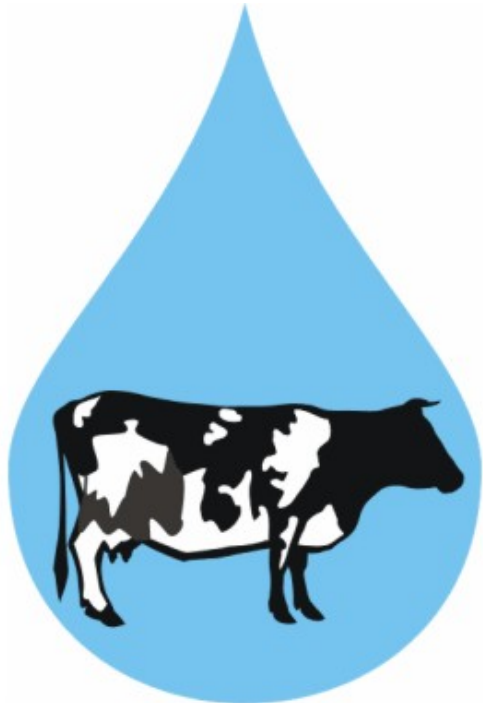


CALIDAD DE AGUA EN EL TAMBO



Dr. Jorge Montaña Xavier (GEOAMBIENTE)

Dr. Darío J. Hirigoyen (COLAVECO)

LOS ACUÍFEROS

En general el agua situada debajo de la superficie de la tierra formando una capa saturada se denomina agua subterránea.

Los materiales que permiten la acumulación y el movimiento del agua por debajo del suelo se denominan acuíferos, y constituyen la zona saturada.

Un **acuífero** es entonces aquella Formación Geológica que contiene agua y permite que cantidades significativas de la misma se muevan en su interior en condiciones naturales.

TIPOS DE ACUÍFEROS

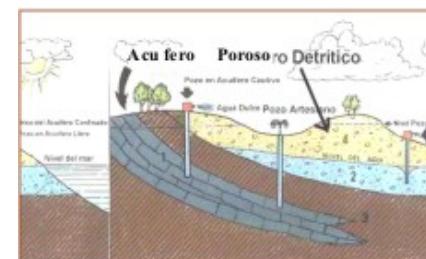
El agua ocupa:

1. Poros, en terrenos sedimentarios
2. Fisuras o rajaduras en rocas duras
3. Cavidades formadas por disolución, en rocas carbonáticas

En función de lo anterior, los acuíferos se pueden dividir en:

Acuíferos porosos

Se denomina **acuífero poroso** a los sedimentos granulares como las arenas o areniscas, en los cuales el agua ocupa poros existentes entre los granos de arena.

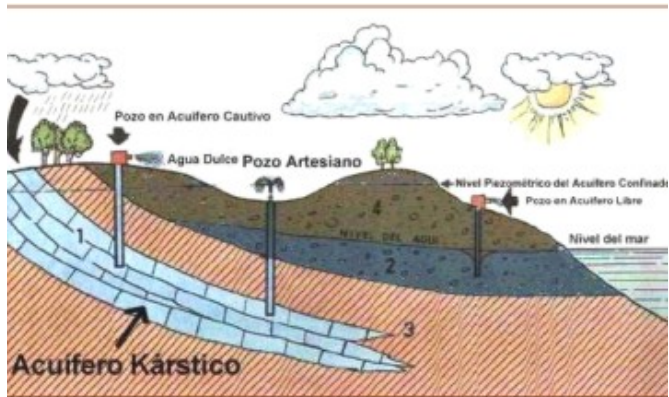


Acuíferos fisurados

Los acuíferos **fisurados** están compuestos por rocas “duras” que desarrollan porosidad por la presencia de rajaduras (fracturas, fallas, diaclasas) por lo cual se denominan de porosidad secundaria.

Acuíferos químicos

Se denominan **acuíferos químicos o por disolución** a los constituidos por rocas fundamentalmente carbonáticas, en las cuales la porosidad (huecos) se desarrolla en forma secundaria por disolución de la roca, (**Kartz** o similares).



Los acuíferos pueden ser clasificados también en función de la capacidad de transmisión de agua de la capa que constituye su límite superior o techo (camada confinante superior) y su piso o límite inferior (camada confinante inferior), además de la presión de las aguas en relación a la presión atmosférica. De esta manera se tienen:

Acuíferos libres

Están compuestos por un piso (roca) impermeable y el techo se encuentra en la superficie del terreno. También son llamados freáticos o no confinados. Son acuíferos cuyo límite superior se corresponde con la superficie freática, en la cual todos los puntos se encuentran a presión atmosférica.

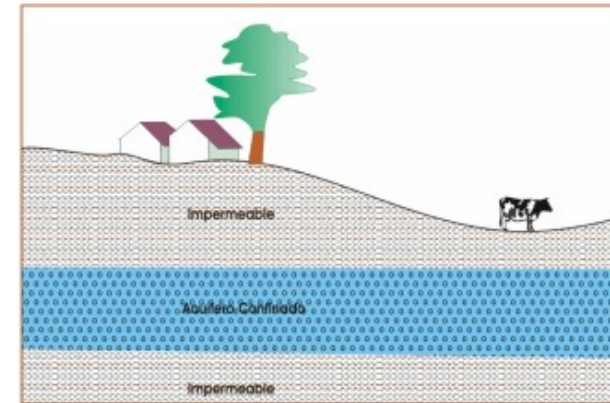
Esquema: Acuífero libre



Acuíferos confinados

El acuífero se encuentra cubierto por un techo y apoyado sobre un piso, ambos impermeables. También son denominados acuíferos “bajo presión”, dado que el agua se encuentra en ellos a mayor presión que la atmosférica. En un pozo que penetra en un acuífero de este tipo, el nivel del agua subterránea queda encima del techo del acuífero.

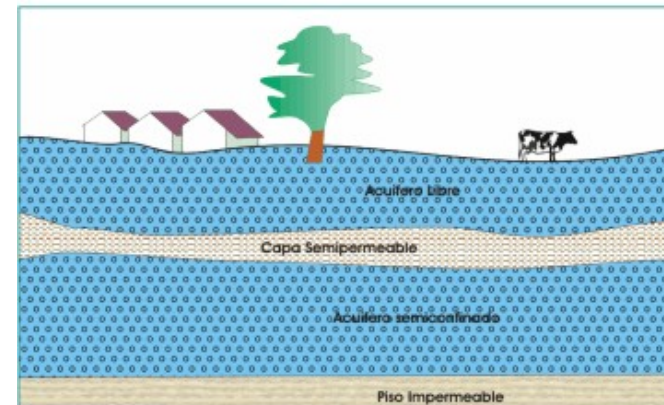
Esquema: Acuífero confinado



Acuíferos semiconfinados

Es un acuífero en el cual por lo menos una de las capas confinantes (techo o piso) es semipermeable (limos, limos arcillosos), permitiendo la entrada o salida de agua por drenaje ascendente o descendente.

Esquema: Acuífero semiconfinado



CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS - PERFORACIONES

Para obtener agua de un acuífero es necesario realizar una perforación, la cual se debe proyectar y construir con el fin de obtener agua en forma eficiente.

El proyecto de un pozo es realizado por geólogos a partir de un Estudio Hidrogeológico que determinará el método y la forma más eficiente para construir el pozo.

Métodos de Perforación

En función del tipo de terrenos, rocas duras (granitos, basaltos) o sedimentarias (areniscas, gravas), se elegirá el método de perforación:

El subsuelo de nuestro país está constituido en su mayor parte por rocas duras donde se requiere el método de perforación a Percusión con Cable y recientemente con el método de Martillo de Fondo.

Los dos sistemas se basan en perforar las rocas por impacto. El primero es lento, perforando en roca dura 1 a 2 metros por día, mientras que el segundo es mucho más eficiente y puede realizar 40 a 50 metros por día.

En los terrenos sedimentarios se utilizan generalmente el método de perforación a Rotación basado en el giro de una herramienta de corte que se conecta a una mesa de rotación que impulsa el movimiento mediante una columna de varillas. También es utilizado el método a percusión, ampliamente difundido.

UBICACIÓN Y FISCALIZACIÓN DEL POZO

Ubicación del Pozo

Para la ubicación de un pozo para agua es necesario consultar un *geólogo* que es el profesional competente para realizar este trabajo.

El resultado será la localización del mejor lugar con criterios técnicos-científicos, cuyos resultados serán expresados en un informe donde se incluirá el proyecto constructivo del Pozo.

Proyecto de Pozo

El proyecto de pozo debe incluir los siguientes datos:

- a) Profundidad de la perforación
- b) Diámetros de la perforación, material, largo y diámetros de tuberías.
- c) Abertura, largo y material de los filtros.
- d) Caudal estimado.
- e) Estimación de la calidad del agua a extraer.
- f) Recomendación de la maquinaria adecuada para perforar.
- g) Asesoramiento en el costo de la obra.

- Todo este proceso resulta en ahorro económico con aumento de las probabilidades de éxito en el resultado final de las obras en cuanto a su calidad y eficacia, siendo el costo del estudio mucho menor al riesgo económico que se asume al realizar una captación de agua subterránea sin Estudio Hidrogeológico Previo, ya que además de todo, las Empresas perforadoras serias aseguran el agua solamente cuando se realiza dicho estudio.

Fiscalización de la Obra

A partir del Proyecto de la obra y la maquinaria adecuada para construir el pozo se fiscaliza la obra cuidando que la misma se realice de acuerdo al proyecto de pozo.

Se debe destacar que una perforación de agua subterránea es una obra diferente del común de las demás, puesto que se trata de una obra que permanece oculta varios metros bajo la superficie, con pocas probabilidades de verificar su calidad constructiva o la de los materiales que la componen luego de que es terminada. Además, los perjuicios de una mala construcción o mala calidad de materiales en una perforación serán observados a mediano y largo plazo, lo que limita la posibilidad de reclamos.

En caso de no existir vigilancia por parte del contratante, este dependerá exclusivamente de la buena voluntad de la Empresa Perforadora, con pocas oportunidades de reclamo luego de terminado el trabajo.

DEPÓSITOS

Los depósitos de agua más utilizados en el interior de nuestro país son los tanques elevados, de diferentes capacidades en función de la demanda de agua existente. También se utilizan otros tipos de depósito como los tanques australianos, aunque con menos frecuencia, y para fines distintos que el abastecimiento humano (riego, abastecimiento de animales, etc)

Tanque elevado



Tanque australiano



Los depósitos de agua deben ser limpiados periódicamente (como mínimo trimestralmente), para lo cual se procede al vaciado del tanque, limpieza de las paredes internas, tapa, etc con hipoclorito, y enjuague del depósito.

EXTRACCIÓN DE AGUA

Los diferentes sistemas o equipamientos utilizados para la elevación del agua de una perforación son:

- **Molino:** Tienen el inconveniente de requerir de la presencia de viento para su funcionamiento, por lo que son útiles solamente en zonas con esta característica climática, y deben ser ubicados en áreas relativamente altas y despejadas (sin cortinas de árboles ni obstáculos para el pasaje de aire). Pueden elevar caudales pequeños, del orden de 500 – 1000 l/día, y desde profundidades someras, por ello se utilizan mayormente en perforaciones brocales. Tienen alto costo de instalación pero bajo costo de funcionamiento, limitado solo a su mantenimiento, dado que no consumen energía eléctrica.
- **Bombas de superficie:** Elevan caudales variables en función de la potencia de la bomba, pero en general desde profundidades someras, por lo que se utilizan mayormente en perforaciones brocales. Tienen en general menor costo que las bombas sumergibles. Funcionan con energía eléctrica (red eléctrica o generador).
- **Bombas sumergibles:** Elevan caudales variables en función de la potencia de la bomba, desde cualquier profundidad. Funcionan con energía eléctrica (red eléctrica o generador).



- **Bombas solares:** Pueden elevar caudales pequeños, del orden de 500 – 1000 l/día, desde profundidades variables en función del tipo de bomba. Tienen alto costo de instalación pero bajo costo de funcionamiento, limitado solo a su mantenimiento, dado que no consumen energía eléctrica, sino que acumulan energía solar mediante paneles durante las horas diurnas.

ACTIVIDADES QUE PROVOCAN CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS Y MEDIDAS PARA MANTENER LAS FUENTES DE AGUA

Problema: Deficiencias en la construcción del pozo	Solución
Pozo tubular o brocal sin tapa: entrada de insectos, batracios, roedores, pájaros.	Colocación de tapa
Falta de cementación (sello sanitario): Entrada de aguas superficiales contaminadas	Colocación de cementación hasta 12m
Falta de área de protección del pozo. <ul style="list-style-type: none"> - Aporte de materias fecales - Orín - Lavados de botas - Lavados de baldes, tanques, autos, etc 	Debe existir un perímetro de por lo menos 10m alrededor del pozo, cercado, donde no se realice ninguna actividad.

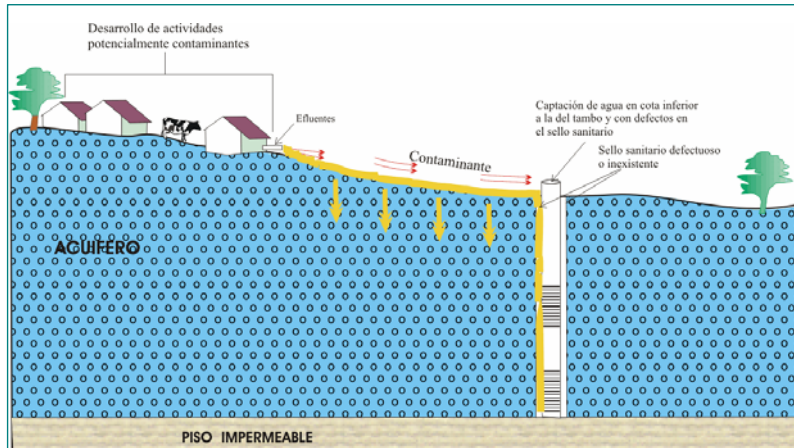
Problema: Deficiencias en la ubicación del pozo	Solución
Ubicación cercana a fuentes de contaminación: <ul style="list-style-type: none"> - pozos negros - basureros - corrales - caminos de ganado 	Ubicación del pozo a una distancia de la fuente de contaminación nunca menor a los 20m, dicha distancia depende del tipo de contaminante y del tipo de acuífero.
Ubicación en una cota más baja que la fuente de contaminación:	<ul style="list-style-type: none"> - Anular la fuente de contaminación - Cambiar ubicación del pozo

Problema: Deficiencias en la tubería de conexión entre el pozo y el tanque	Solución
<ul style="list-style-type: none"> - Conexión improvisada con goma y alambre, donde la tubería pierde agua cuando se bombea - Mientras no se extrae agua del pozo puede darse la entrada de agua a la tubería que puede tener contaminantes 	Conexión de PVC para la unión de la tubería

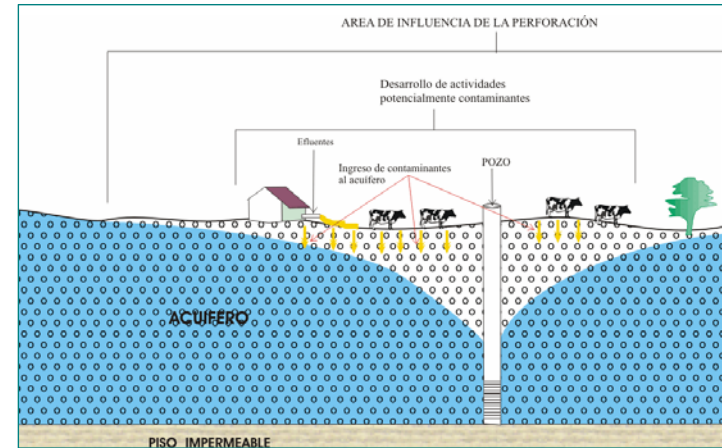
- Rotura de tubería ubicada superficialmente.	La tubería debe colocarse "enterrada" y cubierta.
La tubería pasa por canaletas de desagüe de tambo o corrales, cercanas a caminos de tropa.	La trayectoria de la tubería debe ser proyectada y construida sin interceptar ninguna fuente de contaminación.

Problema: Deficiencias en el depósito de agua (tanque)	Solución
- Contaminación en el tanque	<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de tapa en el tanque - Limpieza del depósito cada 3 meses con una solución de hipoclorito - Solucionar problemas de rotura

Esquema: Llegada de contaminantes al pozo situada en cota baja y sin sello sanitario. Pozo mal ubicado y mal construido.



Esquema: Contaminación del pozo al existir actividad contaminante en radio de influencia. Pozo mal ubicado



EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

Análisis bacteriológico del agua (Recomendaciones del laboratorio de Obras Sanitarias del Estado - Uruguay)

1. Abrir la canilla de la que se va a extraer la muestra, dejando correr el agua por lo menos 10 minutos, regulando la salida de agua de modo que no sea demasiado violenta.
2. Lavar la salida del grifo y luego quemar la parte interna de la canilla con un hisopo empapado en alcohol (nunca queroseno o nafta), evitando que el calentamiento sea excesivo y provoque deterioros.
3. Abrir la canilla con cuidado de no tocar la parte desinfectada y regulando la salida del agua.
4. Extraer la muestra siguiendo las etapas que a continuación se detallan:
 - a. Desatar el hilo que fija el casquete de papel al cuello del frasco especial para análisis bacteriológico y destaparlo.
 - b. Separar los bordes del casquete sin retirarlo de su posición de manera que la tapa quede siempre protegida por él, manteniendo el casquete y tapa siempre en la mano, sin posarlo en ninguna superficie, ni arrimarlo a la ropa.
 - c. Llenar el frasco hasta sus cuatro quintas partes con el agua, nunca hasta la boca.



- d. Tapar el frasco teniendo la tapa el casquete puesto.
 - e. Pegar la etiqueta al frasco indicando en ella lugar y fecha de extracción, localidad y dirección donde está ubicada la fuente de agua y nombre del remitente.
 - f. El frasco envuelto en el mismo papel, se remite a laboratorio lo más rápidamente posible; si por alguna razón se demora más de dos horas el envío de la muestra luego de haber sido extraída, debe conservarse en heladera (no en el congelador).
5. En ningún momento y por ninguna razón se debe enjuagar el frasco destinado al análisis bacteriológico.

PRUEBA DE CAUDAL

Cuando se pone en funcionamiento el pozo para el abastecimiento debe tener un control de las horas de bombeo diario y un control mensual de los niveles y del caudal. El control diario del pozo se realiza en un cuaderno donde se registra la hora en que se prende la bomba y la hora en que se apaga.

Una vez al mes, preferentemente en el mismo día, se medirán:

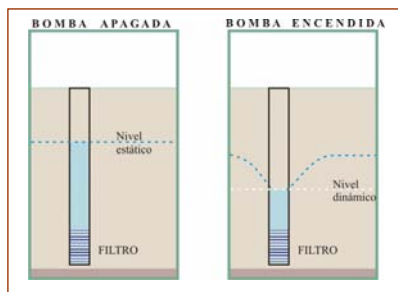
- Nivel de agua antes de poner en funcionamiento la bomba
- Nivel de agua 20 minutos antes de desconectar la bomba
- El caudal que se está extrayendo del pozo

Medida del nivel

Los niveles de agua tanto estático como dinámico, se detectarán mediante un medidor de nivel.

Existen varios tipos de medidores de nivel, el más práctico y económico de construir consiste en un voltímetro, conectado a un cable doble, marcado con medidas cada metro. Estos cables se unen en el otro extremo mediante una cinta aisladora a una pesa de 10 a 15 cms de largo y 3 a 4 mm de ancho. A cada cable en su extremo se le saca la cubierta, uniéndolo a la pesa a diferente altura, dejando el circuito abierto.

Cuando el extremo del cable toca el agua, se cierra el circuito y es detectado en el voltímetro. Obtenemos la profundidad del agua en la medida del cable.



Medida de caudal

Para la medida de caudal es necesario tener un tanque de 200 litros y un reloj con segundero.

El procedimiento consiste en cerrar la llave de la red y abrir la llave del aforo, donde debe existir una tubería de un metro de altura. En el extremo de la tubería se coloca el tanque de 200 litros.

Para proceder a medir el caudal, se comienza la medida del tiempo en el instante de colocar la tubería en el tanque y se mide el tiempo que demora en llenarse el tanque.

La medición del caudal, se realiza como se muestra en el siguiente ejemplo:

Medida de tiempo en llenar el tanque = 3 minutos (180 segundos)

180seg	-	200 litros
3.600 seg	-	?
<hr/>		
$\frac{3.600 \times 200}{180}$	=	4.000 litros/hora

Se puede adoptar como regla, para el caso en que la medida del tiempo se realice en segundos y utilizando un tanque de 200 litros, la siguiente operación:

$$3.600 \times 200 = 720.000$$

O sea que para conocer el caudal debemos dividir 720.000 sobre el valor del tiempo de llenado del tanque, y el resultado queda expresado en litros por hora.

DEMANDAS DEL GANADO

- La provisión de agua en cantidad y calidad insuficiente limita la producción y el desarrollo del ganado, conduciendo a problemas de salud. Los problemas de calidad suceden por un mal manejo de las distintas fuentes de agua, su tubería de distribución y reserva..
- El consumo de agua por el ganado varía fundamentalmente con: las categorías; estado fisiológico del animal; clima; tipo y forma de alimento ingerido; y calidad del agua. Con libre acceso beben hasta 10 veces en 24 horas, llegando a consumir entre el 30 y 50 % del consumo total luego del ordeño.
- Un reducido consumo de agua, lleva a menor producción de orina, estreñimiento (materia fecal firme), caída de la producción de leche, y si es acentuada, a síntomas de deshidratación.
- El abastecimiento puede ser:
 - Aguas superficiales: ríos, arroyos, lagunas, tajamares.
 - Aguas profundas: pozos
 - Bajo formas de bebederos, tanques australianos, tomas de almacenamientos.

**CONSUMO DIARIO DE AGUA,
SEGÚN TEMPERATURA AMBIENTE Y PRODUCCIÓN DE LECHE**

CATEGORÍA	CONSUMO MS (Kgrs)	10°C litros	20°C litros	32°C litros
Tenera (90 Kg)	3	10	11	15
Vaquillona (270 Kg)	8	26	37	45
Vaca seca (600 Kg)	13	45	58	70
Vaca (18 lt/día)	16	66	79	92
Vaca (30 lt/día)	18	77	90	100
Vaca (35 lt/día)	20	89	100	115

Fuente: Harris y Van Horn (1991)

M.S = materia seca

Consumo de agua fresca y pura: Debe ser disponible en todo momento, más en periodos calurosos. Incentiva el consumo de alimento y un mayor pastoreo. Cuanto más seca es la pastura o mayor el suministro de concentrado mayor es el consumo de agua..

Disposición de bebederos: es recomendable disponer lmts lineal de acceso cada 10 vacas, abordable por todos sus lados, reduce las peleas por el consumo. Bien asentados sobre piso firme. En lo posible uno por potrero. Debe ubicarse uno a la salida del tambo, luego del ordeño. El 15 % del rodeo debe poder beber al mismo tiempo.

Aguas duras y con tratamiento de cloro: no producen efecto adverso y contribuyen a un buen estado de salud de los animales

Mantenimiento de tajamares: Controlar defensas naturales (montes) y alambrados perimetrales; Esto evita que los animales beban directamente del azude. Los mismos rompen los terraplenes y favorecen la degradación con sus pezuñas, llevando a un aumento de sedimentos que terminan colmatando el embalse. Las deyecciones de los animales llevan consigo gérmenes patógenos que encuentran en las aguas quietas sitios ideales para multiplicarse y propagarse (leptosira, salmonella, coccidia, E. Coli,etc.)

El empastamiento perimetral controla la sedimentación. Realizar cámaras de aquietamiento en el extremo que alimenta el embalse.

PROBLEMA	QUE PRODUCE	QUE HACER
Contaminación bacteriana	Puede incrementar susceptibilidad a enfermedades dependiendo de la categoría	Corregir fuente de contaminación Clorinar y filtrar lo más usado. Opsonización y ultravioleta en menor grado.
Floraciones algales	Producen irritación, trastornos hepáticos, nerviosos, inclusive la muerte.	No dar de beber. Reducir el aporte de nutrientes al sistema hídrico.
Elevados niveles de sulfato y Magnesio	Producen diarrea. Incrementan requerimientos de Selenio, Vit. E y cobre.	Diluir con otra agua. Remoción por filtración

Nitratos	encima de 100-150 ppm problemas reproductivos (infertilidad, aborto, poca ganancia de peso)	Controlar y/o reducir nutrientes nitrogenados al suelo. Tratar efluentes de tambo y silos.
Plomo, Mercurio, cadmio	Encima de 0,1- 0,5 ppm tóxico	Sustituir cañerías de plomo. No eliminar baterías ni pinturas en el campo y menos próximo a cursos de agua
Nitritos	Encima de 4 - 10 ppm Dificultad respiratoria, muerte	Controlar aportes de materia gánica al suelo y reducir aportes de fertilizantes.
Pesticidas y productos relacionados	Irritación, cuadros digestivos, nerviosos y en forma crónica producen cáncer. Exposición al consumidor	Control y uso cuidadoso. Pueden llegar a removerse con carbón activado
Aguas con pH <5,5	Puede inducir a acidosis leve: Disminuye producción láctea; Porcentaje de grasa en leche baja; Disminuye ganancia diaria	Neutralizar con filtros. Adicionar cal al agua.
Muy ácida o alcalina Sulfuro de hidrogeno (sabor a huevo podrido) Gusto metálico por hierro Muchas partículas en suspensión	Rechazo del consumo de agua	Neutralizar Suprimir aporte de nutrientes Controlar la erosión y el tipo de laboreo del terreno.
Aguas estancadas, poca renovación	Predispone a cuadros de mastitis ya floraciones algales	Limpiar y desinfectar bebederos Reactivar curso de agua, airear.