE41D53&FORM=VRDGAR>

Standardized Sampling Form Top part of form

United Nations Environment Programme
UNEP
Global Environment Monitoring System (GEMS)

Sampling form for soil and water

SAMPLE CODE / BAR CODE
stick label here

SITE SPECIFIC INFORMATION

Date/Time: _____ Field location: _____ Photographs #s: _____
 GPS coordinates: _____ Elevation: _____
 Topography: flat concave convex undulating
 Dominant vegetation group: _____
 Weather: sunny cloudy rainy other: _____ temperature: _____ °C

SITE HISTORY AND COMMENTS

SAMPLE DESCRIPTION - SOIL

Soil sampling: surface 0-2 cm surface 0-5 cm surface 0-10 cm other
 core 0-5 cm core 5-10 cm core 10-20 cm other
 Sampling equipment: shovel dillier soil auger core
 Sampling area: _____ Soil texture: _____
 Sampling description: _____
 Total mass sampled: _____ g Sieving: No Yes: 2 mm 3 mm other: _____ mm
 Soil sample mass after sieving: _____ g Mass of sample packed for lab: _____ g
 Sampling photographs taken: Yes #s: _____

SAMPLE DESCRIPTION - WATER

Source: tap water Surface: river lake spring sea
 well pond puddle other
 Usage: potable industrial recreation other
 Water sampling method from/by: tap pump bailer other
 Pump intake or bailer set at _____ m below water level
 Filter date: _____
 pH: _____ (Standard Units) Filtration: No Yes: 0.1 µm 0.2 µm
 Temperature: _____ °C 0.45 µm other: _____ µm
 Conductivity: _____ (µmhos/cm) Filter type: membrane paper glass fibre
 Salinity: _____ other: _____
 Total dissolved oxygen: _____ (mg O₂/L)

Water sample appearance: _____ Order of water: _____
 Water Preservation: No Yes, acidified with _____ ml of conc. HNO₃, other: _____ #
 Total mass sampled: _____ g Mass of sample packed for lab: _____ g
 Sampling bottle: plastic glass other: _____ #
 Sampling photographs taken: Yes #s: _____

Can also be used as sample accompanying document, improving QA

30

Formulario de muestreo estandarizado

Parte superior del formulario

También se puede utilizar como ejemplo de documento de acompañamiento, mejorando el control de calidad

Standardized Sampling Form Bottom part of form

SAMPLE DESCRIPTION - WATER

Source: tap water Surface: river lake spring sea
 well pond puddle other
 Usage: potable industrial recreation other
 Water sampling method from/by: tap pump bailer other
 Pump intake or bailer set at _____ m below water level
 Filter date: _____
 pH: _____ (Standard Units) Filtration: No Yes: 0.1 µm 0.2 µm
 Temperature: _____ °C 0.45 µm other: _____ µm
 Conductivity: _____ (µmhos/cm) Filter type: membrane paper glass fibre
 Salinity: _____ other: _____
 Total dissolved oxygen: _____ (mg O₂/L)

Water sample appearance: _____ Order of water: _____
 Water Preservation: No Yes, acidified with _____ ml of conc. HNO₃, other: _____ #
 Total mass sampled: _____ g Mass of sample packed for lab: _____ g
 Sampling bottle: plastic glass other: _____ #
 Sampling photographs taken: Yes #s: _____

RADIOACTIVITY PARAMETERS

Expected radioactivity level of sample: high medium low
 Radonmeter: _____ Dose rate measured in sampling area: _____ Sv/h
 Surface activity of sample: _____ Sv/h or cps

PACKING AND PRESERVATION

PROBLEMS / COMMENTS

SAMPLING TEAM

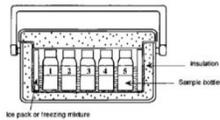
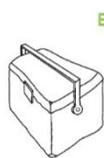
Name: _____
 Signature: _____

31

Formulario de muestreo estandarizado

Parte inferior del formulario

Transporting Samples



- Samples need to be:**
- Kept cool 1-8 °C
 - Dark space
 - Safe
 - Protected
 - Biological samples kept frozen
 - ...
 - ...

32

Transporte de muestras

¡Mala práctica!

¡Mejor práctica!

Paquete de hielo o mezcla para congelar
 Aislamiento
 Botellas de muestra

Las muestras deben mantenerse:

- Frescas entre 1 y 8 °C
- En espacios oscuros
- Seguras
- Protegidas
- Las muestras biológicas se deben mantener congeladas

Chain of custody documentation

Essential element in the QA process

33

Documentación de cadena de custodia

Elemento esencial en el proceso de aseguramiento de calidad

QA

QUALITY ASSURANCE

- Follow the Sampling Plan
- Follow the designated walking route, to minimize cross-contamination
- ALWAYS take reference samples = "control" samples, with presumably no contamination (also called "upstream" samples)
- Include some duplicates, selected randomly, for QA against the laboratory analysis and sampling handling, to cover 3% of the total amount of samples
- Divide the storage space in the vehicle into "clean" and "dirty" zones
- Complete the Chain of Custody documentation
- Have the samples analysed (where possible) in the order of increasing expected concentrations
- Maintain ALL DOCUMENTATION: sampling forms, photos, GPS data, etc

34

QA

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

- Siga el plan de muestreo
- Siga la ruta para caminar designada para minimizar la contaminación cruzada
- SIEMPRE tome muestras de referencia = muestras de "control", presumiblemente sin contaminación (también llamadas muestras "aguas arriba")
- Incluya algunos duplicados, seleccionados al azar, para el control de calidad en comparación con el análisis de laboratorio y la manipulación de muestras, para cubrir el 3% de la cantidad total de muestras.
- Divida el espacio de almacenamiento en el vehículo en zonas "limpias" y "sucias"
- Diligencie la documentación de la cadena de custodia
- Haga analizar las muestras (cuando sea posible) en el orden de concentraciones crecientes esperadas
- Mantenga actualizada TODA LA DOCUMENTACIÓN: formularios de muestreo, fotos, datos de GPS, etc.

At the Analytical Laboratory

Remember the objective of sampling:

"To deliver samples to the laboratory that are representative of the original material"

What happens next?

1. Samples arrive
2. Samples are registered
3. Samples are analysed
4. Results are compiled
5. Results are checked



35

En el laboratorio analítico

Recuerde el objetivo del muestreo:

"Entregar al laboratorio muestras que sean representativas respecto al material original"

1. ¿Qué pasa después?
2. Llegan las muestras
3. Se registran las muestras
4. Se analizan las muestras
5. Se compilan los resultados
6. Se verifican los resultados

At the Analytical Laboratory

Then what happens?

6. Results & Certificates sent to client
7. Client pays for the analyses
8. JOB DONE!

36

En el laboratorio analítico

¿Qué pasa después?

6. Resultados y certificados enviados al cliente
7. El cliente paga los análisis
8. ¡TRABAJO TERMINADO!

Key messages

The Conceptual Site Model provides the first indication of where samples should be taken, with the arrangement of sampling based on a number of criteria.

Sampling should be stratified; each stratum (or sub-area) should carry only one sampling unit; it should be systematic; and sampling points should not be aligned. Systematic random is a typical sampling pattern.

Preparing the site, using the correct sampling tools and storage containers for each sample and type of analysis are vital for efficient and high quality surveys.

Quality Assurance (QA) is vital at all stages from sampling in the field, in transport and storage and sample analysis in the laboratory.

37

Mensajes clave

- El modelo conceptual del sitio proporciona la primera indicación de dónde se deben tomar las muestras, con la disposición del muestreo basada en una serie de criterios.
- El muestreo debe estratificarse; cada estrato (o subárea) debe contener una sola unidad de muestreo; debe ser sistemático; y los puntos de muestreo no deberían estar alineados. El método aleatorio sistemático es un patrón de muestreo típico.
- La preparación del sitio, el uso de las herramientas de muestreo y los contenedores de almacenamiento correctos para cada muestra y tipo de análisis son vitales para realizar levantamientos eficientes y de alta calidad.
- El aseguramiento de calidad (QA) es vital en todas las etapas, desde el muestreo en el campo, el transporte y el almacenamiento y el análisis de muestras en el laboratorio.