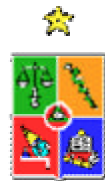


CI61Q

**CI61Q/CI71M
PRINCIPIOS DE REMEDIACION Y
RESTAURACION**

**CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DE UN SITIO
CONTAMINADO**

SEMESTRE PRIMAVERA 2010



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL



El objetivo de una investigación hidrogeológica de un sitio es caracterizar los problemas de contaminación del suelo y agua subterránea, para facilitar el diseño de una acción correctiva que sea costo-efectiva.

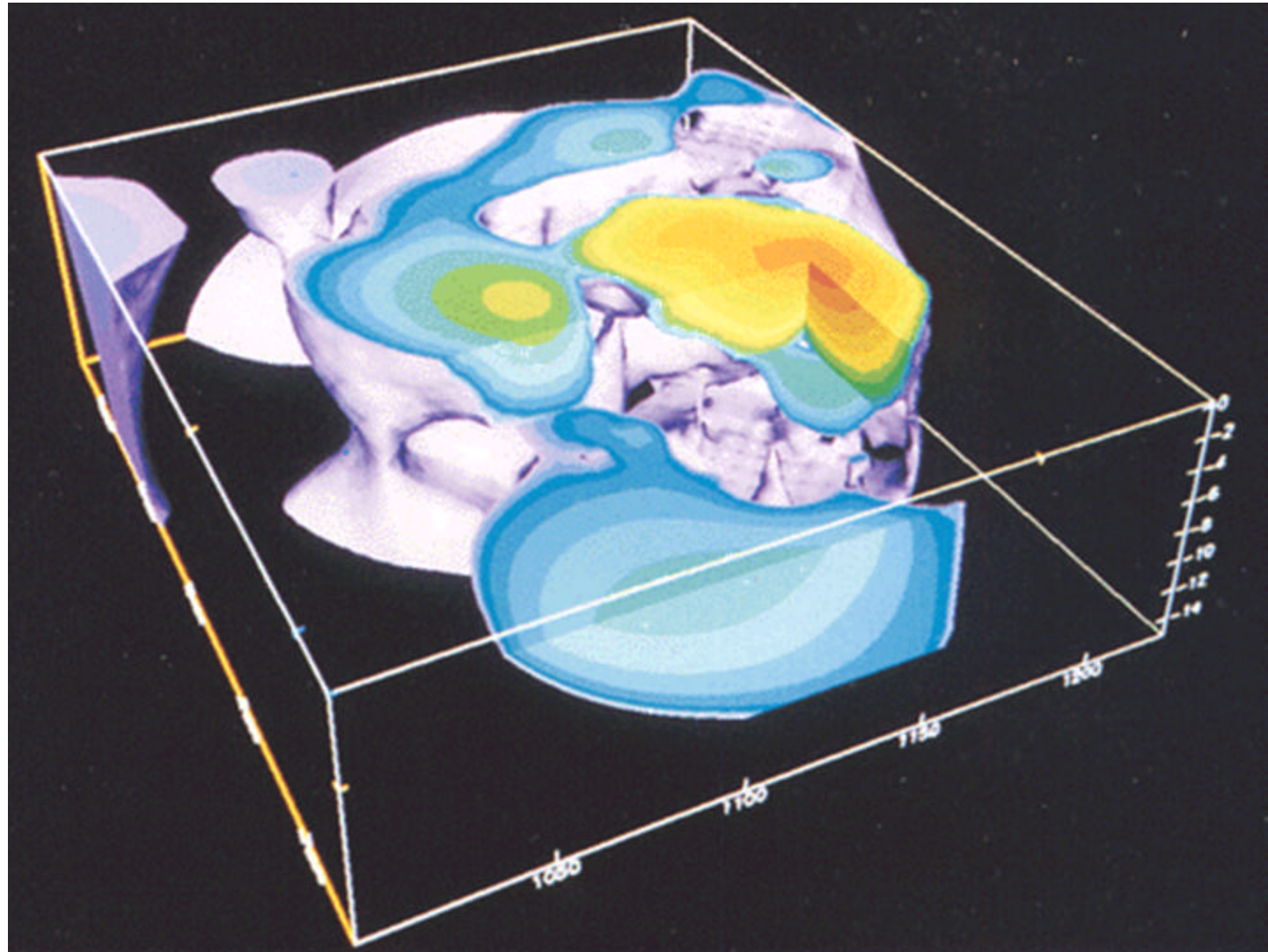
Medición de parámetros físicos que controlan el transporte de contaminantes en subsuperficie, en un sitio determinado.

Datos de origen **Geológico**, **Hidrológico** y **Químico** deben ser recolectados e integrados para definir la naturaleza y extensión de la contaminación del suelo y agua subterránea, así como el potencial de migración de contaminantes hacia el sistema acuífero.



CI61Q

SITIO CONTAMINADO



<http://www.simultec.ch/>

INTRODUCCION



CI61Q

Procesos hidrogeológicos son complejos: heterogeneidad de las formaciones acuíferas, efectos transientes de la recarga y descarga, presencia de contaminantes irregularmente distribuidos y que reaccionan con las formaciones acuíferas y con el agua subterránea.

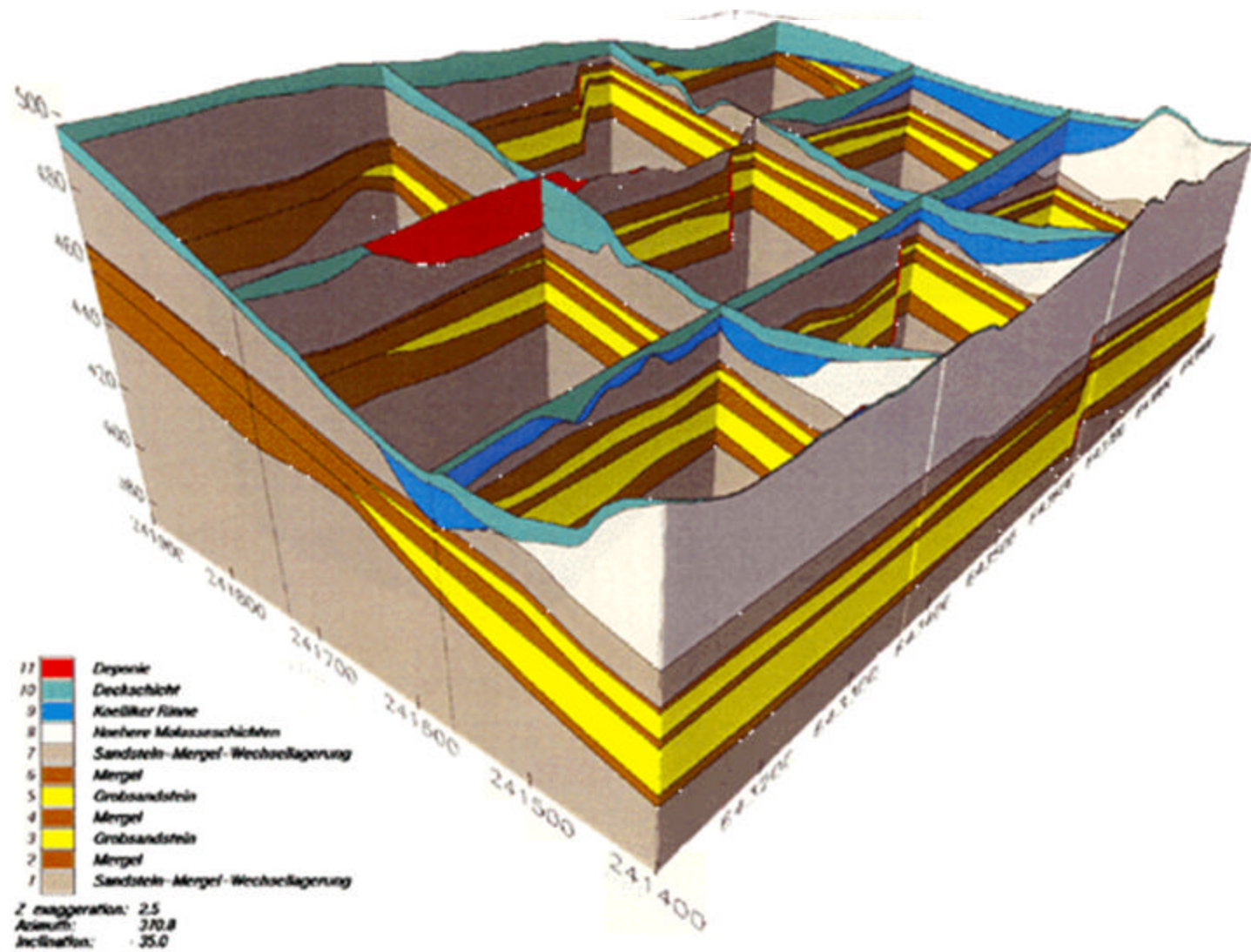
Una detallada caracterización del transporte de contaminantes y la distribución de éstos no es posible.

Lograr una caracterización adecuada para diseñar medidas efectivas para controlar o revertir problemas de contaminación que afectan a suelos o agua subterránea.



CI61Q

SITIO CONTAMINADO



OBJETIVOS DE UNA INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA

Caracterizar de manera completa un sitio contaminado, procediendo de forma ordenada para recolectar la información necesaria y realizar los análisis técnicos correspondientes

Estudio hidrogeológico puede ser desarrollado por etapas.

Desarrollar plan de trabajo especificando:

- objetivos
- proposición de puntos de muestreo
- procedimientos de terreno
- análisis de laboratorio
- bases para modificación del plan original



Una investigación hidrogeológica de un sitio permite construir un modelo conceptual del sitio contaminado, lo que requiere las siguientes componentes:

- Geología:** marco físico en el cual se desarrolla el movimiento de fluidos y contaminantes.
- Hidrología:** cómo se produce el movimiento de los fluidos en la formación acuífera.
- Química:** naturaleza de los constituyentes químicos que se encuentran presentes en el agua o el suelo, así como las interacciones físicas y químicas entre el agua y la formación acuífera.



CONSIDERACIONES GENERALES

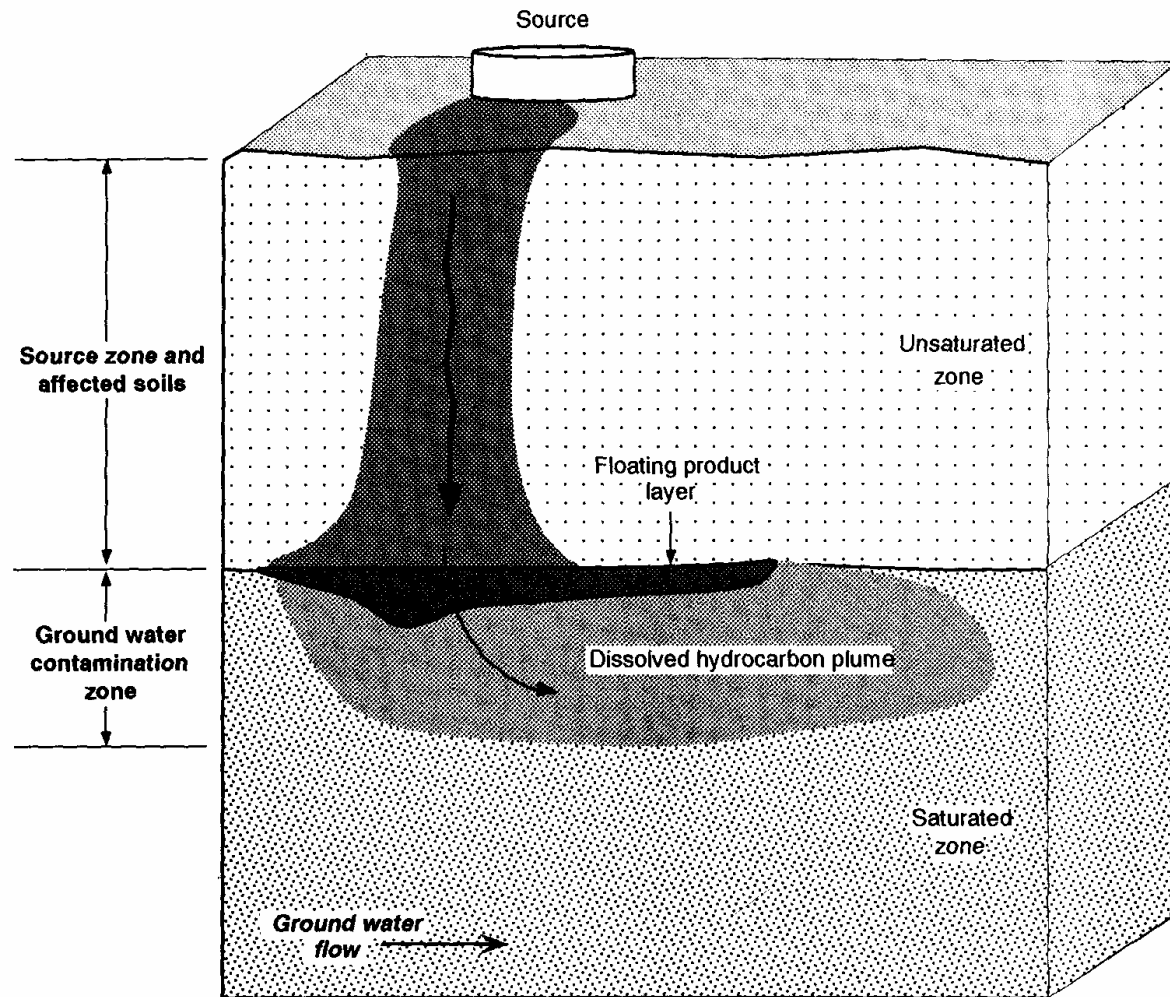
Una investigación hidrogeológica de un sitio representa un compromiso entre calidad de la información y recursos económicos disponibles.

Compatibilizar aspectos técnicos y regulatorios.

Como estrategia de análisis se debe considerar la presencia de dos zonas características de contaminación:

- Materiales contaminados y suelo en la zona no saturada que forman parte de la fuente de contaminación
- NAPLs y contaminantes disueltos presentes en la zona saturada del suelo.







Geo-Analysis System (Toxic Substance Tracing System)



CARACTERISTICAS ZONA NO SATURADA

Incidentes de contaminación con productos químicos ocurren a nivel de la superficie.

Gran cantidad de los líquidos o productos contaminantes son retenidos en la zona no saturada por efectos de filtración, adsorción, o retención capilar.

Materiales acumulados son una fuente de contaminación que puede perdurar por muchos años.

Protección del agua subterránea puede significar: remoción de suelo, cobertura de superficie, extracción de compuestos por aireación.



CARACTERISTICAS DE LA PLUMA CONTAMINANTE

Compuestos disueltos contenidos en fluidos contaminantes pueden alcanzar la napa subterránea provocándose la expansión longitudinal y lateral de éstos, dando origen a una pluma de contaminante que se moverá con gradientes locales.

NAPLs (**N**on **A**queous **P**hase **L**iquids) también pueden alcanzar la zona saturada quedando sobre ella (LNAPLs) o percolando hacia el fondo de la formación acuífera (DNAPLs).

En cualquier caso la contaminación del agua subterránea es un problema que afecta a un fluido: **remover suelo del acuífero** no es solución para este problema.



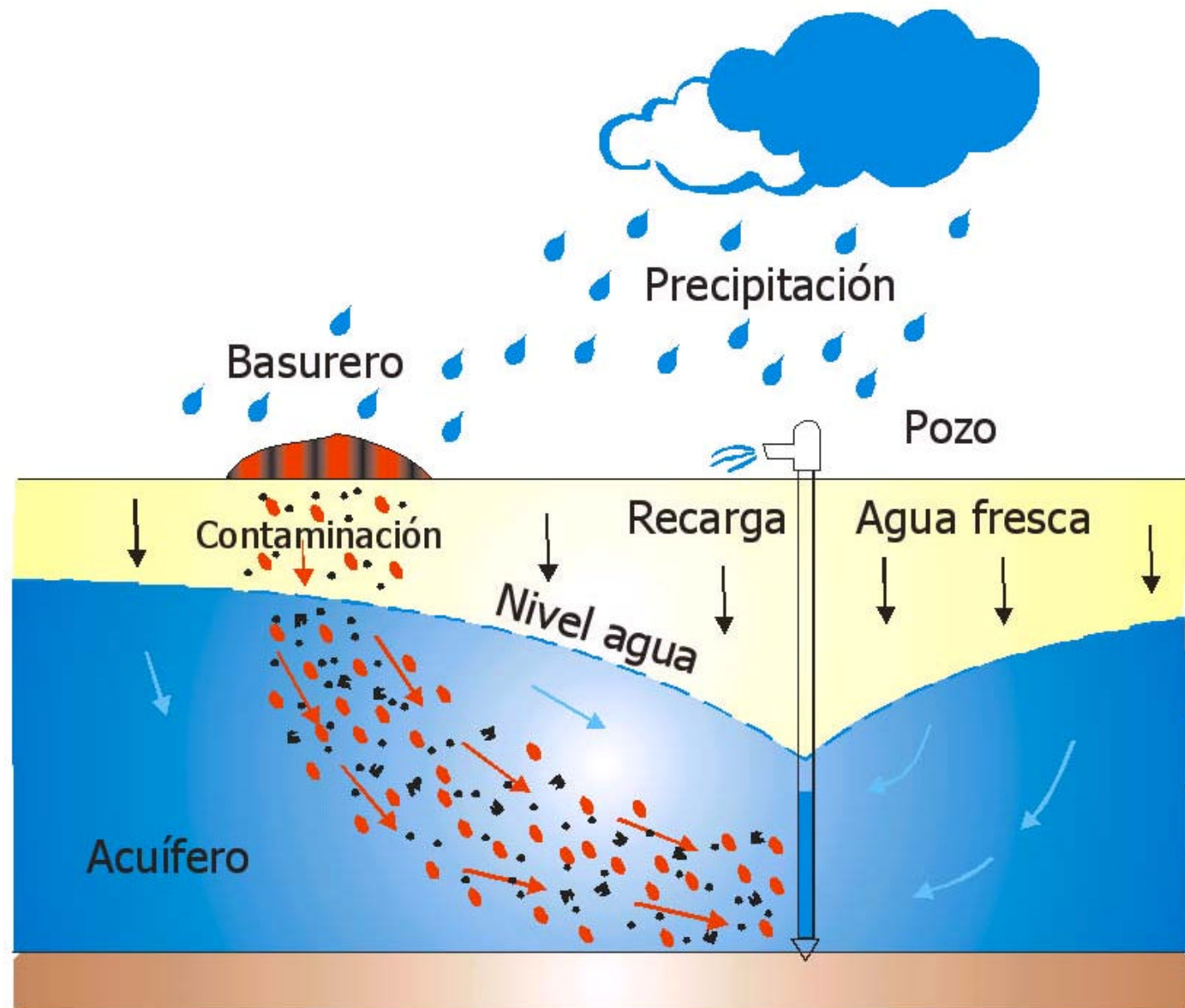
ENFOQUE EN DOS ETAPAS

En la práctica habitual una investigación o caracterización hidrogeológica de un sitio posee dos etapas claramente diferenciadas:

–**CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA:** delinear la fuente de contaminación ubicada en la zona no saturada, compuesta de elementos contaminantes y suelo

–**DELINEAR PLUMA DE CONTAMINANTE EN AGUA SUBTERRANEA:** investigar la presencia y expansión de los compuestos contaminantes dentro del sistema de aguas subterráneas.

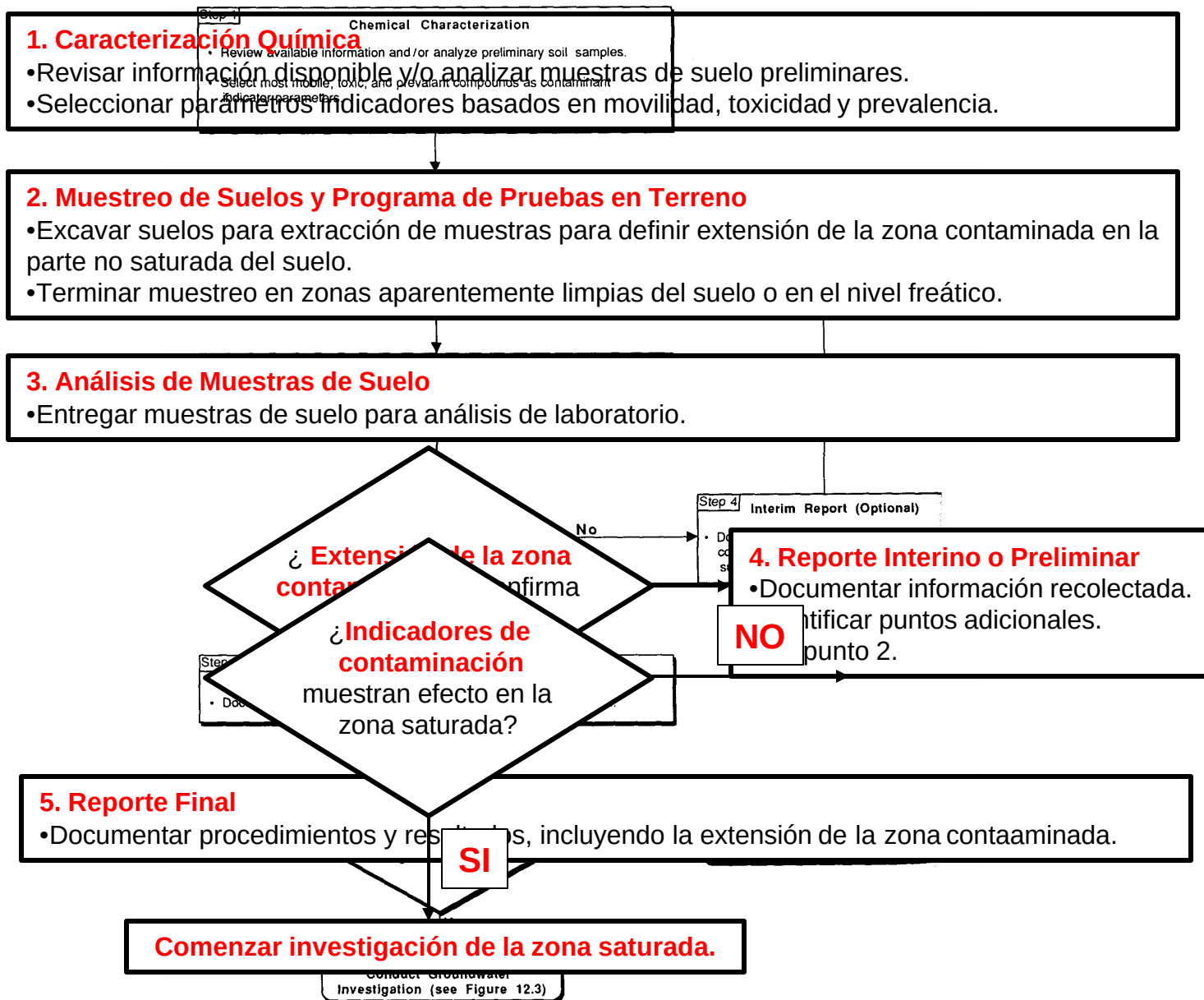




CI61Q

CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA





CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA

Número y ubicación de muestras

- Caracterización inicial con una a cuatro muestras.
- Patrón espacial de muestreo.
- Definir área limpia (concentración base o estándar).

Profundidad de muestreo

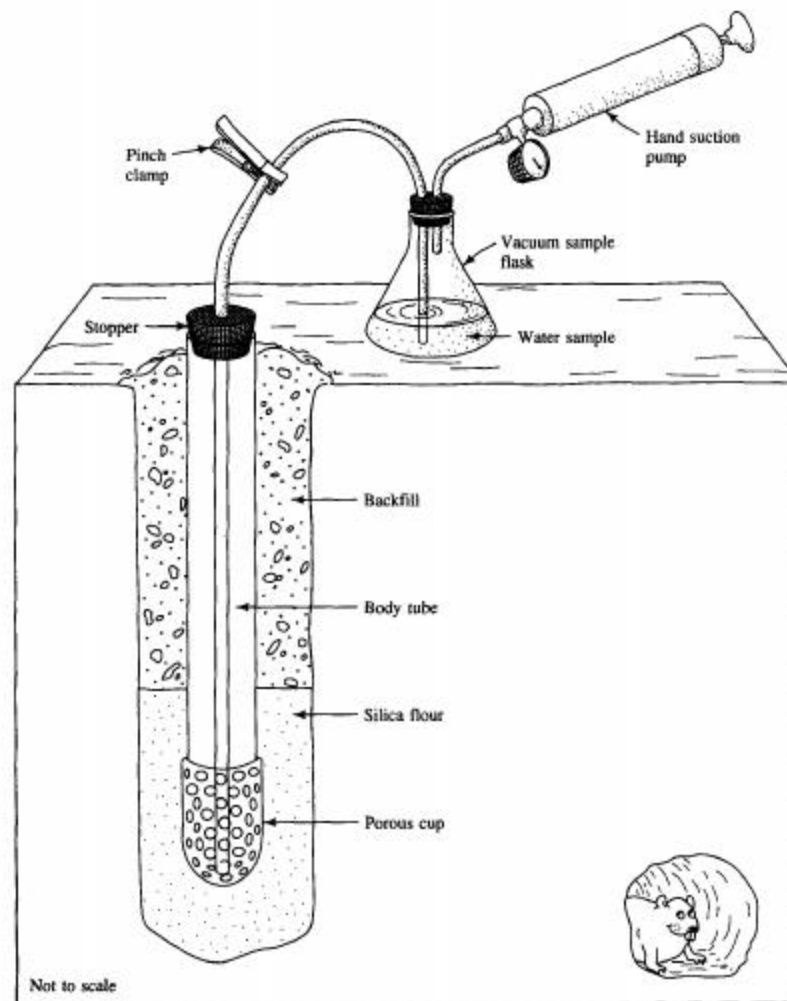
- Extraer hasta profundidad limpia o nivel freático
- Cuidado con estratos confinados

Métodos de muestreo y pruebas de terreno

- Muestreo inicial abarca muchos parámetros
- Focalizar en número más reducido



CARACTERIZACION ZONA NO SATURADA



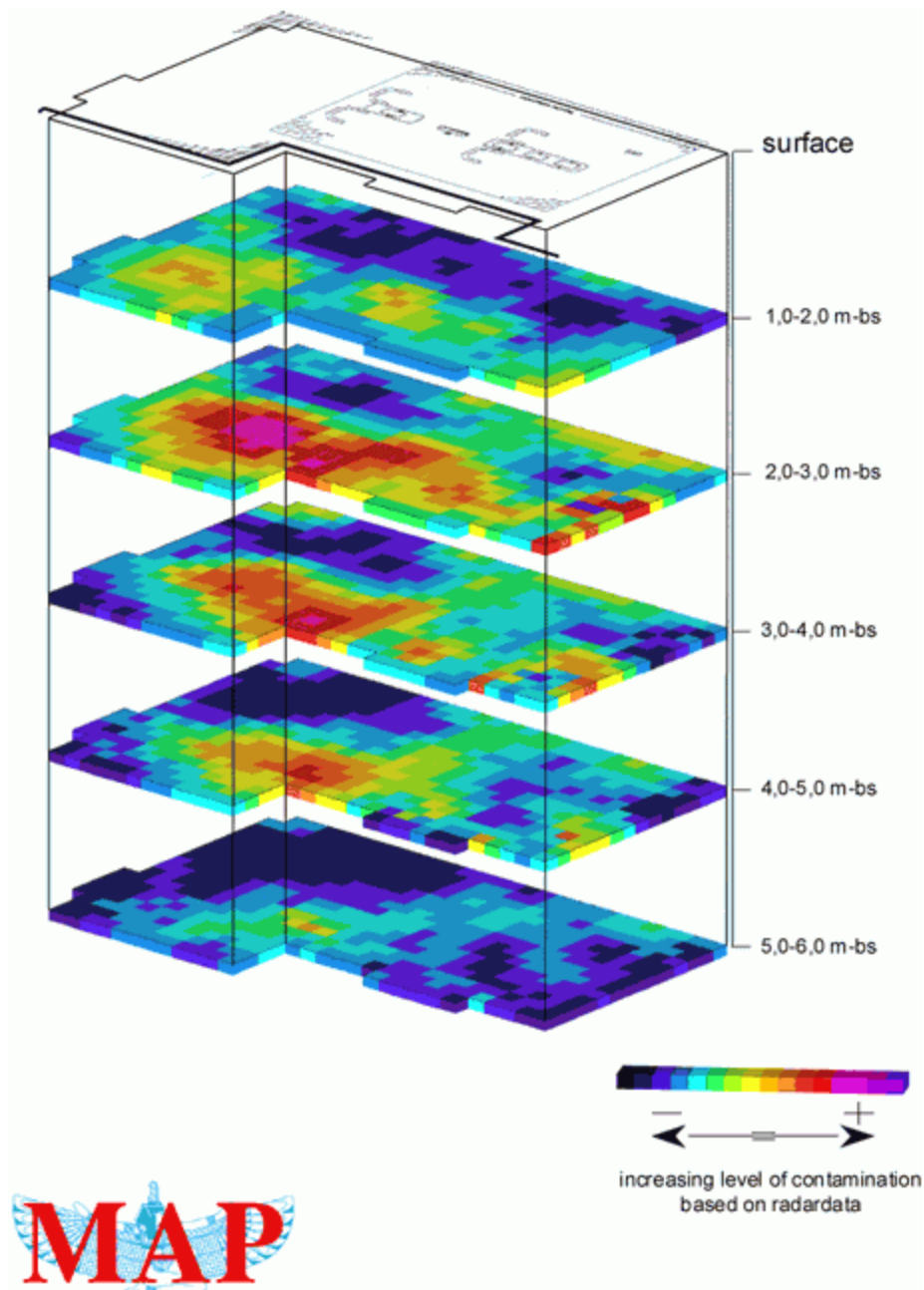
CI61Q



CI61Q



CI61Q



MAP

CI61Q

CARACTERIZACION ZONA SATURADA





1. Caracterización de la Fuente

- Determinar características químicas de la fuente y definir extensión de la zona contaminada.

2. Datos Estratigráficos de Fondo

- Definir estratigrafía superficial e identificar acuífero superior utilizando perforación en área

3. Programa de Monitoreo para Detección

- Instalar 1 a 3 puntos de monitoreo de aguas subterráneas en la vecindad de la fuente. Medir niveles estáticos para determinar gradiente hidráulico (3 puntos como mínimo).
- Comparar calidad del agua en los puntos de monitoreo con las aguas arriba y aguas abajo de la fuente.

¿Indicadores de contaminación son estadísticamente distintos?

NO

No Further Action Required.

4. Determinación de la Longitud de la Pluma

- Localizar puntos de monitoreo de aguas subterráneas para definir dimensión de la pluma.
- Repetir paso hasta que se pueda definir el límite de la pluma

5. Determinación del Ancho de la Pluma

- Localizar puntos de monitoreo para definir ancho de la pluma.

6. Determinación del Flujo de la Pluma

- Instalar puntos de monitoreo para definir flujo de la pluma.
- Estimar flujo vertical y horizontal en puntos específicos.
- Repetir paso hasta que se puedan definir líneas o sectores de la pluma.

¿Resultados experimentales definen líneas o sectores de la pluma?

7. Reporte Interino o Preliminar

- Documentar información recolectada.
- Identificar puntos adicionales.

Step 7 Interim Report (Optional)

- Documents collected to date. Identify supplemental sampling locations.

8. Reporte Final

- Documentar procedimientos y resultados, incluyendo las dimensiones de la pluma de contaminante.



Underground storage tank Soil contamination: extends to depth of underlying saturated zone	Step 1: Source Delineation • Locate potential sources. • Define lateral and vertical extent of soil contamination. • Characterize contaminant properties: solubility, density, etc. • Select indicator parameters.
MW-1 SWL: 91.2' Conc: < 5 ppb MW-2 SWL: 91.1' Conc: 200 ppb MW-3 SWL: 91.0' Conc: 250 ppb Background well Hydr. Cond. $K = 2500 \text{ ft/yr}$ Eff. Porosity $n = 0.25$ Gradient $i = 0.01 \text{ ft/ft}$	Step 2: Detection Monitoring • Drill adjacent to source zone to define stratigraphy and identify uppermost water-bearing unit. • If DNAPLs are indicated, use drilling precautions or outside-in strategy for detection monitoring. • Install at least 3 wells to define ground water flow direction. • Compare indicator compound concentrations in upgradient and downgradient wells. • Run slug tests to define aquifer hydraulic properties.
Seepage velocity $V_s = K i / n = 100 \text{ ft/yr}$ Tank Age: 10 yrs Est. plume length: 1000 ft MW-4 (100 ppb) MW-5 (20 ppb) MW-6 (< 5 ppb)	Step 3: Plume Length • Locate wells to define plume length. • Use gradient, porosity, and K to define seepage velocity (v_s). • Use v_s and estimated source age to estimate plume length. • Space downgradient wells accordingly. • Repeat as necessary to determine length.
MW-8 (< 5 ppb) MW-7 (50 ppb) MW-9 (80 ppb) MW-10 (< 5 ppb)	Step 4: Plume Width • Locate wells on transverse line to determine plume width. • Can estimate width using advection/dispersion equation. • Unusual plume shapes indicate possible presence of NAPLs.
Nested wells Nested wells	Step 5: Plume Thickness • Install nested wells to determine depth of contamination. • Estimate vertical gradient by comparing static water levels in deep and shallow nested wells. • Use drilling precautions if presence of DNAPL is indicated.

CARACTERIZACION ZONA SATURADA

Número y ubicación de muestras

- Caracterización inicial con un mínimo de tres pozos.
- Muestras aguas arriba y debajo de zona contaminada.

Profundidad de muestreo

- Extraer muestras de distintas profundidades
- Limitar extensión de la criba a 38 cm (15")
- Piezómetros anidados (Nested) en acuíferos profundos.
- Muestreo de NAPLs requiere cribas en la parte superior (LNAPLs) o inferior (DNAPLs) del sondaje.
- Evitar interconexión de acuíferos durante investigación del sitio.



CI61Q

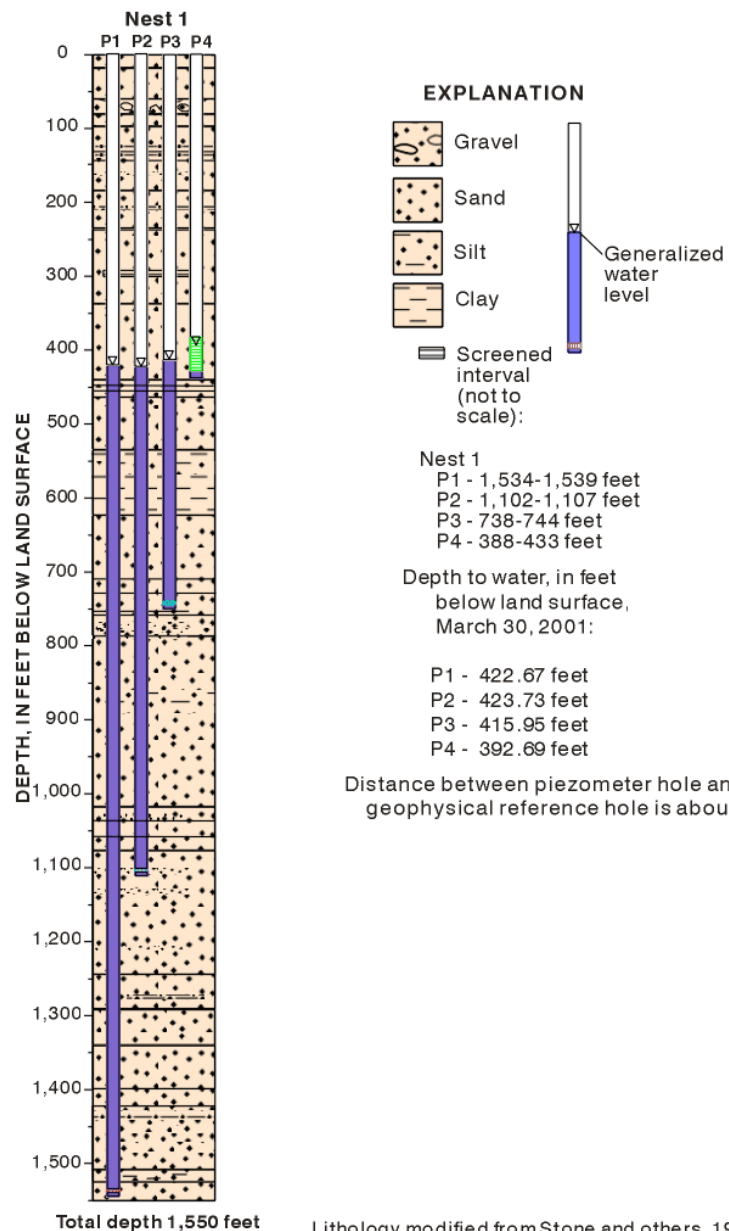


CI61Q



CI61Q

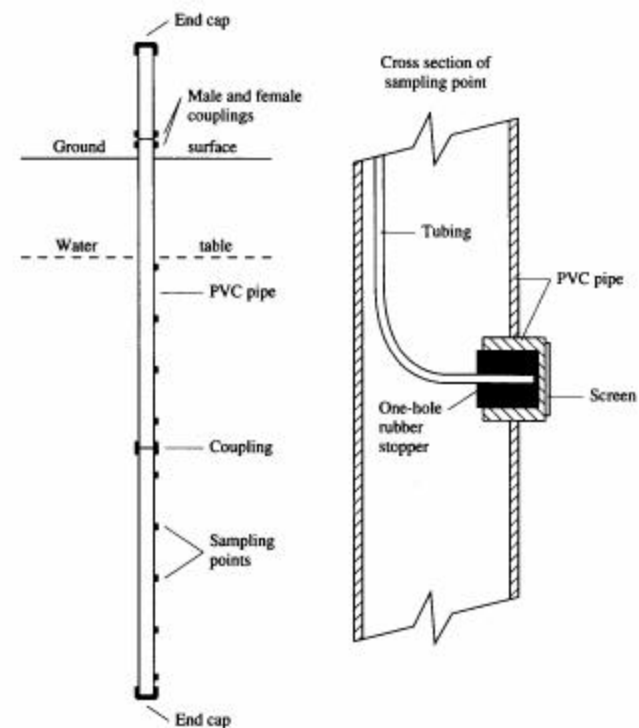
GENERALIZED LITHOLOGY, WELL CONSTRUCTION, AND WATER LEVELS AT THE 98TH STREET SITE



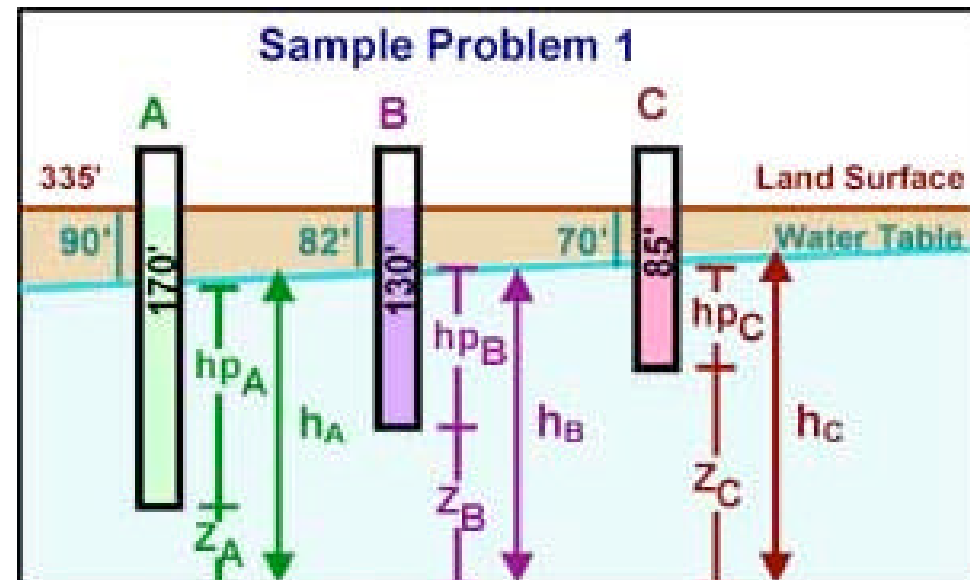
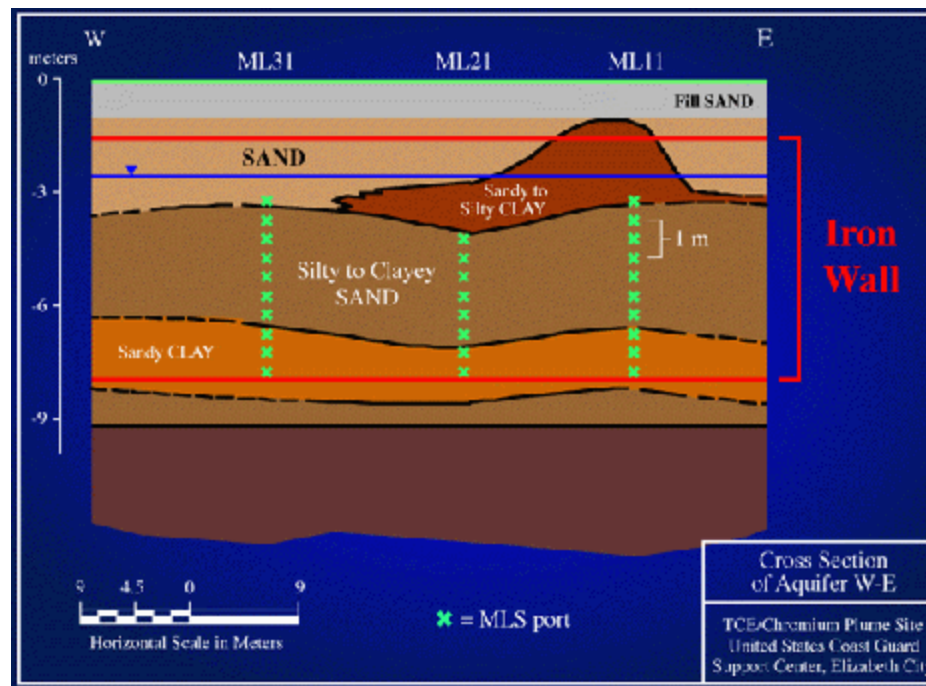
Lithology modified from Stone and others, 1998, U.S. Geological Survey Open-File Report 98-210



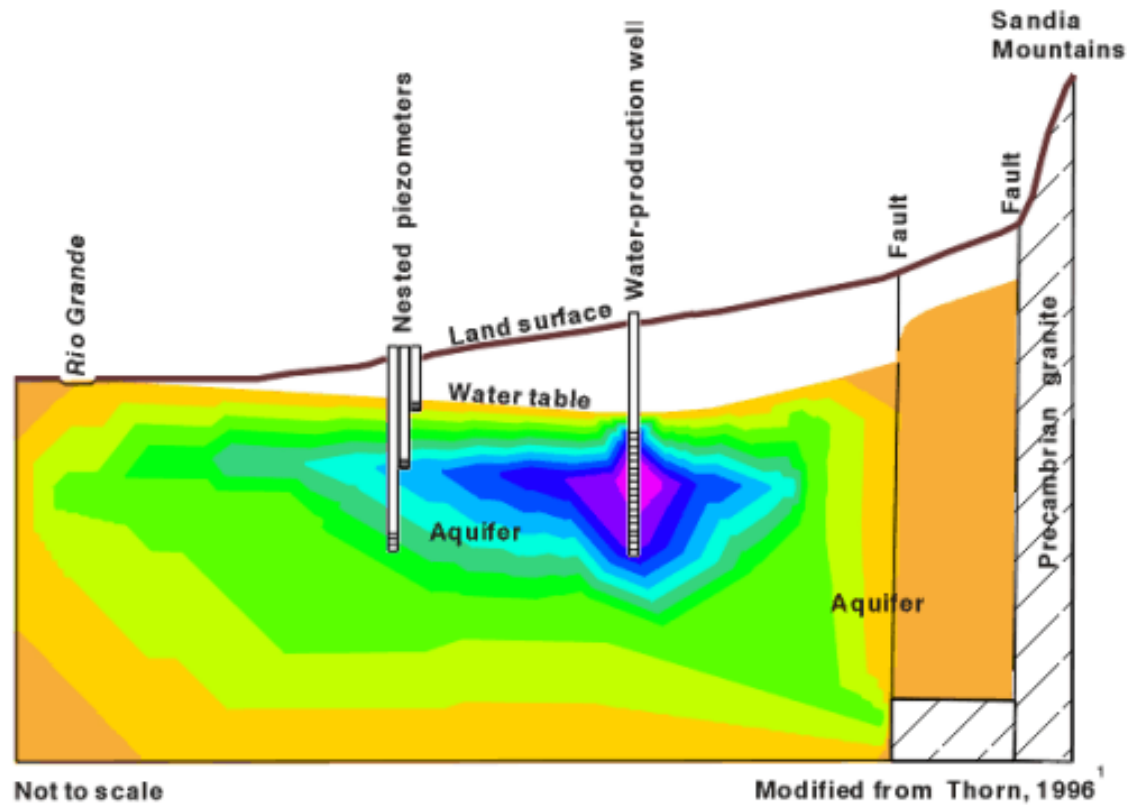
Field installation



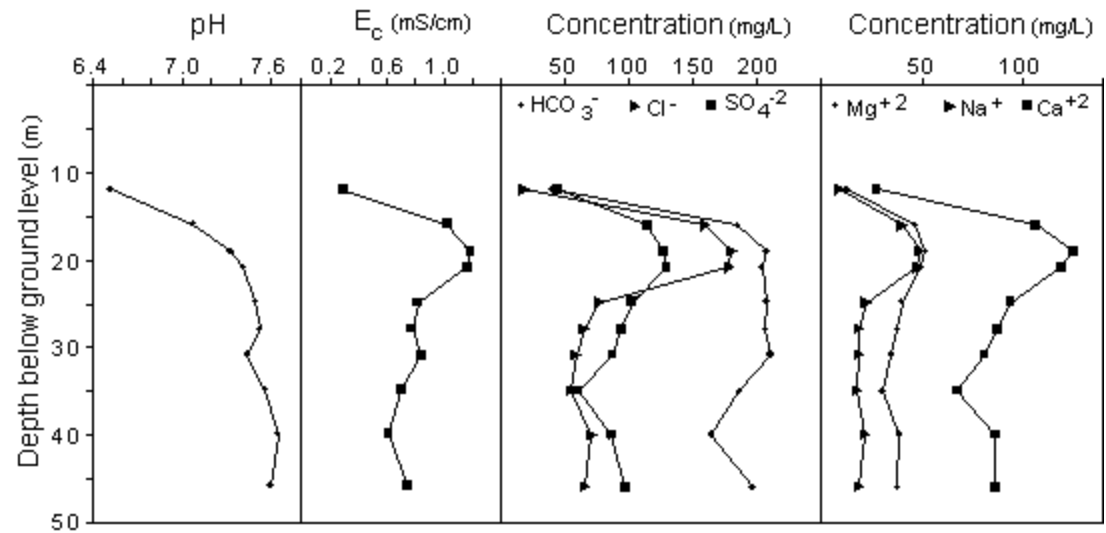
CI61Q



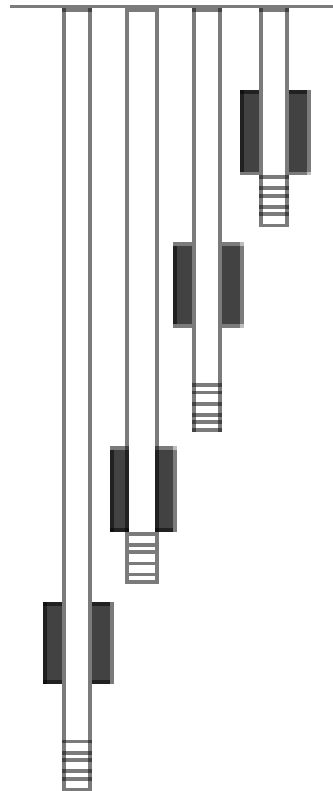
CI61Q



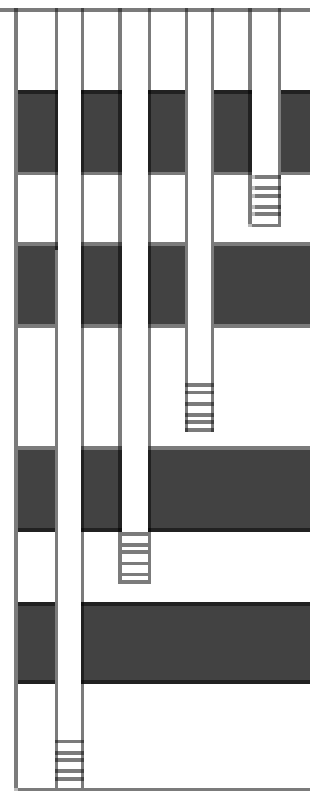
Modified from Thorn, 1996



Cluster Type



Nested Type



Multilevel System



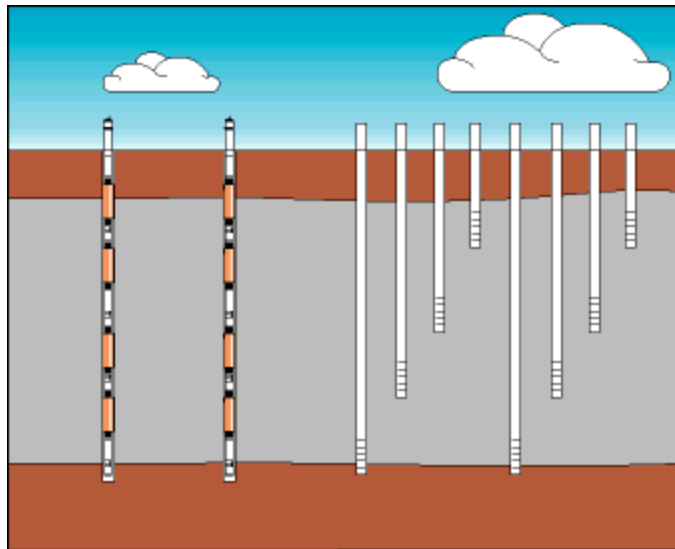


Figure 3. Comparison of single hole, nested type piezometer vs. multilevel system installation.

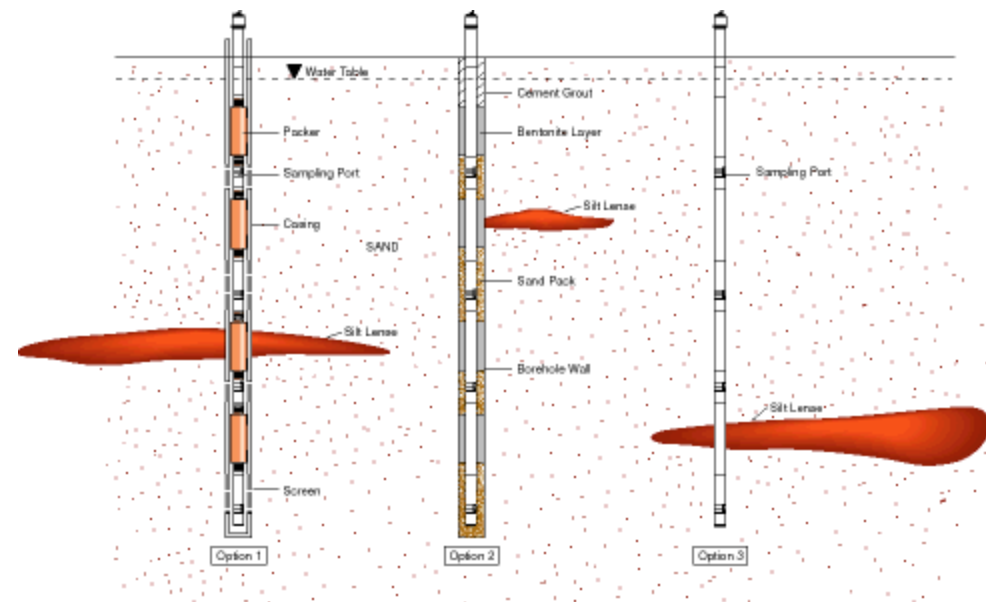
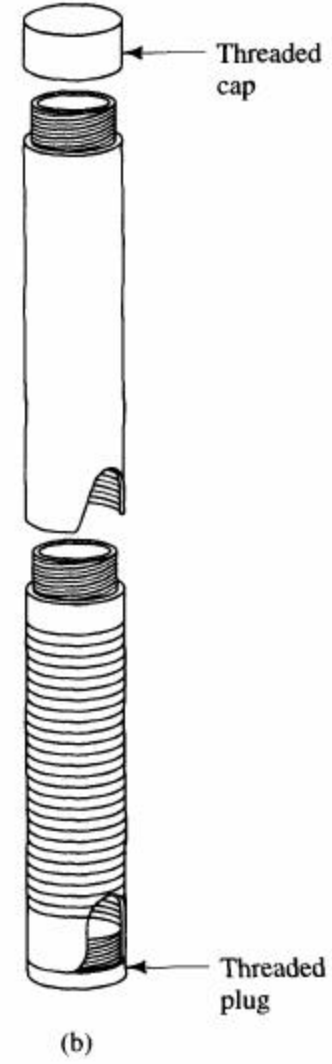
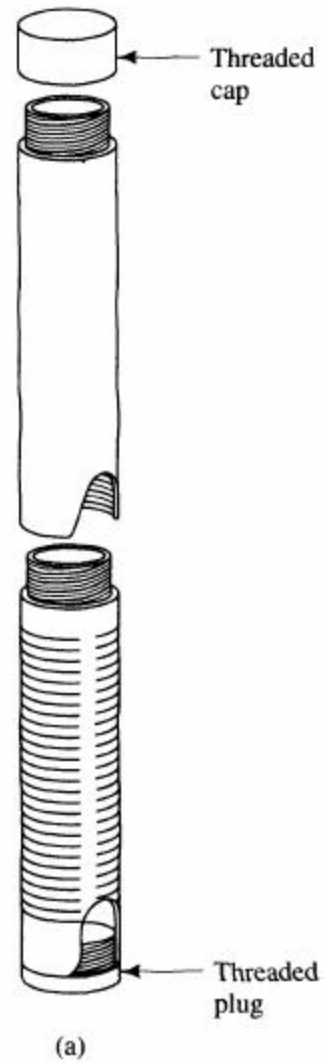
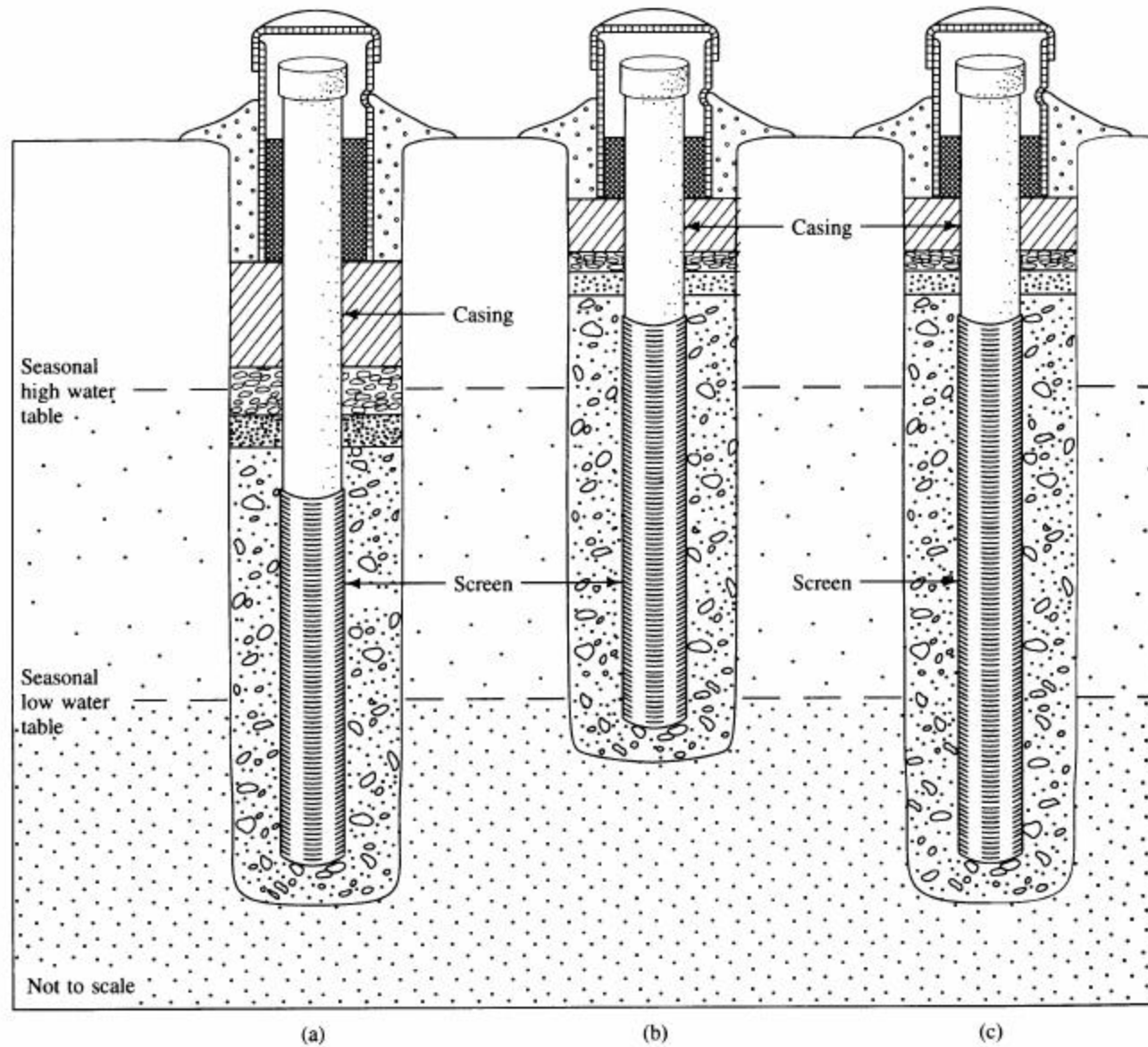


Figure 4. Options for multilevel systems installed in overburden.

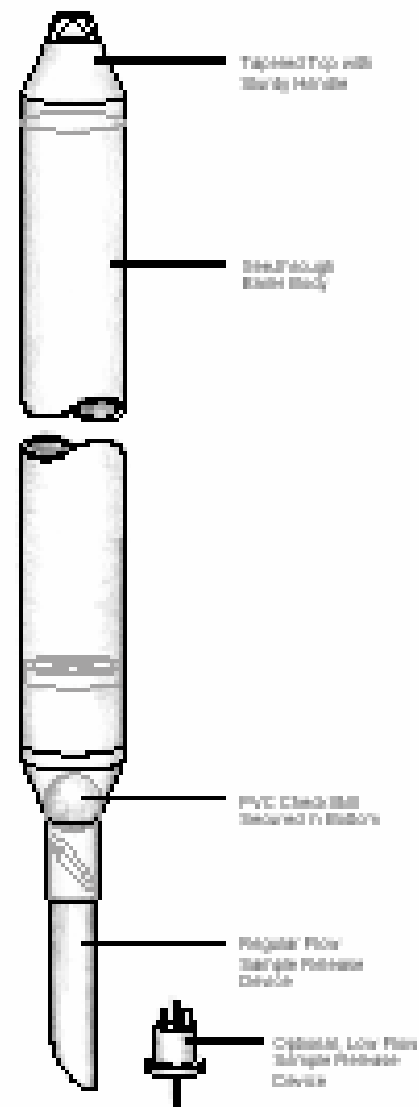
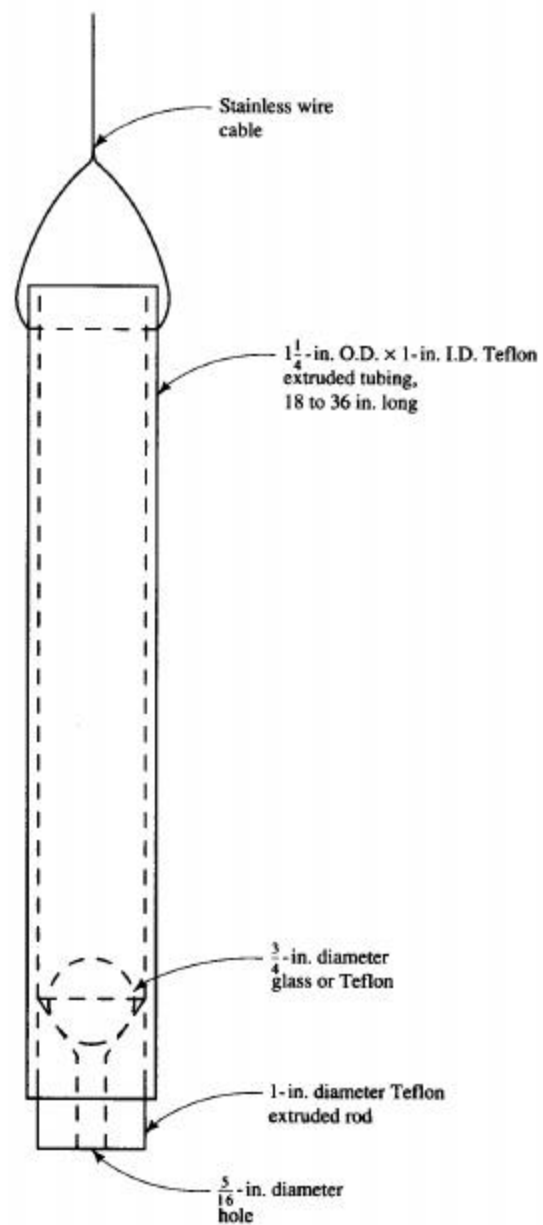


CI61Q





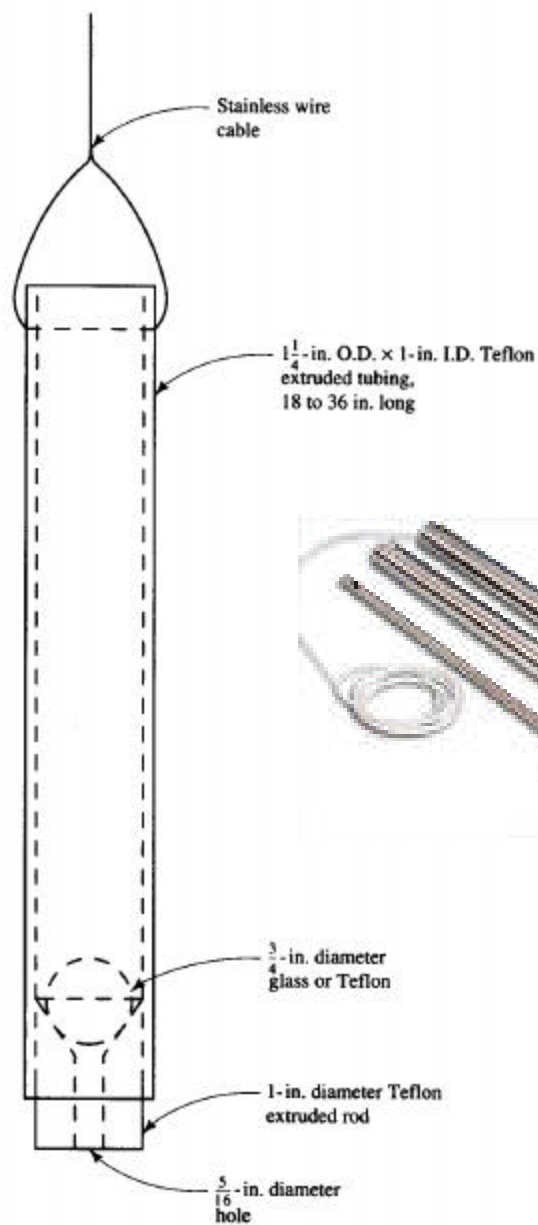
CI61Q



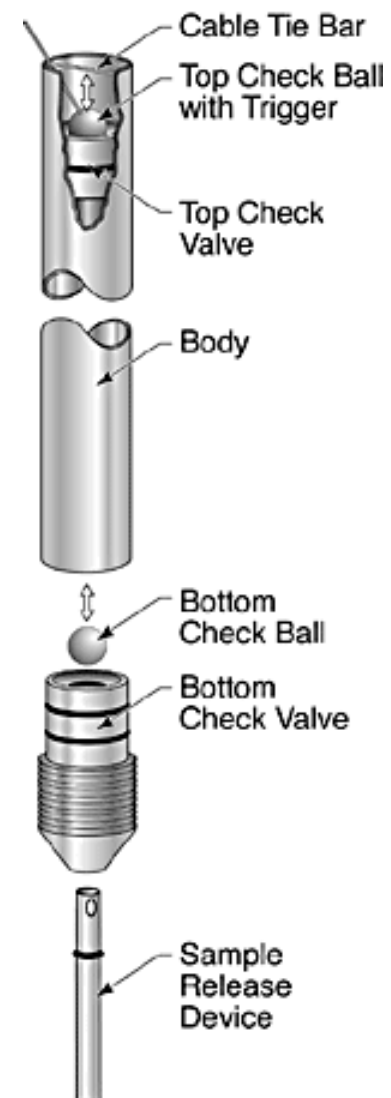
EXTRACCION DE MUESTRA



CI61Q



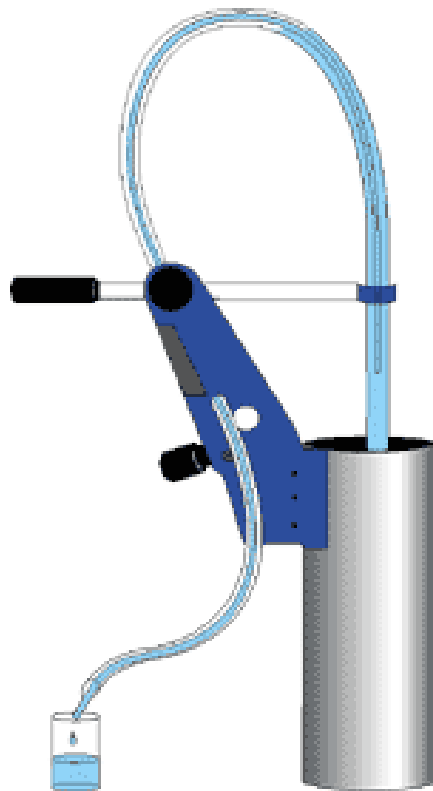
BAILER



EXTRACCION DE MUESTRA



CI61Q



BOMBAS



Need Bladder

EPA Recomm



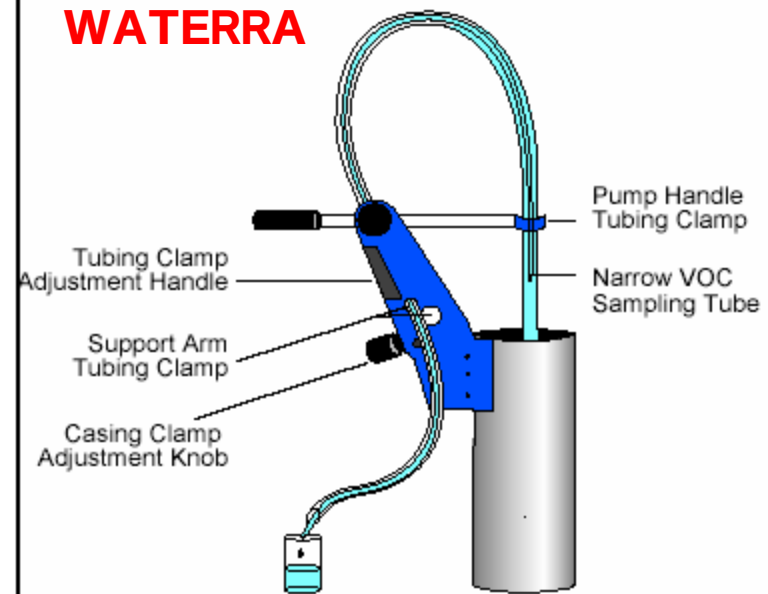
EXTRACCION DE MUESTRA



CI61Q



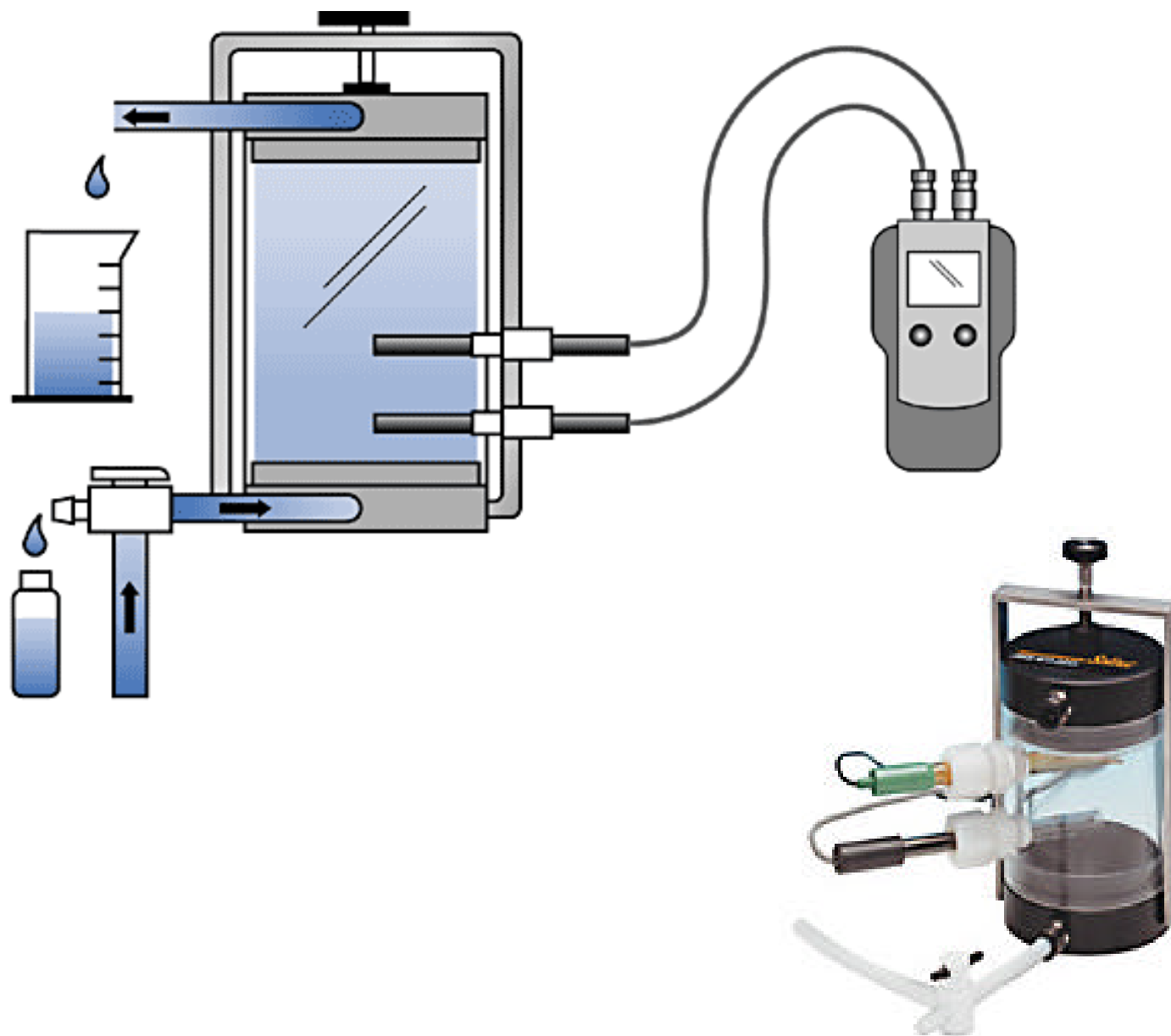
WATERRA



EXTRACCION DE MUESTRA



CI61Q



ANALISIS DE MUESTRA EN LINEA

