



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN INGENIERIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

TEMA:

MUESTREO Y ANALISIS DE AGUA DE POZOS

CURSO : TECNICAS DE MONITOREO.

PROFESOR : M.Sc. JUAN CRUZ GUTIERREZ

ALUMNOS :
ARQ° RODOLFO ARBULU CHEREQUE
ING° JOSE ARBULU RAMOS
ING° ENRIQUE HOYOS VASQUEZ
ING° VICENTE PANTA SAMILLAN

LAMBAYEQUE, MARZO DEL 2001

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

- 2.1 EL AGUA SUBTERRÁNEA Y EL ACUÍFERO
- 2.2 POZOS TUBULARES
- 2.3 DISEÑO HIDRÁULICO DE UN POZO
- 2.4 SITUACION DEL USO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PERU
- 2.5 CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.

CALIDAD DE AGUA

- OBJETIVOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
- PARÁMETROS DETERMINANTES DE LA CALIDAD DEL AGUA

IV. CRITERIOS DEL USO DEL AGUA

V. LOCALIZACION DEL LUGAR

- 5.1 SELECCIÓN DE LUGARES DE MUESTREO–AGUAS SUBTERRANEAS

VI. PLANIFICACION DE LA SELECCIÓN DEL LUGAR

- 6.1 Estudios Preliminares
- 6.2 Revisión del monitoreo
- 6.3 Registro del Sitio

VII. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

- 7.1 Frecuencia y tiempo de muestreo
- 7.2 Número de Muestras
- 7.3 Tiempo de Muestreo
- 7.4 Determinación de la frecuencia de muestreo
 - a) Recolección de información
 - b) Identificación de necesidades
 - c) Calidad del agua
 - d) Determinación de la frecuencia de muestreo
 - e) Experiencia operativa y revisión
- 7.5 Métodos de Muestreo
 - a) Muestreo Manual
 - b) Muestreo Automático
- 7.6 Información del Muestreo
- 7.7 Expresión de Resultados

VIII. BIBLIOGRAFIA

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más importantes, ya que está presente en todos los aspectos de la vida existente en la tierra. Prácticamente, todas las actividades humanas están vinculadas con el agua: uso agrícola, poblacional, pecuario industrial, minero, generación de energía, transporte, actividades recreativas, etc. Pero también muchos desastres naturales están relacionados con la misma, como los casos extremos de *sequías* e *inundaciones*, que causan grandes daños y pérdidas económicas y de vidas humanas.

El volumen de agua en la naturaleza según la UNESCO es de aproximadamente **1,387 millones de Km³**. A pesar de esta enorme cantidad de agua, existe un gran problema de disponibilidad, por su desigual distribución espacial y temporal y, además, por su calidad. Es por eso que se dice que **“el agua es un recurso abundante y, a la vez, escaso”**

Se debe remarcar que el agua interesa desde el punto de vista que se encuentre en la cantidad deseada, en la oportunidad requerida y con la **calidad adecuada**.

Del total de agua existente, **sólo es utilizable 4.3 millones de Km³**, de los cuales **4.17 millones de Km³** corresponden al **agua subterránea**, contenida a profundidades menores de 800 m, y los otros **0.13 millones de Km³** se encuentran en forma de agua dulce superficial, en lagos y ríos. A escala mundial, las demandas de agua se incrementan, por el aumento de la población, y su disponibilidad tiende a disminuir, *por la contaminación de ríos, lagos y acuíferos*. Esto es debido a los vertidos urbanos de la población y vertidos industriales que requieren de depuración, vigilancia y control, así como la necesidad de tecnologías limpias.

El monitoreo de la calidad de agua es la actividad realizada con el fin de conseguir datos confiables y utilizables; no es de bajo costo, por lo que debe tenerse cuidado para asegurar que los recursos analíticos y otros sean empleados provechosamente. El primer paso en la planificación de un sistema de monitoreo de agua, sería por lo tanto, decidir qué *datos son necesarios* y cómo serán usados. Luego serán escogidos los *lugares del muestreo* con la visión de obtener la información esencial requerida con un mínimo de esfuerzo.

II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

2.4 EL AGUA SUBTERRÁNEA Y EL ACUÍFERO

El agua subterránea

El agua subterránea es aquella que se encuentra, dentro del ciclo hidrológico, yaciendo bajo la superficie del suelo, en condiciones de saturación. El agua subterránea proviene de la infiltración del agua superficial; luego se mueve, al interior del suelo, en forma vertical descendente (percolación) hasta alcanzar la napa subterránea (zona saturada del suelo). El límite que separa la zona saturada de la no saturada del suelo se denomina **nivel freático**.

El acuífero

Es toda formación geológica capaz de contener y transmitir agua. También se puede definir como el medio poroso, donde se puede almacenar agua y a través del cual ésta puede moverse o fluir libremente.

Desde el punto de vista geológico se distinguen dos tipos de acuíferos:

a) **No Consolidados** , medios porosos consistentes en agregados: arena o grava.

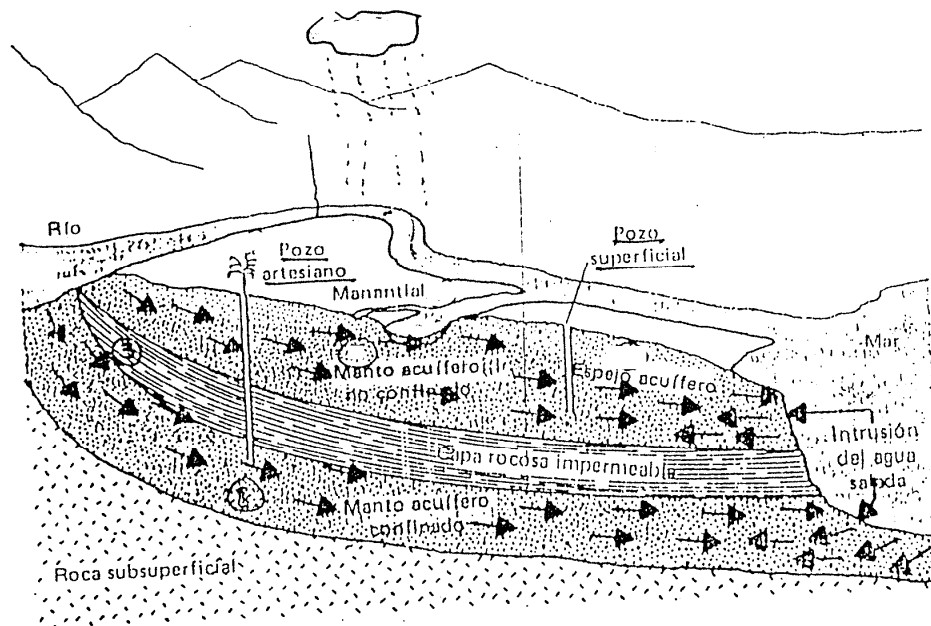
b) **Consolidados**, los granos se cementan juntos, como las areniscas.

En las rocas fracturadas el agua subterránea se mueve a través de las fracturas o fisuras, tales como *granito y basalto fracturados*. En las **calizas con fracturas**, éstas frecuentemente pueden ser ampliadas por el agua, formando canales grandes o aún cavernas. Estas calizas, donde la solución ha sido muy activa se llaman **karsts**.

De acuerdo al comportamiento hidráulico, se consideran:

a) Acuífero confinado o Artesiano: se trata de una formación permeable comprendida entre dos estratos impermeables, que mantiene el agua a presión.

b) Acuífero libre: Está caracterizado por la presencia de una superficie libre de agua (nivel freático) que constituye su límite superior; su límite inferior puede ser una formación impermeable o semipermeable. El flujo en estos acuíferos es por gravedad, como en canales, de mayor a menor carga hidráulica.



ACUIFEROS

Propiedades de los acuíferos

Los acuíferos poseen ciertas características, relacionadas con la capacidad de almacenamiento de agua y con su movimiento, o parámetros hidráulicos:

a) Porosidad (n): relación del volumen de vacíos al volumen total, varía desde valores altos en las arcillas (45%) a valores más bajos, en formaciones con cavidades o cavernas.

b) Coeficiente de Almacenamiento(S): Está relacionado con el volumen de agua que pueda extraerse por unidad de volumen de un acuífero; por drenaje o expansión del agua.

c) Permeabilidad o conductividad hidráulica (k): Facilidad que ofrece el medio poroso al movimiento del agua; depende tanto de las propiedades del fluido como de la matriz sólida.

d) Transmisividad (T): Es el flujo de agua a través de un área perpendicular a la dirección del flujo,

2.5 POZOS TUBULARES

Un pozo profundo es una captación vertical de sección circular compuesta por un entubado de acero rodeada por un filtro granular. Los diámetros de perforación varían generalmente entre 25 cm y 60 cm (10" y 24") y los diámetros de entubación, entre 15 cm y 50 cm (6" y 20"). La profundidad de los pozos depende de la ubicación de los estratos acuíferos y del caudal que se requiera extraer, pudiendo llegar hasta 200 m, pero comúnmente oscila entre 20 m y 150 m

2.6 DISEÑO HIDRÁULICO DE UN POZO

El diseño hidráulico consiste en estimar el abatimiento del nivel de agua dentro del pozo, para el bombeo de un caudal determinado. Para ello se toma en cuenta los parámetros hidráulicos del acuífero y las pérdidas de

carga permisibles, producidas en la estructura de captación del agua subterránea.



2.6 SITUACION DEL USO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PERU

En el Perú, la explotación del agua subterránea es de gran importancia, sobre todo en la Costa, debido a su comportamiento hidrológico, con precipitaciones nulas y con recursos hídricos superficiales, en la mayoría de los valles, sólo tres meses al año (época de avenidas); durante el período de estiaje, la agricultura se mantiene con la explotación del reservorio subterráneo; casi la totalidad de las industrias y de las poblaciones, asentadas en esta zona, se abastecen de aguas subterráneas. En la sierra, la explotación del agua subterránea es menos significativa. En la Selva, donde los recursos hídricos son cuantiosos, existe explotación mínima.

Los recursos hídricos subterráneos en el Perú son importantes, estimándose un volumen aprovechable anual de alrededor de 25000 MMC, de los cuales actualmente se vienen utilizando sólo el 10% (2500 MMC/año), a través de pozos tubulares y a tajo abierto, galerías filtrantes, drenes y manantiales.

En la década de 1930 en el Perú se inicia , en forma importante, la perforación de numerosos pozos, con un incremento aproximado de 300 por año; actualmente deben existir más de 15000 pozos en todo el territorio nacional.

El agua subterránea en el Perú, con respecto a su calidad y problemas de contaminación, ha sido y es más estudiada en la zona de la Costa, donde su uso es más intensivo, habiéndose detectado en algunos sectores contaminación de origen agrícola y algunos casos por intrusión marina.

2.5 CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.

De acuerdo a los datos obtenidos durante el año 1999, en el muestreo realizado de diferentes pozos y norias del Departamento de Lambayeque, se puede observar que la mayoría de éstos se encuentran contaminados con bacterias coliformes totales, datos suficientes que comparados con los estándares microbiológicos de la Ley General de Aguas D.L. N°17752, se consideran no aptas para el consumo humano.

Dentro de las causas de la contaminación de las aguas subterráneas, sería la falta de criterio para la ubicación y diseño, la falta de educación sanitaria para su adecuado mantenimiento y las recientes letrinas o pozos sépticos construidas, que no habrían cumplido con los criterios de que puedan contaminar las aguas subterráneas.

Esto trae como consecuencia, el consumo de agua contaminada en las zonas rurales y peri-urbanas, dando lugar a la aparición de enfermedades de transmisión hídrica como el cólera, hepatitis, poliomielitis, tifoidea, gastritis, etc.

III. CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua se determina basándose en las características de las aguas y es modificada por el acceso de materiales extraños al agua, ya sea por acción de la naturaleza misma o como consecuencia de la actividad humana.

OBJETIVOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

- ✎ Determinar la calidad del agua en su estado natural.
- ✎ Determinar el impacto de las actividades humanas sobre la calidad del agua y la adecuación de la misma para los usos requeridos.
- ✎ Mantener bajo observación las fuentes y medios de sustancia peligrosas especificadas.

PARÁMETROS DETERMINANTES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Los parámetros determinantes de la calidad del agua son:

- a) propiedades físicas y
- b) características físicas, químicas o biológicas.

a. Propiedades Físicas del Agua

Las propiedades físicas del agua pura son:

- ✎ la estructura molecular,
- ✎ la densidad,
- ✎ la viscosidad,
- ✎ la presión de vapor,
- ✎ el calor latente de fusión y
- ✎ la tensión superficial,

Los cuales son modificados por impurezas del agua y algunas varían con la temperatura.

b. Características de las Aguas

En las aguas naturales hay sustancias disueltas, material en suspensión, partículas coloidales, iones, etc. que dan características especiales a las aguas naturales. En la naturaleza no se encuentra agua químicamente pura. Es importante conocer las características de las aguas para establecer la calidad de las mismas y los usos potenciales.

Las características de las aguas son:

1. Físicas,
2. químicas y
3. biológicas

Según la naturaleza de las impurezas que se estudien en las aguas.

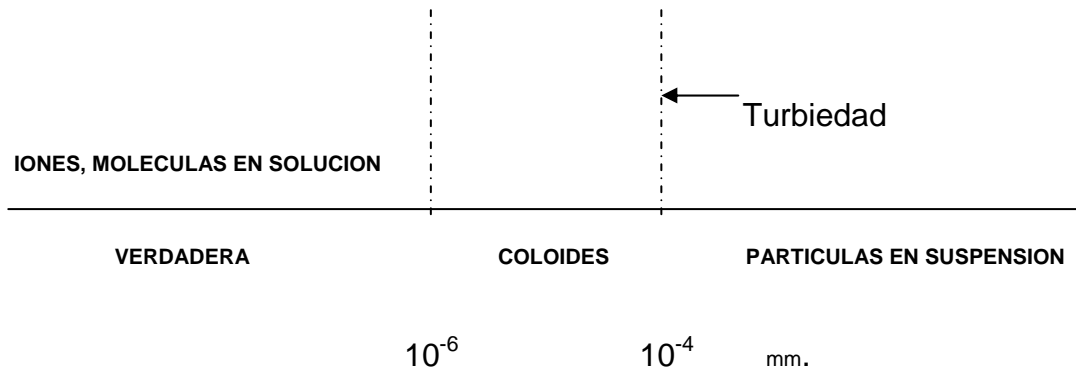
1. **Características físicas**: Son características físicas de las aguas aquellas propiedades causadas por sustancias y que sólo se pueden medir mediante pruebas físicas.

Son características físicas del agua:

- a. la turbiedad,
- b. los sólidos,
- c. el color,
- d. el sabor,
- e. el olor,
- f. la temperatura
- g. la radioactividad
- h. la conductividad eléctrica.

- a. **La Turbiedad**. Puede ser producida por material en suspensión, especialmente coloidal y disperso. La turbiedad mide la absorción o dispersión de la luz que pasa a través del agua. La turbiedad puede ser de origen inorgánico y orgánico, afecta la estética del agua y se mide con instrumentos. La unidad de turbiedad es aquella que equivale a un mg de SiO₂ en el agua.

- b. **Los Sólidos.** Incluyen los materiales de todos los tamaños que hay en el agua. La materia extraña al agua se puede clasificar según su tamaño en: moléculas y partículas en suspensión.



El agua disuelve iones y moléculas de los materiales y rocas con que se hace contacto. La cantidad de sales disueltas es función de parámetros como: la superficie expuesta al agua. En los suelos y las rocas unas sales disuelven más fácilmente que otras, las calizas y los yesos disuelven con facilidad. El agua también acarrea materia coloidal y en suspensión.

Los sólidos totales en el agua se miden evaporando una muestra de agua y secando a 104°C durante una hora. La materia en suspensión, coloidal y disuelta es medida en los sólidos totales. Al filtrar la muestra de agua se retienen los sólidos en suspensión y parte de la materia coloidal; en el agua que pasa se miden los sólidos disueltos o se calculan por la diferencia entre sólidos totales y en suspensión.

- c. **El Color.** Es producido por partículas coloidales, principalmente ácidos orgánicos de la descomposición de materia orgánica, se

mide en instrumentos por comparación con una escala de referencia.

- d. **El Sabor**. Proviene de productos de descomposición de materia orgánica y metabolitos de la acción microbiana, se mide en forma cualitativa utilizando un grupo de personas.
- e. **El Olor**. Es producido por gases desprendidos de la descomposición de materia orgánica, se han desarrollado instrumentos sofisticados para su medida.
- f. **La Temperatura**. Es la medida del calor almacenado en el agua. Se hace con un termómetro en una escala especificada de grados. El calor específico del agua es el mayor en los líquidos, a excepción del amonio, la capacidad del agua para almacenar calor es alta y esto hace que sea un elemento moderador del clima y que se la utilice para enfriamiento.
- g. **La Radioactividad**. Sólo fue posible medirla una vez se dispuso de instrumentos, una técnica de medición y se conocieron mejor sus efectos. El agua pura contiene pequeñísimas cantidades de hidrógeno 3 radioactivo (tritio), isotopos de deuterio y oxígeno 17 y 18. Además, es posible encontrar isótopos radiactivos de la precipitación de materiales de explosiones atómicas en la atmósfera y de accidentes en plantas de energía nuclear. Estas últimas fuentes de radioactividad ofrecen riesgos a la salud humana que han llevado a la creación de centros de registro de la radioactividad del agua principalmente en los países industrializados.
- h. **La Conductividad eléctrica**. Es una medida de la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica. Los iones presentes en la muestra de agua contribuyen a aumentar la conductividad, de esta manera la conductividad resulta ser una medida indirecta de las sales en solución y existe una relación:

(micro siemen / cm) Conductividad x K = (Sólidos Totales disueltos) mg/l.

K: es diferente para cada clase de agua, en general K = 0,63 a 0,64.

2. **Características químicas.** Son aquellas que se miden mediante pruebas químicas o la adición de compuestos químicos.

En las aguas naturales hay un grupo de compuestos químicos que se encuentran con frecuencia y otros compuestos que están presentes sólo en aguas que han fluido por formaciones ricas en ciertos minerales. Los principales componentes iones o sales que se encuentran disueltas en las aguas son:

✎ **Iones**

Cationes: Ca^{++} , Na^+ y K^+

Aniones: $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- , HCO_3^- , NO_3^-

✎ **Sustancias no ionizadas**

SiO_2 , O_2 , CO_2 , NH_3 , CH_4 , H_2S y N_2

El oxígeno (O_2), dióxido de carbono (CO_2) y Nitrógeno (N_2) son gases que se disuelven desde la atmósfera; el amoníaco (NH_3), metano (CH_4), ácido sulfhídrico (H_2S) y dióxido de carbono (CO_2) se originan en la descomposición biológica de materia orgánica. La Sílice (SiO_2) es disuelto de las rocas y puede haber oxígeno de la fotosíntesis de plantas y algas.

- ✎ En las aguas en encuentran otros componentes en concentraciones más bajas, unos de carácter inorgánico como: amonio (NH_4^+), hierro (Fe^{++} , Fe^{+++}), estroncio (Sr^+), Manganeseo (Mn^{++} , Mn^{+++}), Nitrito (NO_2^-), Nitrateo (NO_3^-), fluor (F^-), Boro (H_2BO_3^- , H_3BO_3) H_3BO_3) y iones

H^+ (H_3O^+), OH^- y $CO_3^{=}$ y otros de carácter orgánico como ácido húmico y otros productos de descomposición orgánica. En las aguas se encuentran soluciones diluidas, es decir, pocas veces llegan a valores de saturación.

Sales minerales, carbonatos, sulfatos y solubilización de calcio y magnesio.

2.1 En el flujo del agua por el suelo o las rocas, el agua encuentra sales solubles y sales que deben sufrir transformaciones químicas para entrar en solución. En la disolución el agua toma gases y sales solubles y para la solubilización por ataque químico intervienen procesos que se describen brevemente:

- a. **Hidratación** o penetración del agua en el sistema reticular de los cristales de las rocas para formar compuestos químicos hidratados como el yeso ($CaSO_4H_2O$).
- b. **Hidrólisis** o descomposición de moléculas de agua provocada por iones. Por ejemplo: $H_2CO_3 + 2OH^- = CO_3^{=} + H_2O$
- c. **Oxidación** reducción cuando gases disueltos (oxígeno) o iones donan electrones y se oxidan o aceptan electrones y se reducen, el proceso se realiza en la zona de infiltración, por ejemplo el hierro férrico acepta electrones y se reduce a ión ferroso que es soluble.
- d. El valor del **pH** hace que el agua sea ligeramente ácida o básica; las aguas de características ácidas disuelven materiales, el ácido carbónico desempeña un papel muy importante en la corrosividad del agua.
- e. **Microorganismos** que descomponen la materia orgánica que llega al agua en ácidos orgánicos, dióxido de carbono y otros compuestos.

ALCALINIDAD DEL AGUA. Queda definida como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH^-). En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones:

- a) bicarbonatos
- b) carbonatos
- c) hidróxidos.

DUREZA DEL AGUA. Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

En términos de dureza las agua se pueden clasificar en:

0 – 75 mg/l	Blanda
75-150 mg/l	Moderadamente dura
150-300 mg/l	Dura
Mayor que 300 mg/l	Muy dura

CARACTERISTICAS QUE ES IMPORTANTE CONOCER EN EL AGUA

CARACTERISTICAS	AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA	AGUA POTABLE	AGUAS RESIDUALES
PH,u	X	X	X
Temperatura, °C	X	X	X
Calor, u	X	X	
Turbidez, u	X	X	
Olor, u	X	X	
Sólidos totales	X	X	X
Sólidos sedimentables			X
Sólidos suspendidos			X
Residuo mineral			X
Sólidos volátiles			X
Conductividad, Ω	X	X	
Alcalinidad	X	X	
Dureza	X	X	
Oxígeno disuelto (OD)	X	X	
DBO	X		X
DQO	X		X
Nitrógeno orgánico			X
Nitrógeno amoniacal	X		X
Nitrito	X		
Nitrato	X	X	X
Cloruro	X	X	X
Fosfato	X		X
Detergentes sintéticos	X		X
Conteo bacterial, NMP	X	X	X

Fuente: A.CUBILLOS CIDIAT

IX. CRITERIOS DEL USO DEL AGUA

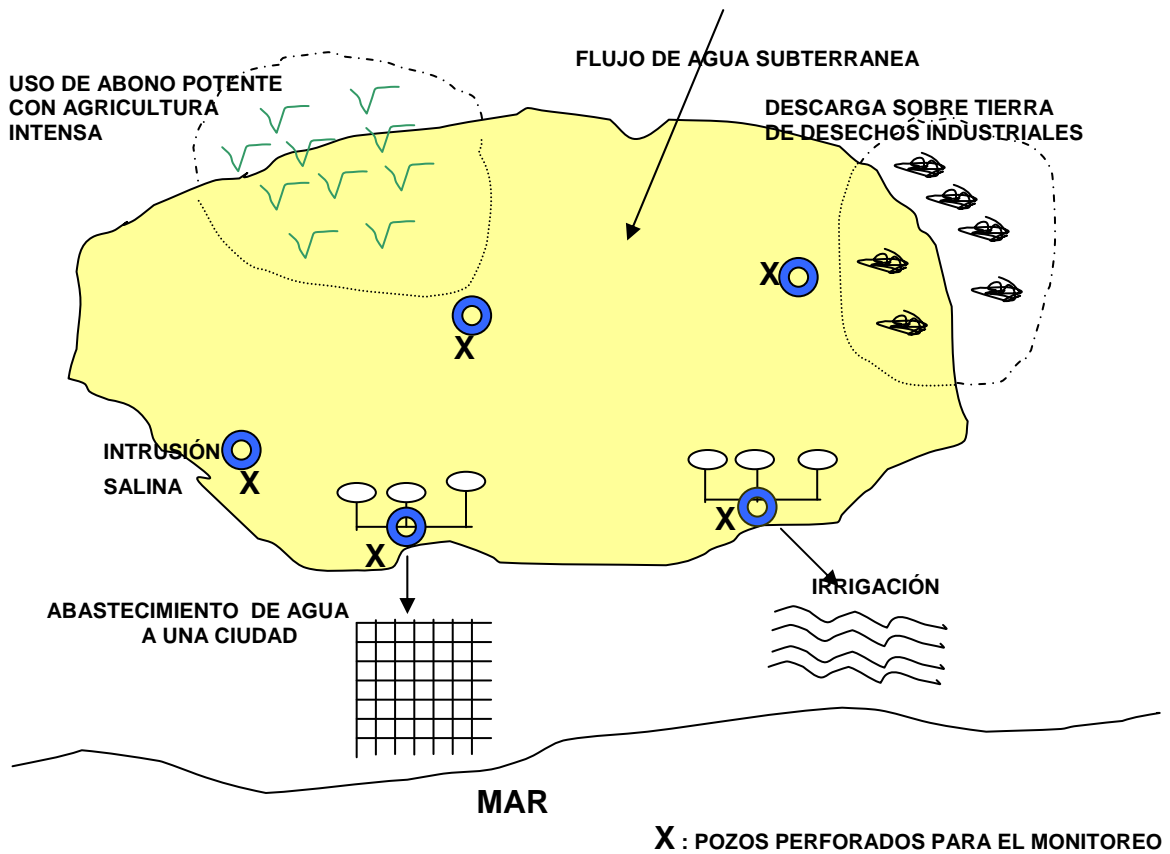
La solución de estaciones de monitoreo estará influenciada por los diferentes usos del agua y su ubicación, así como su magnitud y su importancia relativa. La ubicación de una fuente de agua subterránea cerca de depósitos de desechos industriales, impone un gran riesgo, requiriendo mayor supervisión.

Para Todas las Aguas

<u>Uso</u>	<u>Criterios</u>
1. Bebida y uso doméstico	La población que recibe el servicio.
2. Irrigación Agrícola	Valor anual de los cultivos y la población empleada.
3. Bebida del ganado	Número de animales, valor comercial anual.
4. Uso Industrial - grado bajo	Importancia nacional y local de la fábrica.
5. Uso Industrial - grado alto	Valor anual de productos, población empleada.

X. LOCALIZACION DEL LUGAR

5.1 SELECCIÓN DE LUGARES DE MUESTREO—AGUAS SUBTERRANEAS



XI. PLANIFICACION DE LA SELECCIÓN DEL LUGAR

Debido al alto costo necesario para el muestreo y los análisis de rutina, es necesario la planificación cuidadosa del sistema de monitoreo, la selección del lugar debería realizarse en una secuencia lógica, recomendándose que toda la información recolectada, así como las consideraciones y las razones para las decisiones tomadas en cada período deben ser escritas y archivadas. La información será recolectada teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✎ Recopilación y preparación de un inventario especializado, consistente en reconocer las fuentes de aguas subterráneas existentes en el área de estudio, que permita determinar los datos de base sobre los factores del flujo del agua subterránea, las características del acuífero y las características técnicas e hidráulicas de los pozos. Estos incluirán descargas o captaciones de efectos significativos: geografía, topografía, clima, tiempo atmosférico, hidrología, hidrogeología, usos del terreno, urbanización, industrialización o agricultura.

- ✎ Preparación de mapas o planos para la ubicación de las fuentes de agua subterránea naturales (manantiales) o artificiales (pozos a tajo abierto y pozos tubulares) a diferentes escalas (1/5,000; 1/10000; 1/25000), en los cuales se registran y plotean los pozos inventariados.

- ✎ Para la actualización de los datos y características técnicas de los pozos se utiliza fichas de campo normalizadas por el Ministerio de Agricultura - Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS), y los equipos e instrumentos de medición respectiva (sondas eléctricas, muestreadores de agua, conductivímetros, etc.)

- ✎ Recopilar toda la información disponible sobre los usos del agua y sus magnitudes, requerimientos de calidad e importancia relativa y preparar un inventario.

- ✎ Se recolectarán otros datos sobre la calidad del cuerpo de agua, o alguna parte de ella.

6.1 Estudios Preliminares

Durante un período, se deben realizar estudios representativos preliminares que abarquen las áreas de posibles sitios para el muestreo. Estos ayudarán en la identificación de lugares donde la calidad del agua es la más insatisfactoria o crítica. Se incluirán los análisis de los parámetros básicos y otros que se consideren importantes.

6.2 Revisión del monitoreo

Después en un período adecuado de muestreo y análisis, habría que decidir si se está o no reuniendo la información requerida. Podrían considerarse posibles cambios en los lugares de muestreo que mejoren los datos

6.3 Registro del Sitio

Se usan formatos de información que comprenden estaciones de muestreo en aguas subterráneas.

Estos incluyen:

- ✎ Localización del lugar de muestreo
- ✎ Condiciones físicas
- ✎ Influencia sobre la calidad del agua
- ✎ Usos del agua
- ✎ Extracción del agua subterránea
- ✎ Muestreo
- ✎ Análisis

XII. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

7.1 FRECUENCIA Y TIEMPO DE MUESTREO

La frecuencia y el tiempo de muestreo están determinados por la variabilidad de la calidad del agua.

Las aguas subterráneas tienen una variabilidad más baja que la de ríos o lagos. Los cambios en la velocidad dependen de la profundidad del muestreo, el tamaño y la porosidad, por ejemplo el volumen del agua, del acuífero y la conductividad hidráulica. El tiempo transcurrido entre cambios en el uso del terreno y el agua de carga de la superficie y sus efectos sobre el agua subterránea dependerán del tiempo de percolación. Las variaciones son a menudo, pero no invariablemente, estacionales con un retraso de tiempo de acuerdo a la tasa de percolación. La inyección directa en pozos perforados o intrusiones salinas desde fuentes subterráneas pueden admitir efectos más rápidamente

7.2 NUMERO DE MUESTRAS

La aproximación estadística al problema de cuándo deben recolectarse las muestras, ayudará a obtener una respuesta informada más que un estimado subjetivo.

7.3 TIEMPO DE MUESTREO

Si cuando ocurren las variaciones cíclicas se toman muestras a intervalos constantes, coincidiendo con el período del ciclo y por lo tanto en el mismo punto en el ciclo, los resultados sucesivos serán directamente comparables para el propósito de evaluar cambios en la calidad del agua. Tales muestras, sin embargo, no son representativas en el tiempo y no indican lo que está ocurriendo durante el resto del ciclo.

Las aguas subterráneas pueden tener patrones regulares de calidad, pero las tasas de cambios son relativamente lentas.

7.4 DETERMINACION DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO

La determinación de la frecuencia de muestreo necesaria para obtener los datos requeridos en una estación, puede dividirse en 5 etapas:

a) Recolección de información

- ✎ Recolectar información sobre todas las condiciones que afectan la calidad de agua y sus variaciones, y sobre la calidad del agua necesaria.
- ✎ La recolección de los datos analíticos existentes para ayudar en la evaluación de las variaciones de calidad en la estación.

b) Identificación de necesidades

- ✎ Se determinaran los parámetros de mayor importancia en la estación, considerando los usos del agua y los niveles a los cuales ellos interfieren con usos existentes o propuestos. Estas concentraciones serán las normas de calidad del ambiente local.

c) Calidad del agua

- ✎ Es necesario averiguar la calidad del agua existente y sus característica de variabilidad y en particular las concentraciones y variaciones de los parámetros de mayor importancia de la estación.
- ✎ Para estaciones subterráneas, unas cuantas muestras semanales o quincenales podrían establecer pronto las características de la estación, pero los muestreos a intervalos más largos deberían cubrir todo un año.

d) Determinación de la frecuencia de muestreo

- ✎ De la información obtenida en las etapas anteriores será posible confirmar la relativa importancia de los diferentes parámetros y fijar los márgenes que existen entre su nivel crítico, concentración interferente y decidir la concentración y frecuencia de las ocurrencias en las que se debe tomar acción.

e) Experiencia operativa y revisión

- ✎ En aguas subterráneas la frecuencia de muestreo puede ser cada tres semanas. Al final del año se deberán examinar estadísticamente los datos y revisar su frecuencia.

7.5 METODOS DE MUESTREO

a) Muestreo Manual

Las muestras manuales generalmente se toman en un breve período de tiempo y son llamadas **muestras puntuales o individuales**. Esta clase de muestreo es flexible tanto en tiempo como en espacio y hay varios equipos para muestreo manual que pueden adaptarse a las condiciones y necesidades. El equipo debe ser de materiales tales que no afecten la composición del agua muestreada, de fácil limpieza y debe estar libre de cualquier residuo de muestreos anteriores; además tener facilidad para transferir el contenido del muestreador al recipiente, sin que se pierda en el muestreador materia suspendida por asentamiento.

Para muestreo a profundidades mayores de 50m de largo, es costumbre emplear recipientes cilíndricos verticales, con tapas a cada extremo; las cuales son cerradas con un dispositivo intermedio, cuando se ha alcanzado la profundidad requerida.

Para muestreo a diferentes profundidades se puede suspender en el mismo cable varios recipientes a intervalos definidos.

El volumen necesario de la muestra dependerá de las determinaciones a realizarse y será especificado por el laboratorio incluyendo un margen.

b) Muestreo Automático

Existe una gran variedad de equipos para tomar mecánicamente muestras, según instrucciones predeterminadas. Las muestras pueden tomarse a intervalos fijos o continuamente y ser descargadas en recipiente individuales o en uno solo para obtener una muestra “compuesta”..

7.6 INFORMACION DEL MUESTREO

Todas las muestras deben portar etiquetas, que indiquen todas las mediciones de campo y registrarlas antes de abandonar la estación.

Si el recolector permanece en la estación hasta que se hayan completado todos los procedimientos, puede obtenerse una muestra para corregir cualquier error en determinaciones de campo, sin perder el tiempo al volver atrás.

Para aguas subterráneas la etiqueta sobre cada muestra, registrará:

- ✎ Localización de la estación,
- ✎ Número y tipo de muestras,
- ✎ Nivel de agua en el pozo al tiempo de muestreo,
- ✎ Tasa de bombeo o extracción,
- ✎ Tasa de bombeo o extracción durante las 24 horas anteriores,
- ✎ Temperaturas de agua,
- ✎ Temperatura de aire,
- ✎ Cualquier otra información importante,
- ✎ Resultados de determinaciones de campo,
- ✎ Nombre del recolector.

7.7 Expresión de Resultados

Los resultados de medir los distintos compuestos en el laboratorio se deben expresar en unidades que permitan comparar las características de las aguas con patrones de calidad o con otras aguas. En general los resultados se expresan en unidades como:

- ✂ mg/l peso por unidad de volumen
- ✂ ppm peso por unidad de peso
- ✂ meq/l miliequivalentes por litro de agua

Las unidades más usadas son el mg/l y el meq/l; las primeras expresan el peso de un elemento por litro de agua y las segundas el peso equivalente por litro estas últimas son homogéneas y permiten analizar la precisión de los resultados.

La expresión de los resultados como ppm, peso de la sustancia por unidad de peso de agua, se usó con frecuencia y resulta de dividir mg/l por la gravedad o peso específico del líquido. En el caso del agua el peso específico es muy próximo a la unidad, no así con otros fluidos.

7.7.1 EVALUACIONES DE LA CALIDAD DE AGUAS SUBTERRANEAS

MUESTRA: Agua de pozo tubular
LUGAR DE PROCEDENCIA: Estación Experimental Vista Florida
FECHA DE MUESTREO: 12 Abril de 1995
NUMERO DE MUESTRA: 02

$$C_{ex}10^6 = 1006.8$$

$$pH = 6.8$$

CATIONES meq/l		ANIONES meq/l	
Ca	6.2	CO ₃	n.e.
Mg	1.2	HCO ₃	7.50
Na	3.5	NO ₃	n.d.
K	0.02	SO ₄	0.26
		Cl	2.40

T : trazas.

n.d. : no determinado

n.e. : no se encontró en el análisis.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POZO N° 8 – CHACUPE

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	JULIO 1994	OCTUBRE 1997	MAYO 1998	AGOSTO 1998	SETIEMBRE 1999	VALORES O.M.S 1995
Turbidez	N.T.U	2.00	2.90	1.83	1.19	2.00	5
Dureza total	mg/l	220	280	325	305	-	500
Alcalinidad	mg/l	365	370	300	305	-	250
PH		7.60	7.58	7.26	7.57	-	< 11.0
Cloruros	mg/l	613.8	612	550	527.5	502.5	250
Sulfatos	mg/l	-	800	625	625	-	250
Sodio	mg/l	-	-	505.69	647	692	200

XIII. BIBLIOGRAFIA

1. JOHNSON DIVISION UOP. Inc. "El agua subterránea y los pozos" Saint Paul. Minnesota, 1975.
2. AGUILERA M. Y MARTINEZ R., Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Editorial Chapingo, México, 1980.
3. PALACIOS O y ACEVES E., "Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola". Colegio de Postgraduados. Chapingo. México, 1970.
4. PERSONAL DEL LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS E.U.A. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Editorial Limusa. México, 1980.
5. CUBILLOS A. Calidad del agua y control de la contaminación. CIDIAT, Venezuela.
6. ROMERO J.A., Calidad del agua, Alfaomega. Colombia, 1999.