



**UNIVERSIDAD DE SONORA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



PROTOCOLO DE TOMA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

**ELABORO: M.C. JOSÉ ALFREDO OCHOA GRANILLO.
COLABORADOR: DR. JUAN JOSÉ PALAFOX REYES.**

PROTOCOLO DE TOMA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

PROTOCOLO PARA LA PLANEACIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO

El concepto de muestra de agua representativa

La “*correcta*” toma de muestras de agua subterránea

Medición de parámetros de campo

Trabajo de campo y laboratorio

PROTOCOLO DE TOMA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

1. EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA REPRESENTATIVA: Que representa en realidad la composición química del agua subterránea considerando el contexto hidrogeológico. Toma de muestras en condiciones estáticas y dinámicas.

2. LA CORRECTA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA: Procedimientos adecuados para la preservación de las muestras de acuerdo con los parámetros que se analizarán en laboratorio

3. MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO: Colecta de datos “*in situ*” requeridos para realizar diversos cálculos de modelación hidrogeoquímica

EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA

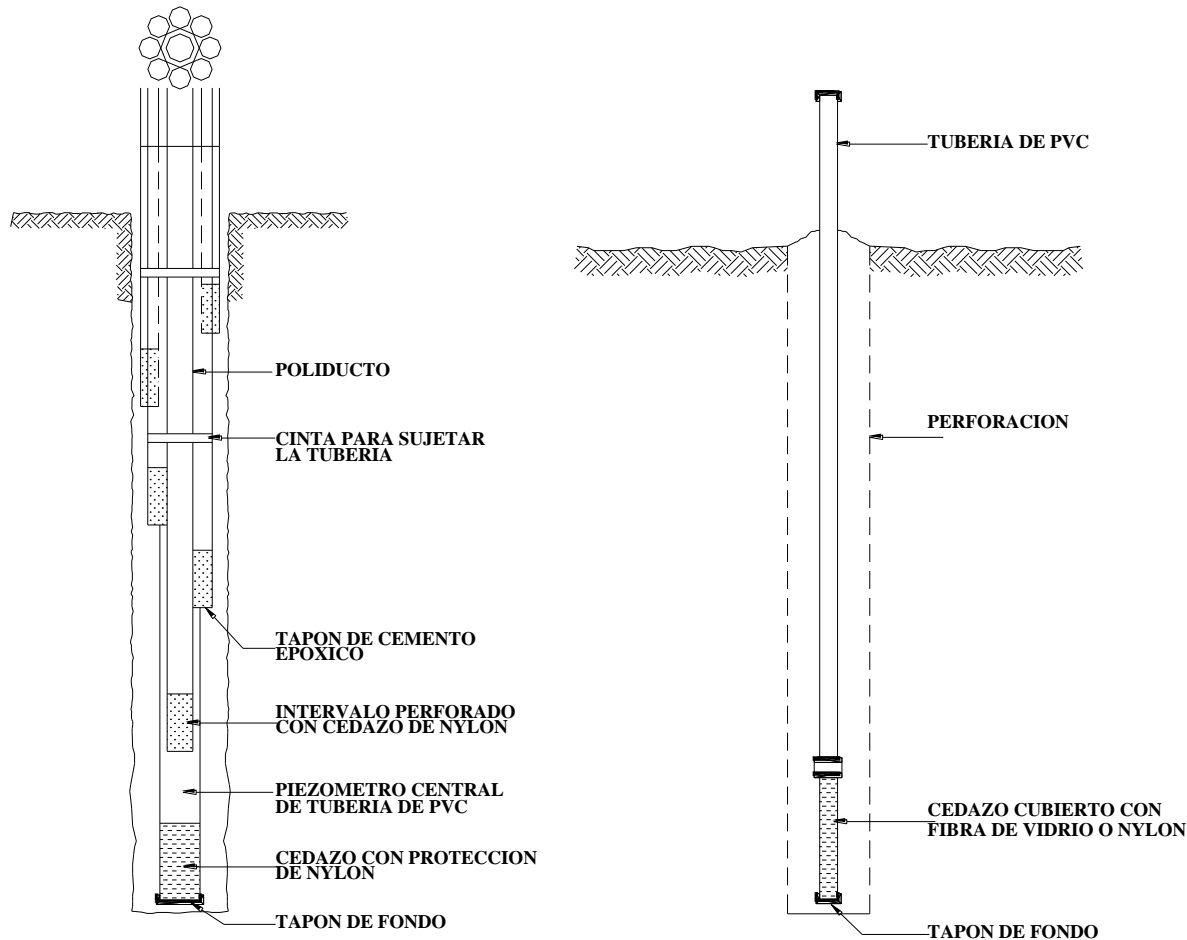
LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA PUEDEN COLECTARSE EN CONDICIONES ESTÁTICAS Y DINÁMICAS, QUE SE ENTIENDE POR ESTO?

DIFERENCIA ENTRE POZO Y PIEZÓMETRO

LA UTILIDAD PRINCIPAL DE LOS POZOS ES LA DE PRODUCIR AGUA SUBTERRÁNEA

CUAL ES LA UTILIDAD DE LOS PIEZÓMETROS?

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS TIPOS DE PIEZÓMETROS



a) GRUPO DE PIEZOMETROS

b) DETALLE DE PIEZOMETRO CENTRAL

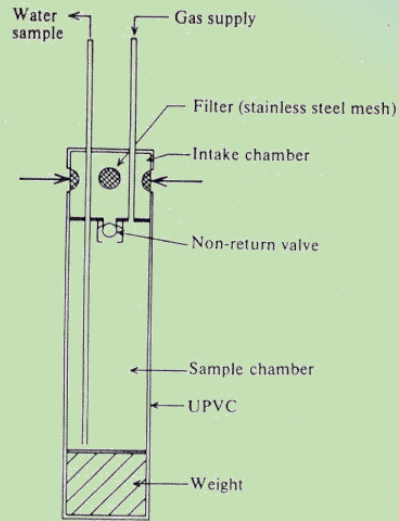
LA UTILIDAD PRINCIPAL DE LOS PIEZÓMETROS ES EL REGISTRO DE CARGAS HIDRÁULICAS Y TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA

LOS POZOS GENERALMENTE PERMITEN LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN CONDICIONES DINÁMICAS, EN CONTRASTE LOS PIEZÓMETROS REPRESENTAN AGUA EN CONDICIONES ESTÁTICAS (FLUJO NATURAL DE AGUA SUBTERRÁNEA)

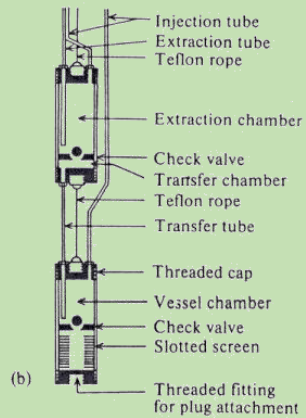
- COMO AFECTAN ESTAS DIFERENTES CONDICIONES LA COMPOSICIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA OBTENIDA YA SEA DE POZOS O DE PIEZÓMETROS?
- COMO SE TIENEN QUE INTERPRETAR LOS RESULTADOS?

PROTOCOLO DE TOMA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

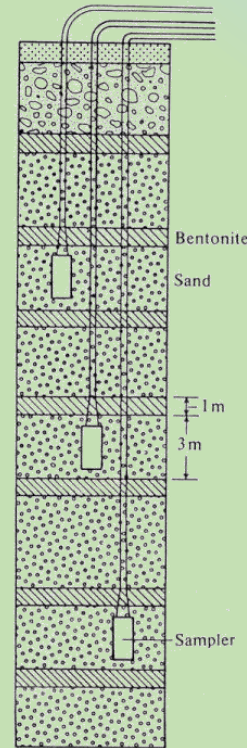


British Patent applied for No. 7214/75

(a)



(b)

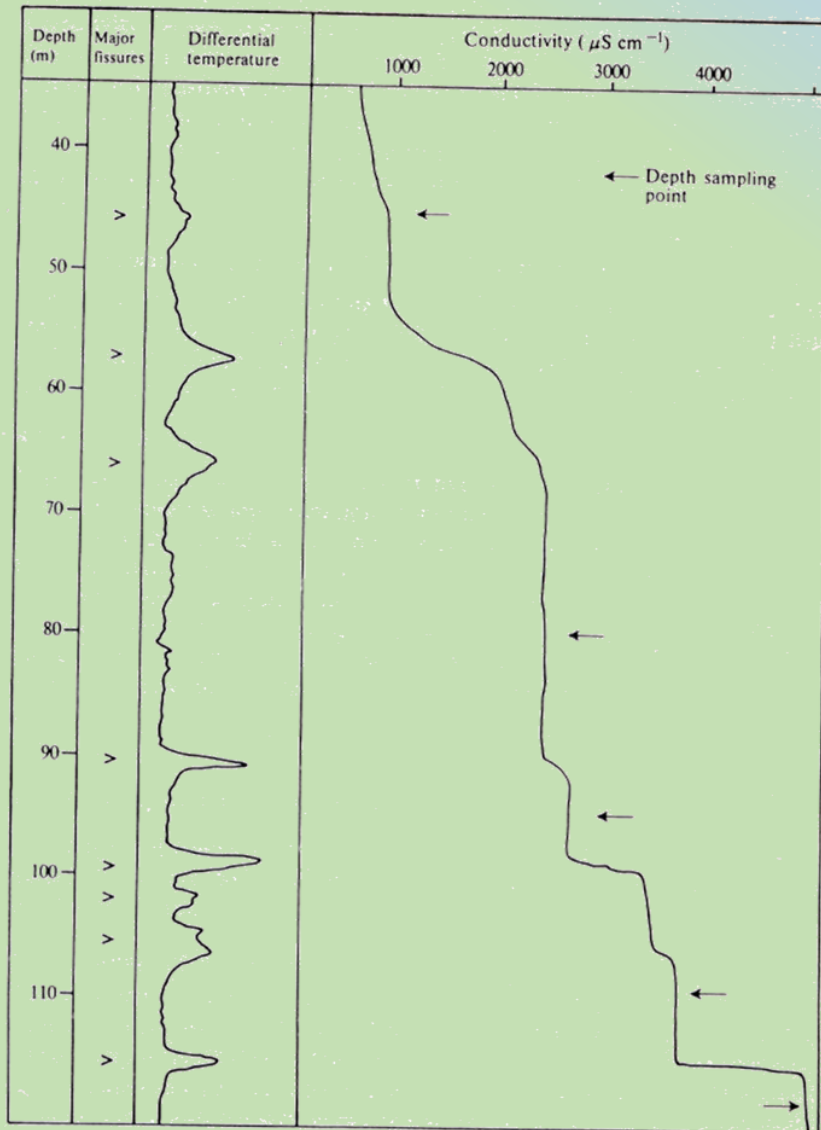


(c)

Ejemplos de dispositivos para la toma de muestras de agua subterránea en condiciones estáticas

Fig. 4.9. *In situ* samplers: (a) gas lift sampler (Barber, Maris, and Knox 1977.); (b) gas lift sampler and transfer vessel (Morrison and Brewer 1981); (c) sampler set separated by bentonite in well.

PROTOCOLO DE TOMA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

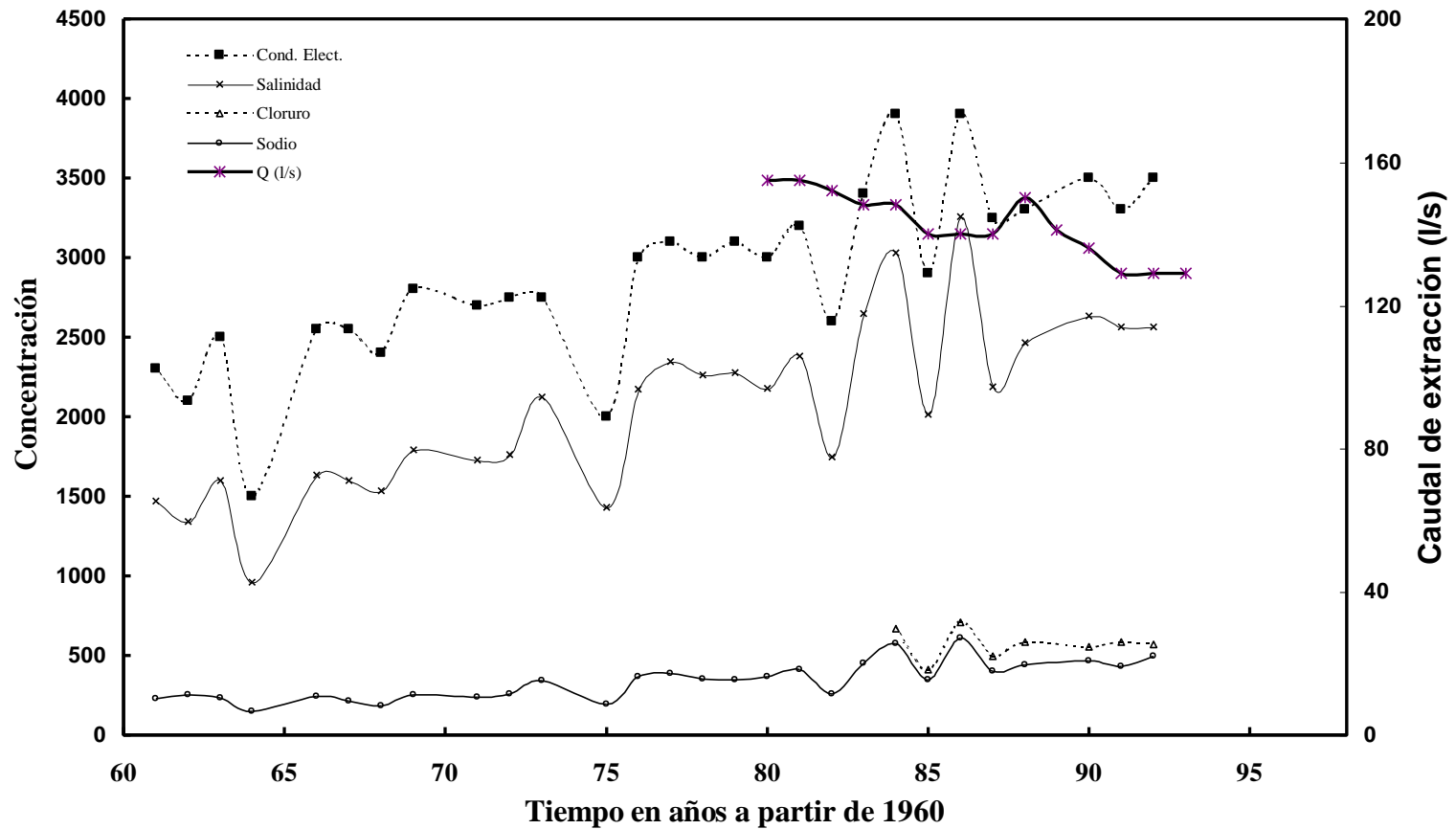


Variación vertical natural de la calidad del agua subterránea en un acuífero en medio fracturado

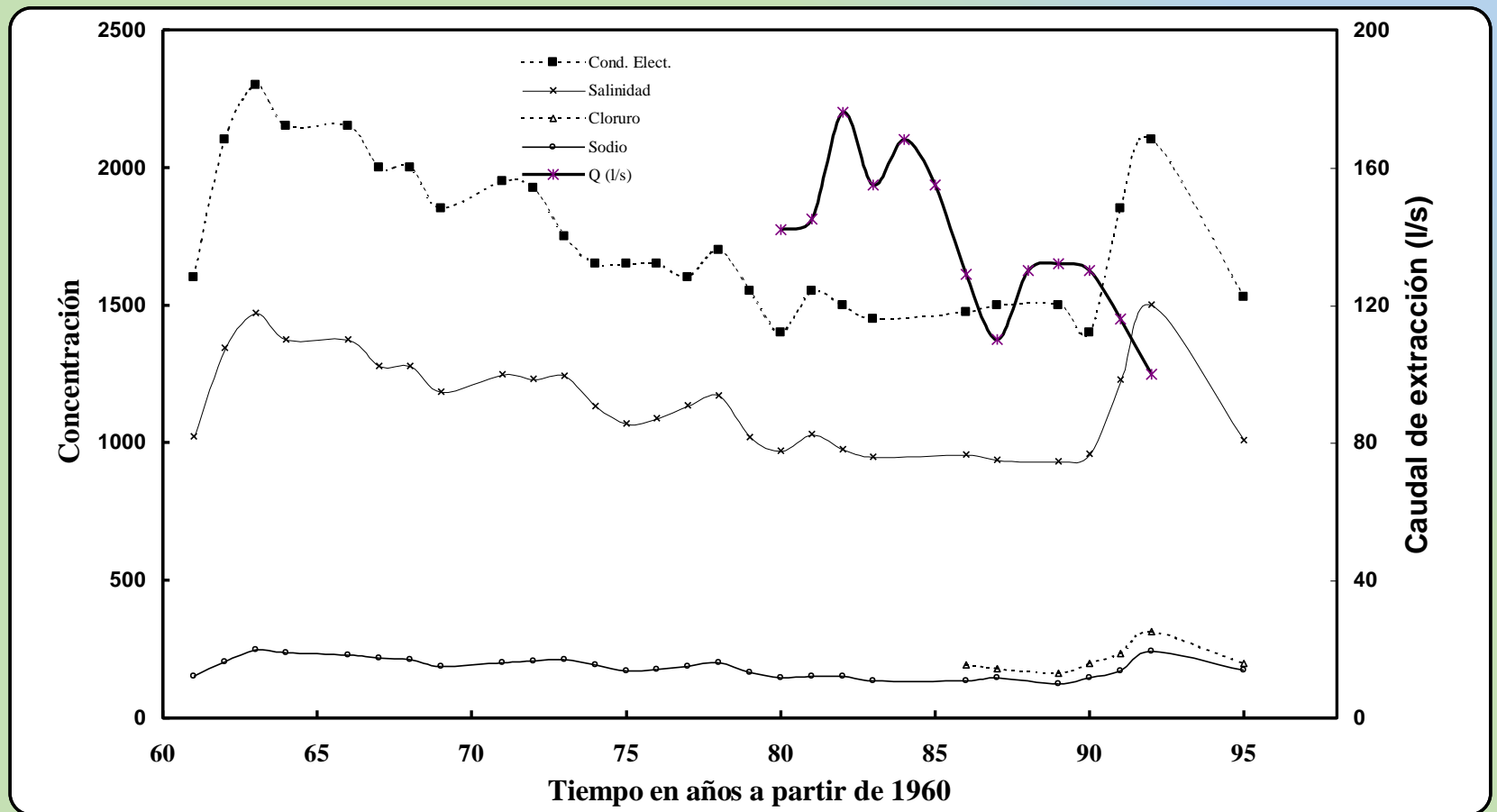
En este caso particular es importante reflexionar sobre la diferencia en la composición química de las muestras que se toman en condiciones estáticas y dinámicas

Fig. 4.10. Electrical conductivity and differential temperature logs from a well in a limestone aquifer with the sampling points shown.

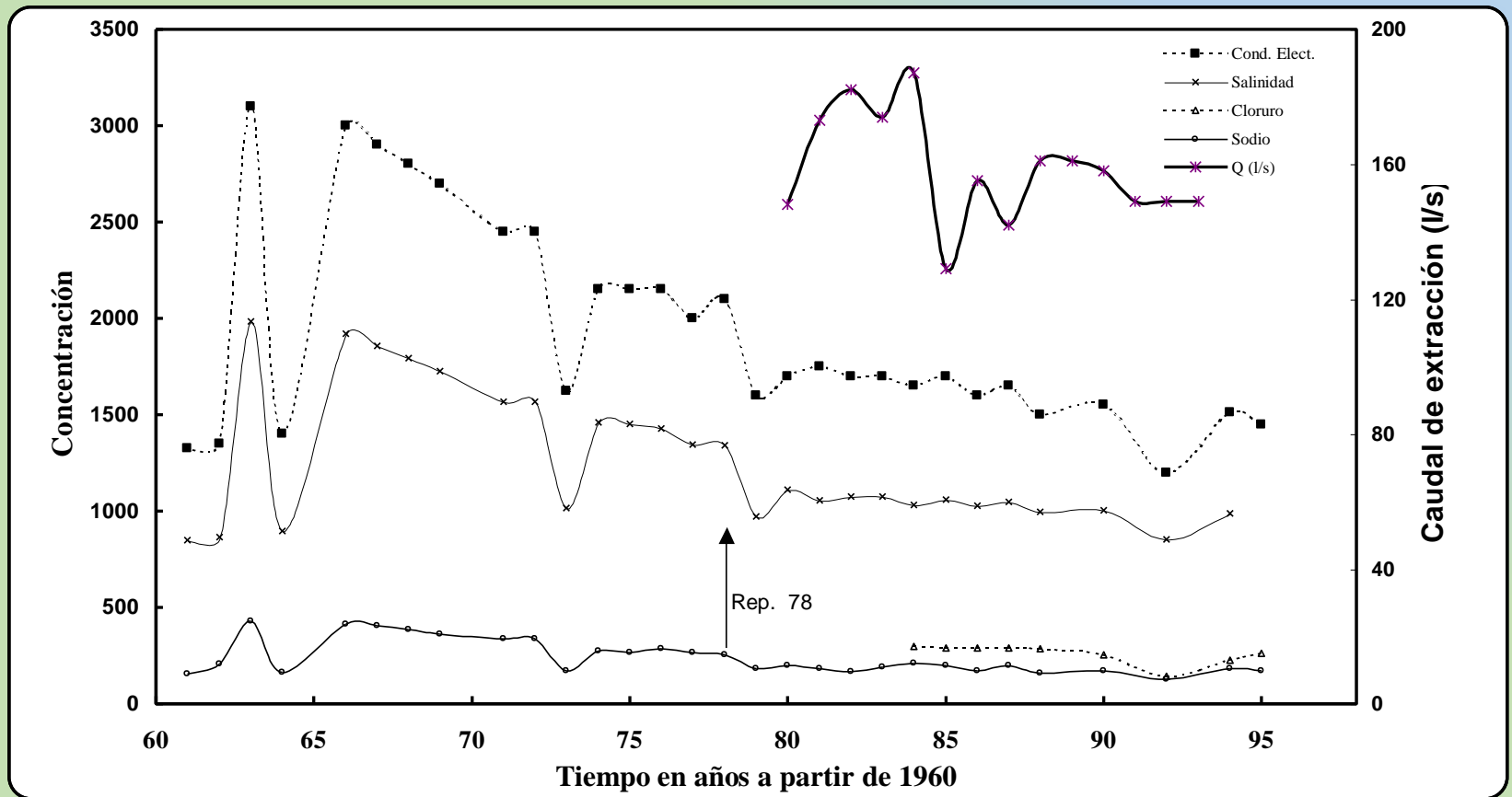
EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA



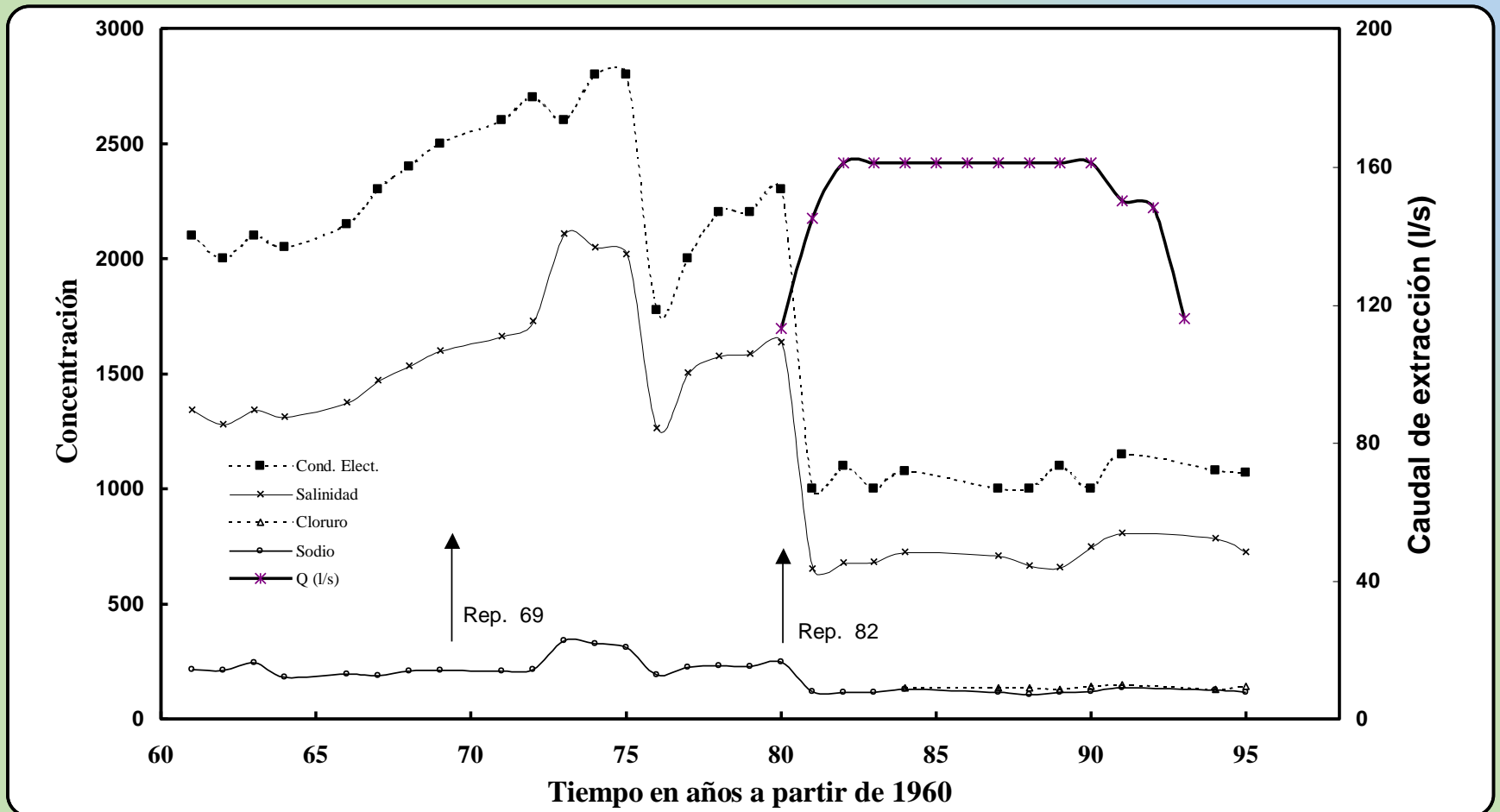
EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA



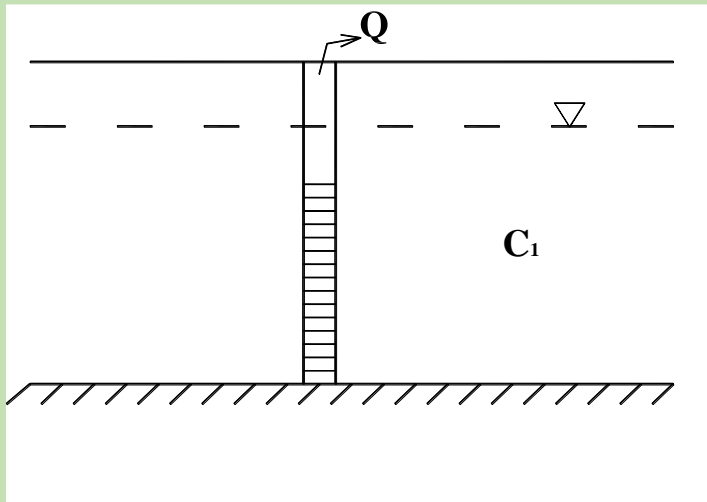
EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA



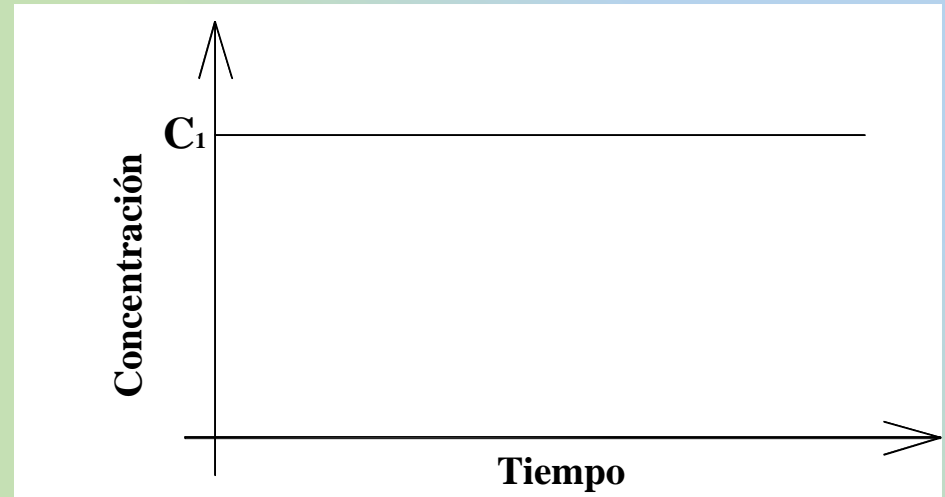
EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA



EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA



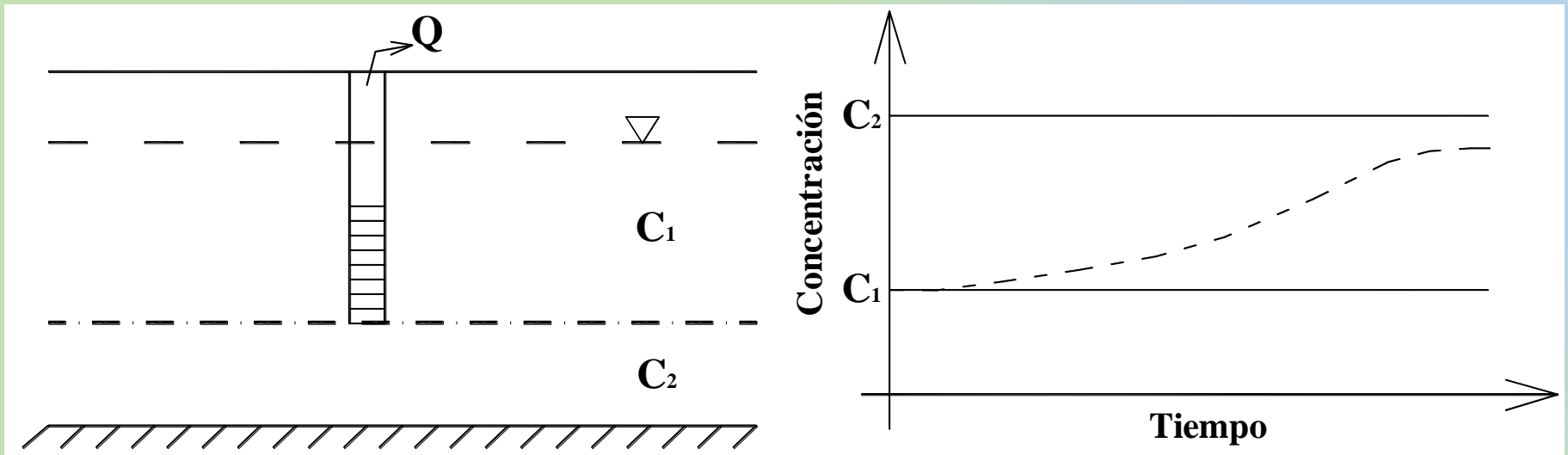
TOMA DE MUESTRAS EN CONDICIONES DINÁMICAS EN UN POZO



EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA CON RELACIÓN AL TIEMPO

QUE PASA SI EXISTE ESTRATIFICACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SENTIDO VERTICAL?

EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA

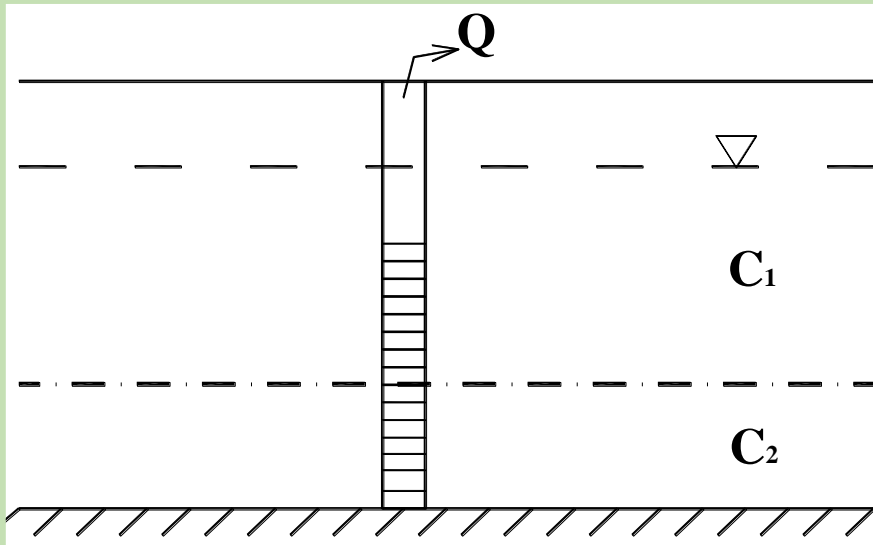


TOMA DE MUESTRAS EN CONDICIONES DINÁMICAS EN UN POZO (ACUÍFERO CON ESTRATIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA)

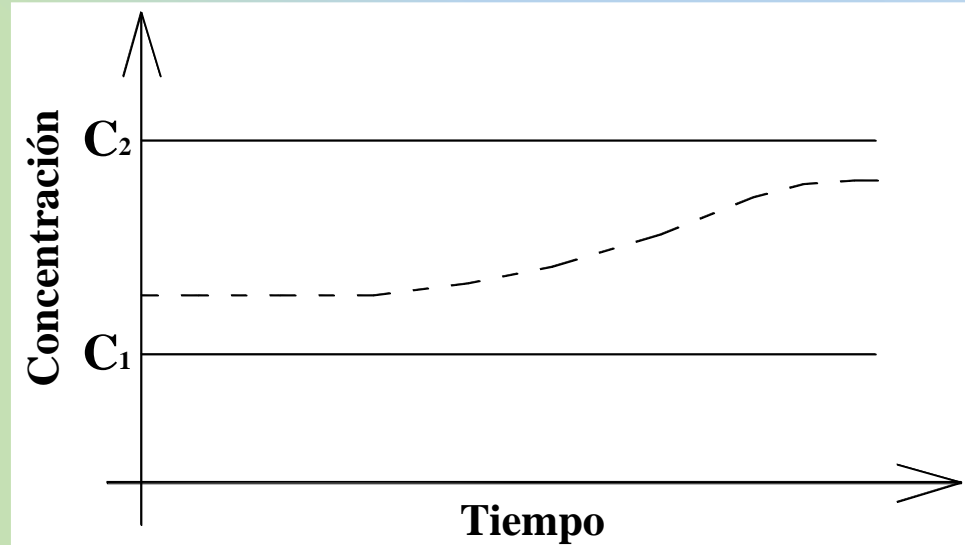
EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA CON RELACIÓN AL TIEMPO

QUE PASA SI PROFUNDIZAMOS MÁS EL MISMO POZO?

EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA



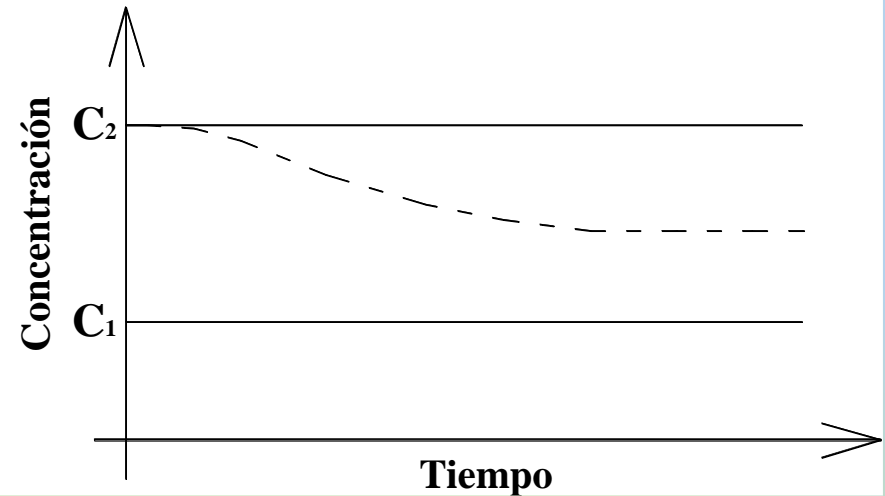
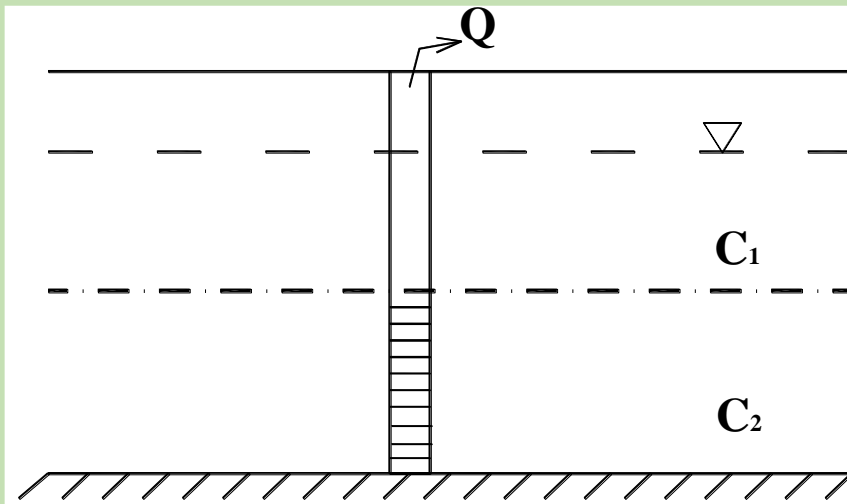
TOMA DE MUESTRAS EN CONDICIONES DINÁMICAS EN UN POZO (ACUÍFERO CON ESTRATIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA)



EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA CON RELACIÓN AL TIEMPO

SI TOMAMOS MUESTRAS EN CONDICIONES ESTÁTICAS?

EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA

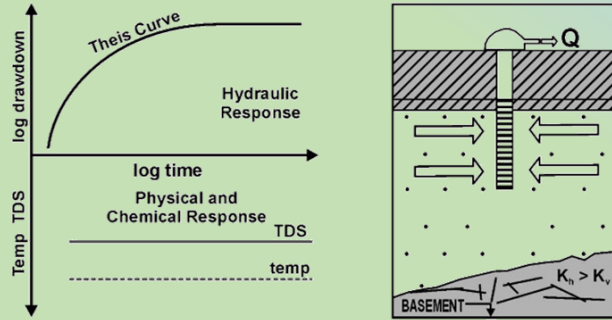


TOMA DE MUESTRAS EN CONDICIONES DINÁMICAS EN UN POZO (ACUÍFERO CON ESTRATIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA)

EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EXTRAÍDA CON RELACIÓN AL TIEMPO

(A)

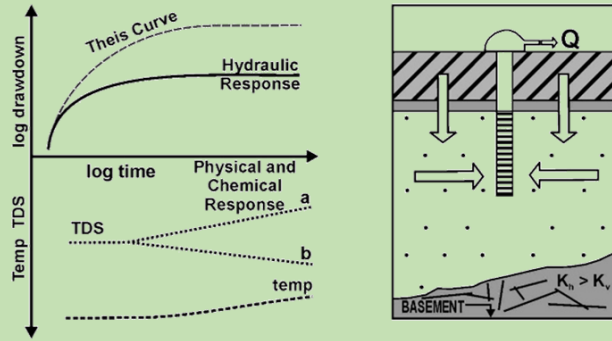
CONFINED CONDITIONS



EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA

(B)

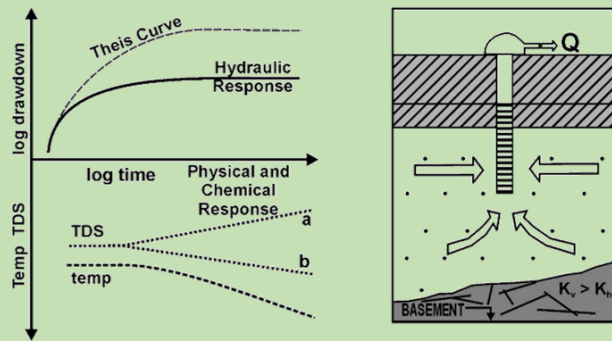
SEMICONFINED CONDITIONS (vertical leakage)



POR SUPUESTO QUE LA VARIACIÓN EN LA EVOLUCIÓN QUÍMICA DEL AGUA EXTRAÍDA EN UN POZO, TAMBIÉN SE REFLEJA EN RESPUESTA HIDRÁULICA Y DEPENDE DE LAS CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS QUE CAPTA EL POZO

(C)

ASCENDING VERTICAL FLOW



Aquifer unit
 Aquitard
 Confined layer
 Flow direction

EL CONCEPTO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA REPRESENTATIVA

QUE PASA SI MODIFICAMOS EL CAUDAL DE EXTRACCIÓN EN EL MISMO POZO?

LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA Y SU CONDICIÓN DE ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA SON DETERMINANTES ASÍ COMO LA PROFUNDIDAD DEL POZO, LOS ESPESORES DE LAS ZONAS DE DIFERENTE CALIDAD, ASÍ COMO EL TIEMPO DE EXTRACCIÓN

Con base en estos conceptos, ahora por favor reflexionen que es o en que consiste una muestra representativa?
De verdad la requerimos?

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

EN EL CASO QUE AHORA NOS OCUPA, LA HIDROGEOQUÍMICA SE UTILIZA COMO APOYO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA CON RESPECTO A DETERMINADO USO Y EN LA INTERPRETACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ANALIZADO.

POR LO TANTO, LA PORCIÓN DEL AGUA NATURAL QUE INTERESA ANALIZAR SON LOS SOLUTOS QUE SE ENCUENTRAN COMO IONES DISOCIADOS, LOS COMPLEJOS Y ALGUNOS COLOIDES

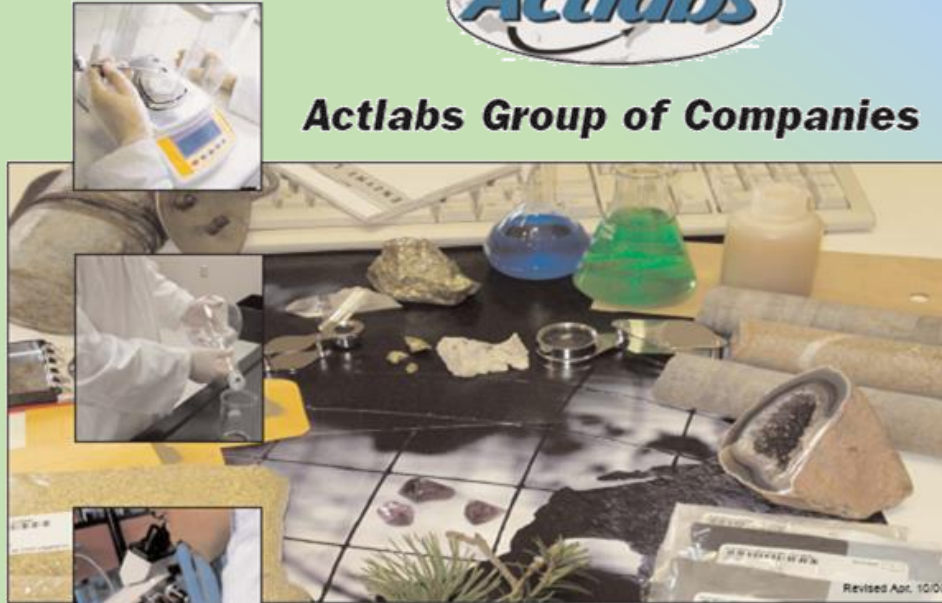
TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

UNA VEZ QUE SE HA DECIDIDO QUE SE REQUIERE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO, BACTERIOLÓGICO, ISOTÓPICO, ES NECESARIO PLANIFICAR:
i) LAS DETERMINACIONES DE LABORATORIO QUE SE LLEVARÁN A CABO, ii) LAS MEDICIONES DE CAMPO NECESARIAS, iii) PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRAS .

EN LA ACTUALIDAD ES RELATIVAMENTE ECONÓMICO Y SIMPLE EL ANALIZAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LABORATORIOS FUERA DEL PAÍS, POR TÉCNICAS COMO ICP-MS, ICP-OES, CROMATOLOGRAFÍA DE IONES, ENTRE OTRAS TÉCNICAS ANALÍTICAS.



Actlabs Group of Companies



**2008 International
Schedule of Services
and Fees**

*Quality Analysis . . .
Innovative Technologies*

www.actlabsint.com



**TOMA DE MUESTRAS DE
AGUA SUBTERRÁNEA**

**POR EJEMPLO, ESTE
LABORATORIO
UBICADO EN
CANADÁ, PRODUCE
MUY BUENOS
RESULTADOS PARA AL
MENOS 60 DIFERENTES
DETERMINACIONES DE
SOLUTOS (ELEMENTOS
MAYORES, MENORES,
TRAZA) A UN PRECIO
MUY COMPETITIVO Y
EN UN TIEMPO
RAZONABLE.**

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

LOS OBJETIVOS DE CALIDAD DE LOS DATOS CONSISTEN DE ENUNCIADOS Y/O PROTOCOLOS QUE DETERMINAN Y CONDICIONAN EL GRADO DE INCERTIDUMBRE O ERROR QUE PUEDE TOLERARSE EN LA INFORMACIÓN GENERADA, POR LO TANTO, DEBERÁN PLANTEARSE EN FUNCIÓN DEL NIVEL Y TIPO DE LA INTERPRETACIÓN QUE SE REALIZARÁ.

EN QUE CONSISTEN DICHOS OBJETIVOS DE CALIDAD?

A) técnicas utilizadas para la toma de muestras de agua
y B) técnicas analíticas aplicadas para la medición de las especies presentes en en la muestra de agua

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

SIN EMBARGO PREVIO A LA TOMA DE MUESTRAS ES NECESARIO SELECCIONAR LOS SITIOS DONDE SE COLECTARÁN.

CÓMO SE REALIZA ESTA SELECCIÓN?

- GEOLOGÍA SUPERFICIAL Y DEL SUBSUELO
- DISTRIBUCIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS EXISTENTES EN LA REGIÓN
- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y CORTE LITOLÓGICO DEL POZO
- TIPOS DE DISPOSITIVOS EXISTENTES PARA LA EXTRACCIÓN DEL AGUA
- RÉGIMEN DE OPERACIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS
- INSTALACIONES APROPIADAS PARA LA COLECTA DE LA MUESTRA
- ACCESO Y PERMISO DE LOS PROPIETARIOS DE LOS POZOS
- ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS PREVIOS DISPONIBLES

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

TÉCNICAS UTILIZADAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

DEBEN CONSIDERARSE LOS SIGUIENTES CONCEPTOS:

- TIPO DE PRECAUCIONES A CONSIDERAR DURANTE LA TOMA DE LAS MUESTRAS, Y LOS PARÁMETROS DE CAMPO A REGISTRAR,
- VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA,
- ELEMENTOS POR ANALIZAR Y PRECAUCIONES PARA MANTENERLOS EN SOLUCIÓN,
- COMO SE REALIZARÁ EL ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS
- FRECUENCIA DEL TRANSPORTE DEL CAMPO AL LABORATORIO.

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

PROTOCOLO PROPUESTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

- MEDICIONES Y REGISTROS HIDROGEOLOGÍCOS
- TOMA DE LA MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA
- FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA
- MEDICIONES DE CAMPO
- ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS Y TRANSPORTE
- UTILIZACIÓN DE BLANCOS DE CAMPO

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES Y REGISTROS HIDROGEOLÓGICOS

1. Profundidad total,
2. Longitud de la tubería de ademe lisa,
3. Longitud de ademe ranurado,
4. Diámetros de perforación y de ademe,
5. Diámetro de la columna de bombeo y de la descarga,
6. Tipo de equipo de bombeo,
7. Tipo de motor utilizado para accionar la bomba
8. Régimen de operación del pozo
9. Profundidad al nivel estático
10. Profundidad al nivel dinámico
11. Gasto de extracción
12. Corte litológico del pozo



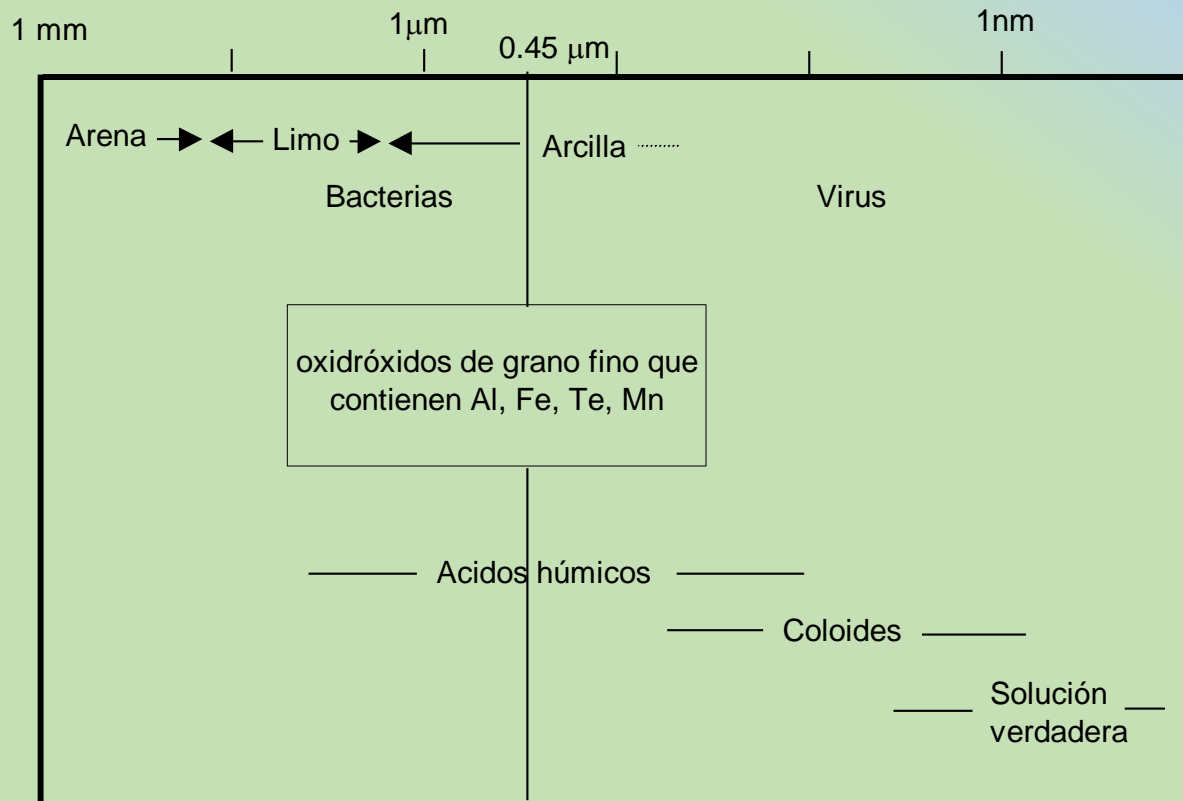
TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

1. Definición de las especies químicas de interés
2. Volumen mínimo de muestra necesario
3. Tipo de envases para almacenamiento de la muestra
4. Preparación de los envases
5. Etiquetado de la muestra
6. Enjuagado de los envases con el agua del aprovechamiento
7. Colecta del agua extraída en el pozo de acuerdo con sus condiciones particulares
8. Eliminación de burbujas en el líquido
9. Cierre hermético del frasco

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FILTRADO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

| CONSERVADOR | FUNCIONES | ESPECIES PRESERVADAS |
|-----------------------------------|---|--|
| Refrigeración | <ul style="list-style-type: none">• Disminuye la precipitación de sales• Funciona como inhibidor bacteriano• Disminuye la oxidación de metales• Disminuye la pérdida de gases | Alcalinidad, nitrógeno orgánico, fósforo, DOC, BOC, bacterias, coliformes. Recomendable en muestras para análisis químicos |
| Ácido Nítrico (HNO ₃) | <ul style="list-style-type: none">• Previene la oxidación de metales iónicos reducidos• Previene la precipitación de los iones metálicos como sulfuros, óxidos o carbonatos.• Previene la adsorción de los metales en las paredes de la botella de plástico | Metales pesados como hierro, manganeso, zinc, cobre. Recomendable para la determinación de metales disueltos |

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

FILTRADO, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA

| <i>Especie</i> | <i>Conservador</i> | <i>Tiempo máximo de almacenamiento</i> |
|-----------------------|--|---|
| Alcalinidad | Refrigeración | 1 día |
| Arsénico | Ácido nítrico | 6 meses |
| Cianuro total | Refrigeración + NaOH | 1 día |
| Cloruro | Refrigeración | 7 días |
| Fluoruro | Refrigeración | 7 días |
| Magnesio | Refrigeración | 3 días* |
| Sodio | Refrigeración | 3 días* |
| Calcio | Refrigeración | 3 días* |
| Calcio | Ácido nítrico | 6 meses |
| Sodio | Ácido nítrico | 6 meses |
| Potasio | Ácido nítrico | 6 meses |
| Magnesio | Ácido nítrico | 6 meses |
| Hierro | Ácido nítrico | 6 meses |
| Manganeso | Ácido nítrico | 6 meses |
| Cobre | Ácido nítrico | 6 meses |
| Zinc | Ácido nítrico | 6 meses |
| Selenio | Ácido nítrico | 6 meses |
| Nitrato | Refrigeración + H ₂ SO ₄ | 2 días |
| Sulfato | Refrigeración | 2 días |
| Sílice | Refrigeración | 28 días |

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: CELDA DE AISLAMIENTO

PORQUÉ SE DEBEN REALIZAR MEDICIONES DE CAMPO?

CUALES SON LAS MEDICIONES DE CAMPO?

- **TEMPERATURA**
- **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**
- **pH**
- **POTENCIAL DE OXIDO-REDUCCIÓN**
- **OXÍGENO DISUELTO**
- **ALCALINIDAD**
- **OTRAS DEPENDIENDO DEL INTERÉS PARTICULAR**

PARA QUE SIRVE UNA CELDA DE AISLAMIENTO?

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: CELDA DE AISLAMIENTO



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SALINIDAD

Es la capacidad del agua para conducir electricidad. Debido a que los iones en solución son los responsables de la conducción de electricidad, la conductividad se relaciona de manera proporcional con la concentración iónica total. Por esta razón, es posible utilizarla como una medida indirecta de la concentración de sólidos totales disueltos (salinidad).

ES FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA POR LO QUE DEBE REGISTRARSE A LA TEMPERATURA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

CUALES SON LAS UNIDADES EN QUE SE REPORTA?

micromhos/cm=microSiems/cm

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: CONCENTRACIÓN DE IONES HIDRÓGENO EN SOLUCIÓN

El pH de una solución es el logaritmo decimal negativo de la actividad del ión hidrógeno en moles por litro. Cuando se eleva por medio de una bomba el agua subterránea desde el acuífero hasta la superficie del terreno natural, los controles físicos que gobiernan la actividad del ión hidrógeno cambian, por lo que el pH se modifica.

La presión parcial del CO_2 en el agua subterránea (10^{-1} a 10^{-3} bar), generalmente es mayor que la existente en la atmósfera ($10^{-3.5}$ bar), por lo que cuando el agua subterránea se pone en contacto con la atmósfera, este gas escapa con lo ocurre una modificación en el pH y en la alcalinidad.

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: CONCENTRACIÓN DE IONES HIDRÓGENO EN SOLUCIÓN

CUAL ES LA FORMA CORRECTA DE MEDICIÓN DEL pH?

La metodología de medición incluye la utilización de la celda de aislamiento para evitar la variación de la concentración del CO_2 disuelto en el agua subterránea, así como la calibración del aparato (potenciómetro) en cada medición, utilizando para ello soluciones “*buffer*” de pH conocido equilibradas térmicamente con el agua a la que se le cuantificará el pH.

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

Aunque el Eh es una medida que para efectos prácticos se debe de considerar como cualitativa, si se registra durante la etapa de campo además del pH, se tiene una herramienta adicional para caracterizar las condiciones físicas y químicas del agua subterránea. Algunas reacciones dependen del pH o del Eh por separado, sin embargo algunas otras son función de ambos parámetros.

CONCEPTOS BÁSICOS RELACIONADOS CON LAS REACCIONES REDOX

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

ESTAS REACCIONES IMPLICAN LA TRANSFERENCIA DE ELECTRONES ENTRE REACTANTES Y PRODUCTOS.

OXIDACIÓN.- PÉRDIDA DE ELECTRONES, CAMBIO POSITIVO EN LA VALENCIA

REDUCCIÓN.- GANANCIA DE ELECTRONES

ESTAS REACCIONES SON MUY IMPORTANTES PORQUE CONTROLAN DIRECTA O INDIRECTAMENTE LA MOVILIDAD DE MUCHOS ELEMENTOS EN EL AGUA

- 1) PARA ESPECIES IÓNICAS EL NÚMERO DE OXIDACIÓN ES LA VALENCIA.
- 2) PARA COMPUESTOS IÓNICOS EL NÚMERO DE OXIDACIÓN ES LA CARGA DEL ION.
- 3) EN COMPUESTOS COVALENTES, EL NÚMERO DE OXIDACIÓN SE DETERMINA DE LA ELETRONEGATIVIDAD DEL ELEMENTO.
- 4) MUCHOS ELEMENTOS PRESENTES EN EL AGUA PUEDEN PRESENTAR DIFERENTES ESTADOS DE OXIDACIÓN DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES REDOX QUE PREVALECE EN LA SOLUCIÓN.

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

Los agentes oxidantes más importantes en el agua subterránea son el oxígeno disuelto, nitrato, sulfato y el agua misma (en ese orden de importancia); mientras que los agentes reductores incluyen compuestos orgánicos, sustancias húmicas, sulfuros inorgánicos y silicatos de hierro (II).

LAS REACCIONES DE TRANSFERENCIA DE ELECTRONES QUE SE REALIZAN ENTRE ESTOS AGENTES OXIDANTES Y REDUCTORES, SON LOS QUE EN CONJUNTO ESTABLECEN EL POTENCIAL REDOX DEL AGUA SUBTERRÁNEA

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

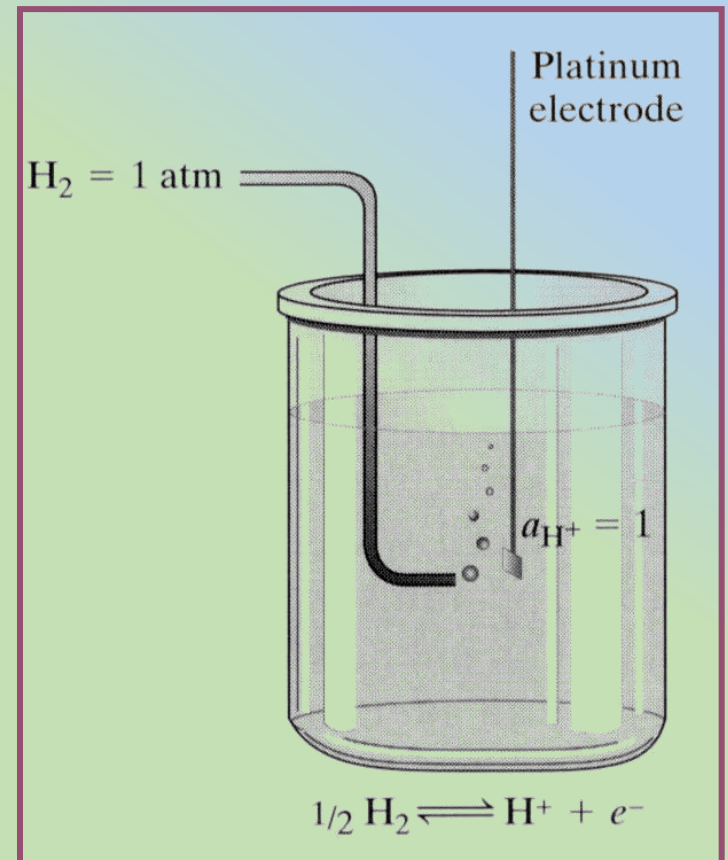
ELECTRODO ESTÁNDAR DE HIDRÓGENO (EEH).

Es el punto de referencia para todas las reacciones

Si la reacción que ocurre en la celda se desplaza hacia la derecha, se producirán iones hidrógeno y electrones, estos últimos se acumularán en el electrodo de platino ya que no puede permanecer en solución

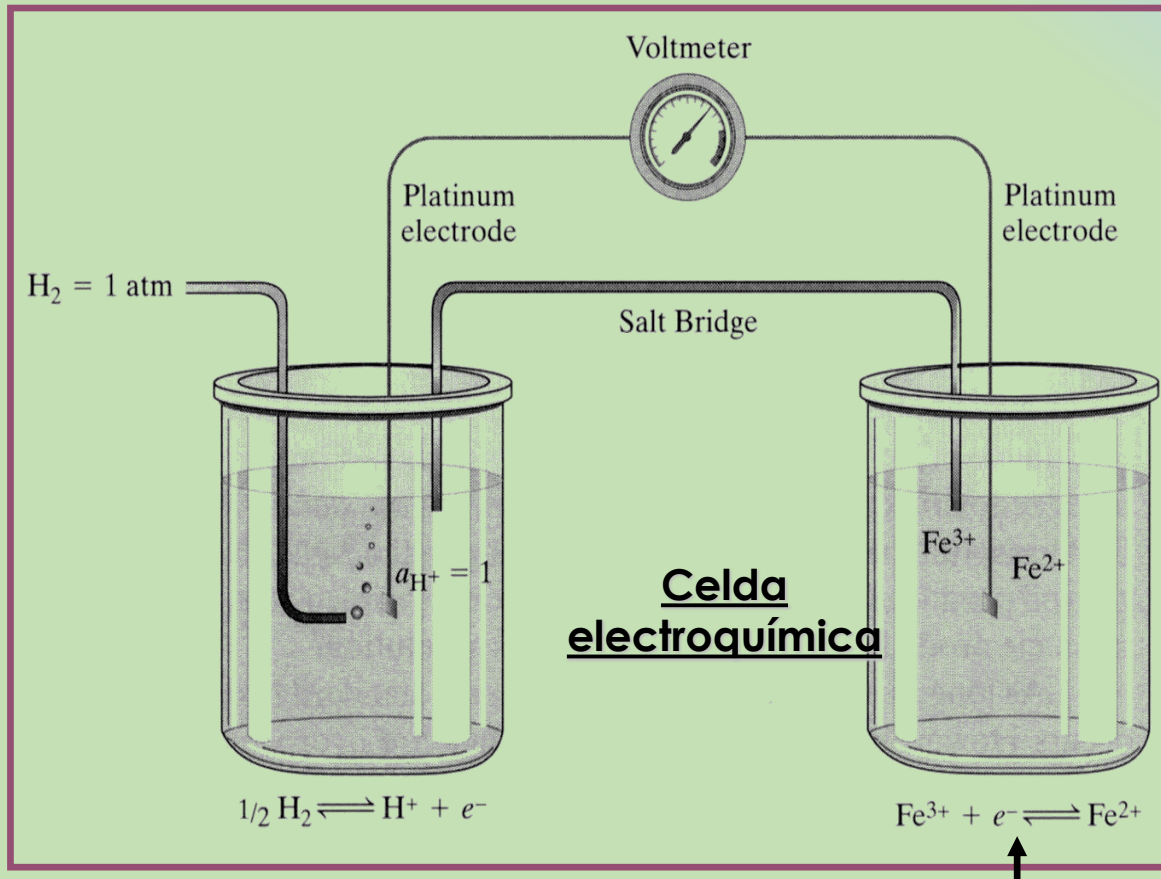
Cuando se conecta el electrodo estándar de hidrógeno a una celda que contiene una solución diferente, los electrones fluyen de una celda a otra.

pe calculado
para esta celda
es CERO



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN



Celda electroquímica

Agua subterránea

Si los valores de pe en las celdas son diferentes, entonces comenzarán a fluir electrones de una celda a otra y el voltímetro medirá la diferencia de potencial entre las celdas.

El pe de la celda de la derecha se calcula de la siguiente manera:

$$pe = 12.8 - \log \left(\frac{a_{Fe^{+2}}}{a_{Fe^{+3}}} \right)$$

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

En una reacción redox completa, el pe es el mismo en las dos *half reactions*. Si se supone que las actividades de Fe^{+2} y Fe^{+3} son iguales a 1, entonces el pe en la celda será igual a 12.8. De este modo, en la celda de la izquierda la actividad de los electrones será 1 y en la derecha $10^{-12.8}$.

El dispositivo anterior permite la medición del potencial redox (volts) de una relación con relación al electrodo estándar de hidrógeno (EEH). A esta alternativa se le conoce como Eh , que es definido como el potencial relativo al EEH. Su relación con el pe se tiene en la siguiente ecuación:



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

COMO SE MIDE EL
POTENCIAL REDOX EN EL
AGUA SUBTERRÁNEA?



TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN

EN LA PRÁCTICA NO SE UTILIZAN ELECTRODOS DE HIDRÓGENO COMO REFERENCIA, POR LO QUE EL ELECTRODO DE PLATINO SE ACOPLA CON OTROS TIPOS COMO EL DENOMINADO CALOMEL (MERCURIO EN UNA SOLUCIÓN DE CLORURO MERCUROSO) O EL DE PLATA EN UNA SOLUCIÓN DE CLORURO DE PLATA.

POR LO TANTO, LAS LECTURAS DE CAMPO DEBEN CONVERTIRSE A LECTURAS QUE TENGAN COMO REFERENCIA EL ELECTRODO DE HIDRÓGENO.

EN LA PRÁCTICA ESTO SE LOGRA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UNA SOLUCIÓN CON POTENCIAL REDOX CONOCIDO (SOLUCIÓN ZOBELL, potasio férrico-cianuro ferroso)

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

MEDICIONES DE CAMPO: OXÍGENO DISUELTO

LAS MEDICIONES DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA GENERALMENTE SE REALIZAN CON UN APARATO QUE SE COMPONE DE UN MEDIDOR DE OXÍGENO Y UN SENSOR POLAROGRÁFICO TIPO “CLARK” Y COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA POR TEMPERATURA.

LA CALIBRACIÓN DEL APARATO INCLUYE DOS PASOS:

- 1) CALIBRACIÓN EN UNA SOLUCIÓN LIBRE DE OXÍGENO
- 2) CALIBRACIÓN AL AIRE (CORRECCIÓN POR ELEVACIÓN)
- 3) PARA SALINIDADES ELEVADAS ES NECESARIA UNA CORRECCIÓN ADICIONAL

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

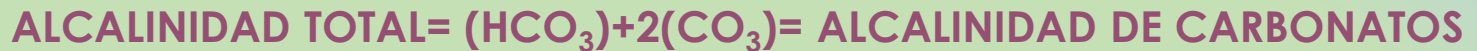
MEDICIONES DE CAMPO: OXÍGENO DISUELTO



ALKALINIDAD Y CURVAS DE TITULACIÓN

Cuando se disminuye el pH de la solución mediante la adición de un ácido fuerte, los aniones de la derecha de la ecuación se convertirán en especies sin carga (H_2CO_3 , $\text{B}(\text{OH})_3$, H_4SiO_4 , H_2S , etc.). La cantidad de ácido utilizada es proporcional a su concentración.

EN LA MAYORÍA DE LAS AGUAS NATURALES, ÚNICAMENTE EL CARBONATO Y BICARBONATO SON ESPECIES IMPORTANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONCENTRACIÓN, POR LO QUE:



La alcalinidad es una propiedad conservativa, independiente del P_{CO_2} , únicamente se modifica cuando se añade o moviliza carbón oxidado o por reacciones redox. Sin embargo, es muy importante medirla en campo.

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS Y TRANSPORTE AL LABORATORIO

EL ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS DEBE REALIZARSE EN LUGARES CON TEMPERATURA CONTROLADA A 4°C, DE PREFERENCIA EN LA OSCURIDAD Y EN UN SITIO DONDE NO SE AGITEN PARA EVITAR QUE LOS FRASCOS PUEDAN ROMPERSE O TENER FUGAS DE MUESTRA. LOS SITIOS IDEALES SON HIELERAS O REFRIGERADORES.

EL TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS A LABORATORIO DEBE SER TAN FRECUENTE COMO SEA POSIBLE CONSIDERANDO LAS LIMITACIONES RELACIONADAS CON:

- 1) TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO RECOMENDADO DE ACUERDO CON LOS PARÁMETROS (FÍSICOS, QUÍMICOS O BIOLÓGICOS) A ANALIZAR
- 2) DISTANCIA DEL SITIO DE MUESTREO AL LABORATORIO DONDE SE REALIZA EL MUESTREO
- 3) RECURSOS FINANCIEROS DISPONIBLES

GRACIAS