

# E27 - Métodos y medios disponibles para el análisis físico, químico y/o bacteriológico del agua, sencillos o más elaborados

4 de diciembre de 2013



## 1) ¿En qué consiste ?

En conocer los medios más simples para el análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua para comprobar su potabilidad, y sobre todo los kits, fáciles de conseguir y de utilizar.

Agua potable es aquella que respeta las normas definidas por la OMS para ciertas zonas geográficas o criterios regionales específicos. Estos últimos fueron definidos **en la ficha E26**.

Es conveniente conocer los métodos y los medios para el análisis del agua adaptados a los recursos financieros disponibles, así como a la región interesada y al material que se puede encontrar en ella.

## 2) ¿Quién utiliza principalmente este medio ?

La OMS definió diversos criterios de potabilidad y **recomendaciones**, recogidas en **la ficha E26**. Los países desarrollados y la mayoría de las grandes ciudades las aplican y comprueban la calidad del agua de manera permanente con ayuda de analizadores continuos o mediciones en el laboratorio, para garantizar a los consumidores que el agua es potable.

Estas recomendaciones, bastante rigurosas, **no son siempre respetadas** en su totalidad en algunos países o regiones, ya que resultan demasiado estrictas para aquellos que carecen de medios. En las aldeas, los técnicos, los jefes de aldea o las personas con formación suelen encargarse simultáneamente de concienciar a la población y del desarrollo de las pruebas.

### 3) ¿Por qué ?

**Porque el agua continúa siendo una de las causas de enfermedad, e incluso de mortalidad, más importantes** en los numerosos países en los que el acceso a ella sigue resultando muy complicado o donde no es potable.

Según las Naciones Unidas, en la actualidad hay 884 millones de personas que carecen de acceso a una de las denominadas fuentes de agua « protegidas », por lo que la potabilidad no está garantizada, ya que el agua procedente de un pozo o una fuente cerrada no es siempre potable. Varios expertos de renombre internacional estiman que en realidad **el número de personas que no disponen de agua potable alcanza al menos los 2.000 o 3.000 millones.**

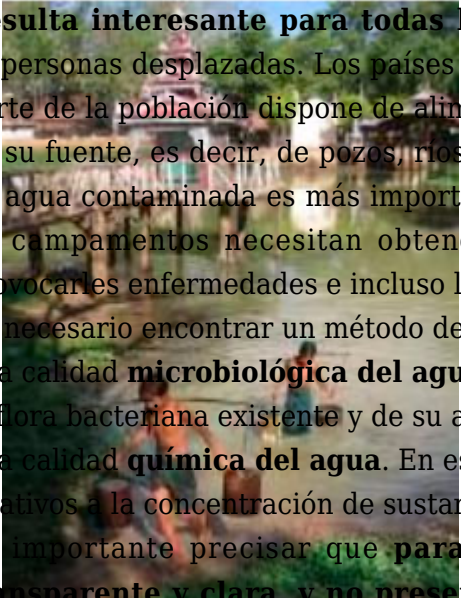
Las enfermedades contagiosas causadas por las bacterias patógenas, los virus y parásitos están a menudo relacionadas con el consumo de agua que no responde a los criterios mínimos de potabilidad. Constituyen el riesgo sanitario más común y extendido. Así, es importante **conocer las normas y los indicadores o aparatos de medición de la potabilidad y la calidad**, y, sobre todo, **comprobar que sean respetados**, especialmente en los puntos de acceso al agua, **y, si es necesario, adaptarlos** con prudencia en función de las zonas y las particularidades locales.

Por último, tras estudiar estas normas y los indicadores o aparatos disponibles, es preciso encontrar el método de análisis que mejor se adapte a la situación del país o de la región.



### 4) ¿Quiénes son los principales interesados ?

## Jóvenes birmanos faenando el agua



**Resulta interesante para todas las poblaciones**, especialmente para las locales, los refugiados y las personas desplazadas. Los países pobres son los principales interesados, puesto que solo una pequeña parte de la población dispone de alimentación mediante red pública. El resto extrae el agua directamente de su fuente, es decir, de pozos, ríos o reservas pluviales naturales. Es en estos casos donde el consumo de agua contaminada es más importante. Del mismo modo, las poblaciones desplazadas y los refugiados en campamentos necesitan obtener rápidamente agua lo suficientemente potable como para no provocarles enfermedades e incluso la muerte. Sin embargo, su calidad es con frecuencia sospechosa.

Es necesario encontrar un método de análisis que pueda aportar información sobre :

- La calidad **microbiológica del agua**. Para ello hay que realizar una prueba que proporcione una idea de la flora bacteriana existente y de su abundancia en el agua.

- La calidad **química del agua**. En este caso hay que llevar a cabo una prueba que proporcione resultados relativos a la concentración de sustancias minerales tóxicas o nocivas para la salud.

Es importante precisar que **para poder resultar agradable al consumo, el agua debe ser transparente y clara, y no presentar sabores ni olores repulsivos**. No obstante, un agua que no satisfaga plenamente estos criterios no necesariamente supone un riesgo para la salud. Antes de realizar cualquier ensayo físico-químico o bacteriológico, un simple análisis sensorial puede bastar para determinar si el agua es bebible o no, y si es posible poner una solución al posible problema.

Una prueba puede servir para confirmar los resultados obtenidos mediante el análisis sensorial.

## 5) ¿Cuáles son los métodos de análisis y los indicadores o

# aparatos de medición disponibles ? ¿Cómo se utilizan ?

## a) Métodos de análisis físico y químico del agua

Además de las variables habituales, se deben analizar ciertos parámetros específicos en función de la región o de los problemas que surjan (por ejemplo, si se trata de una región especialmente afectada por los vertidos de arsénico en sus aguas, como ocurre en Bangladés, habrá que realizar preferentemente una prueba de arsénico). La OMS también ha establecido normas específicas para situaciones de emergencia y crisis, tanto físico-químicas como bacteriológicas.



Para estos análisis pueden emplearse indicadores de potabilidad y calidad :

- Kits
- Sondas portátiles
- Tiras
- Visuales : observar la superficie del agua (material en suspensión, hidrocarburos, aceites, color, olor) [<http://www.wikiwater.fr/IMG/UserFil...>]

Esencialmente, los análisis físico-químicos pueden resumirse en la medición del pH y de la tasa de cloro residual a nivel de los grifos y el hogar. Esto permite garantizar el control de la cloración realizada a diario en los tanques, los depósitos y los pozos con bomba manual para mantener el contenido en cloro residual en los grifos entre 0,4 y 0,5 mg/l.

El muestreo a nivel de la instalación o aguas arriba de la red de distribución puede ser suficiente en el caso de los componentes cuya concentración no fluctúa durante la distribución. Sin embargo, en aquellos cuya concentración es susceptible de variar a lo largo de la misma, es conveniente realizarlos según el comportamiento o el origen de la sustancia en cuestión.

Los muestreos deben llevarse a cabo principalmente en puntos próximos a los extremos de la red de distribución y en derivaciones que abastezcan directamente a viviendas y edificios con un gran número de ocupantes. El plomo, por ejemplo, debe dosificarse a nivel de las derivaciones que alimentan a los consumidores, ya que las fuentes habituales de plomo son las conexiones o las instalaciones de fontanería de los edificios.

En caso de que sea necesario ajustar la presencia de ciertas sustancias, existen numerosos kits específicos para ello :

### Métodos visuales u organolépticos



**Analizador de cloro**



**Kit multifuncional**

Evaluation des paramètres organoleptiques	Précautions
<b>La couleur.</b> Il s'agit d'estimer visuellement la ton, l'intensité et l'éventuelle évolution temporelle de la coloration. Une eau potable ne doit pas présenter de couleur particulière (incolorer).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour ce faire, il est utile de disposer d'un récipient en verre dans lequel l'épaisseur d'eau est d'au moins 10 cm que l'on place devant une surface blanche.</li> </ul>
<b>L'aspect de la surface.</b> On peut observer un film d'hydrocarbure, des matières flottantes, la formation de mousse, etc.	
<b>La limpidité.</b> On dit d'une eau qu'elle est limpide lorsqu'elle est parfaitement transparente et exempte de particules en suspension. On évalue la limpidité en examinant l'eau dans un récipient en verre que l'on place devant une source lumineuse.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il arrive que de fines bulles se forment dans l'eau par dégazage. Laisser alors reposer l'eau quelques minutes avant de procéder à nouveau à l'évaluation.</li> </ul>
<b>La turbidité.</b> Elle est causée par des matières minérales ou organiques très fines en suspension. On l'évalue comme la limpidité (voir ci-dessus). Une eau présentant la moindre turbidité ne peut évidemment pas être qualifiée de limpide. Ces deux caractéristiques s'excluent mutuellement.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décrire la couleur et l'importance de la turbidité en indiquant par exemple l'épaisseur d'eau au travers de laquelle on distingue encore la forme d'un objet.</li> <li>Voir également ci-dessus (présence de bulles d'air).</li> </ul>
<b>Les éventuels sédiments ou matières en suspension.</b> Il s'agit des matières en suspension visibles à l'œil nu, par exemple des particules de matière organique ou des limons, ainsi que celles qui sédimentent au fond du récipient.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décrire la nature, la couleur et la quantité des suspensions et des sédiments.</li> <li>Décrire également les sédiments déposés au fond d'une chambre de captage par exemple.</li> </ul>
<b>L'odeur.</b> On décrit le type et l'intensité de l'odeur, par exemple odour puerile, de terre, odeurs de nature chimique rappelant le chlore, (H <sub>2</sub> S (sauf poivré), les hydrocarbures, etc. Une eau potable ne doit pas présenter d'odeur particulière (= inodore).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dans un captage ou un forage, des odeurs émises par les matériaux des infrastructures peuvent masquer celle de l'eau ou fausser la perception de l'odeur de l'eau.</li> <li>Évaluer donc l'odeur dans un milieu aéré sans source d'odeurs particulières.</li> <li>Les sens s'habituent rapidement à une odeur, la première impression doit être retenue ou alors recommencer l'évaluation après un certain temps.</li> </ul>
<b>La saveur.</b> On évaluera le type et l'intensité du goût comme le ferait un dégustateur. Une eau potable ne doit pas présenter de goût particulier.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restez prudent avec une eau potentiellement contaminée.</li> </ul>



## Medición del pH



*Peachímetro*



Techniques de mesure du pH	Précautions
<p><b>pH-mètre</b> Il existe de nombreux types d'appareils et d'électrodes. Les appareils traditionnels sont munis d'une électrode avec référence interne contenant le plus souvent une solution de KCl 3M à remplacer périodiquement. Avant les mesures, il est indispensable d'étalonner le pH-mètre avec deux solutions tampons du pH connus et englobant la plage de pH des eaux à mesurer (p. ex. pH 7.0 et 10 pour des eaux plutôt basiques ou pH 7.0 et 4.0 pour des eaux plutôt acides). Les procédures d'étalonnage sont spécifiées dans les notices d'utilisation. Avec un pH-mètre manuel traditionnel, procéder ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• placer le bouton de sélection sur « pH » ;</li> <li>• régler le bouton « température » à celle des tampons ;</li> <li>• rincer l'électrode à l'eau déminéralisée, l'essuyer avec un papier absorbant, puis la plonger dans le tampon de pH 7 et remuer lentement ;</li> <li>• lorsque la valeur s'est stabilisée, afficher le pH réel avec le bouton « pH » ou « ΔpH », selon l'appareil ;</li> <li>• rincer l'électrode à l'eau déminéralisée, l'essuyer avec un papier absorbant, puis la plonger dans la deuxième solution tampon et remuer lentement ;</li> <li>• lorsque la valeur s'est stabilisée, afficher le pH réel avec le bouton « pente » ou « mV/pH », selon l'appareil ;</li> <li>• rincer l'électrode à l'eau déminéralisée, régler le bouton « température » de l'appareil à la température de l'eau, le pH-mètre est alors prêt à l'emploi.</li> </ul> <p>Si la mesure ne peut pas se faire dans l'eau courante, il faut prendre un échantillon dans un récipient d'au moins 250 ml afin de rincer l'électrode et lui laisser atteindre l'équilibre thermique et chimique. On renouvelle l'eau pour faire la mesure définitive. Lors de la mesure, on déplace lentement l'électrode dans l'eau. Il faut habituellement 1 à 3 minutes pour que la mesure se stabilise.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier avant l'étalonnage que les solutions tampon n'ont pas dépassé leur durée de vie (voir notice du fournisseur).</li> <li>• Pour l'étalonnage, on garde les solutions tampons dans des flacons de 50 ml. Si l'appareil ne dispose pas de dispositif de correction de la température automatique ou manuel, elles doivent être amenées à la température de l'eau à mesurer (les laisser tremper dans un seau ou dans le captage). Le pH du tampon varie avec la température. Il faut donc mesurer la température du tampon juste avant l'étalonnage, lire la valeur de pH correspondante sur la table de variation du pH en fonction de la température (imprimée sur le flacon de tampon) et l'utiliser comme valeur d'étalonnage.</li> <li>• Entre chaque série de mesure, stocker l'électrode dans son capuchon avec une solution spécifiée dans le mode d'emploi de l'électrode, habituellement du KCl 3M.</li> <li>• Comme le pH est sensible aux phénomènes de dégazage, d'oxydation, de précipitation ou de variation de température de l'échantillon, la mesure dans un récipient doit s'effectuer sans délai.</li> <li>• L'électrode doit être régulièrement entretenue, puis changée lorsque le temps de stabilisation devient trop élevé. Il est donc important de consulter les instructions du fournisseur pour chaque électrode.</li> <li>• Les électrodes en verre sont très délicates !</li> <li>• Les électrodes courantes sont conçues pour des solutions à haute force ionique ; pour les eaux peu minéralisées (conductivité &lt; 500 µS/cm), il faut utiliser des électrodes spécialement conçues pour ce genre de milieu.</li> <li>• Attention, les étalons de pH 4 ont tendance à se conserver moins bien que les autres.</li> </ul>
<p><b>pH-mètre à microprocesseur</b> Les appareils modernes comportent une correction automatique de la température et sont munis d'électrodes couplées pH-température protégées par une enveloppe antichoc. Les électrodes modernes ont un temps de stabilisation d'environ 1 minute. Leur solution interne ne doit plus être changée. La mesure se fait comme indiqué ci-dessus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observer les mêmes précautions que ci-dessus.</li> <li>• Ce type d'appareil rend possibles de nombreuses applications. Il faut suivre le manuel d'utilisation pour procéder au calibrage et à la mesure.</li> <li>• Attention, la durée de vie d'une électrode est limitée. Elle varie selon son utilisation et les fluides mesurés.</li> </ul>
<p><b>Kits de mesure du pH</b> Simples à utiliser, ils permettent de déterminer le pH par colorimétrie avec une précision de 0.2 à 0.5 unité, suivant le type de réactif utilisé.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très pratique pour la mesure dans les eaux très peu minéralisées (&lt; 100 µS/cm)</li> </ul>
<p><b>Papier pH.</b> Ne donne qu'une vague indication trop peu précise dans les eaux naturelles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A proscrire.</li> </ul>



## b) Métodos de análisis bacteriológico del agua

Los análisis microbiológicos se basan en la búsqueda de aquellas bacterias que se consideran indicadoras de contaminación fecal.

Normas de calidad microbiológica del agua para beber fijadas por la OMS y recogidas por la RéFEA

**El indicador más útil es la bacteria *Escherichia coli***, ya que abunda en las heces humanas y resulta lo bastante persistente para su búsqueda (su detección en agua a 20 °C es posible tras periodos de entre 1 semana y 1 mes). Sin embargo, su identificación sobre el terreno es difícil y requiere del uso de aparatos específicos o del método de « filtración por membrana ».

**En los análisis rutinarios se buscan bacterias del grupo de las coliformes termotolerantes**, al que pertenece *E. coli*.

Sobre el terreno, la aplicación del **método de filtración por membrana resulta relativamente sencilla** :

- Consiste en **filtrar** un volumen de agua conocido **a través de una membrana porosa**, calibrada para la retención de las bacterias (0,45 µm).
- A continuación, esta membrana se coloca en condiciones que permitan el desarrollo de las coliformes termotolerantes, pero no el de otras bacterias ; para ello es necesaria una incubación de 24 h a 44 °C (de ahí la denominación de « termotolerantes », ya que el resto de coliformes no se desarrollan en principio por encima de los 37 °C) en un medio nutritivo favorable.
- Tras 24 horas, las bacterias presentes habrán formado **colonias identificables a simple vista**.
- Los resultados se expresan en número de colonias por cada 100 ml de agua filtrada.

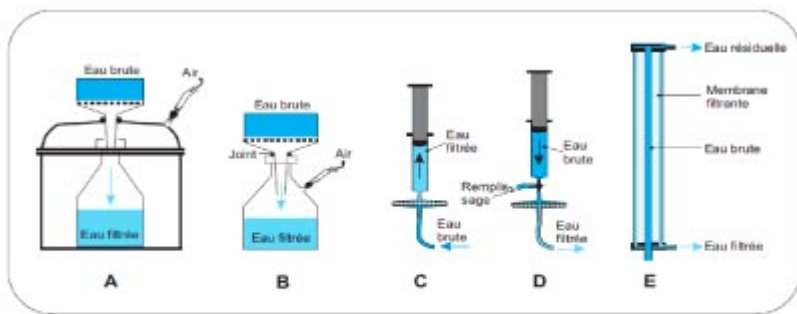


Figure 5: Systèmes de filtration de terrain. A et B : filtration sous vide (ou par gravité si l'air n'est pas évacué du dispositif) ; C : filtration sous vide à l'aide d'une seringue et d'un filtre à seringue (aspiration) ; D : filtration sous pression à l'aide d'une seringue et d'un filtre à seringue (remplissage de la seringue à l'aide d'un robinet à trois voies) ; E : système de filtration membranaire

La búsqueda de las coliformes totales se realiza siguiendo el mismo procedimiento, pero modificando las condiciones de incubación : la temperatura es de solo 37 °C y se utiliza otro medio de cultivo.

En la práctica, el uso de indicadores de contaminación de origen fecal se usa como base para tener una idea bacteriológica de la calidad del agua. Los gérmenes evaluados son los coliformes fecales. Son muy representativos de la calidad del agua y se ponen de manifiesto con facilidad.

## 6) Dificultades especiales y medidas de precaución

### a) Dificultades

Encontrar un aparato o indicador de bajo coste que permita medir estos parámetros.

- Tener en cuenta la situación de cada país o región y dar prioridad al método más adecuado que permita afirmar que el agua es o no potable.
  - Asegurarse de que este método sea fácil, respetable y seguro. Normalmente, la toma de muestras debería ser aleatoria, pero los muestreos han de ser más numerosos en periodos de epidemia, inundación o crisis, e incluso en caso de interrupción del abastecimiento o de que se realicen trabajos de reparación.
- Entre los aspectos a tener en cuenta en la puesta a punto de la verificación química se encuentran :
- La disponibilidad de medios de análisis adecuados.
  - El coste de los análisis.
  - La posible degradación de las muestras.
  - La estabilidad del contaminante.
  - La probable presencia del contaminante en diversos suministros.
  - El punto más adecuado para realizar el seguimiento y la frecuencia de muestreo.

### b) Precauciones

Para un producto químico dado, el lugar y la frecuencia del muestreo se determinarán en función de las fuentes principales y de la variabilidad de su presencia. Las sustancias cuya concentración no varía notablemente con el tiempo requieren un muestreo menos frecuente que aquellas en las que fluctúa de manera importante.

En muchos casos, la toma de muestras de agua de una fuente cada año, o incluso con menos frecuencia, sobre todo en aguas subterráneas estables, puede ser suficiente cuando las concentraciones de las sustancias de origen natural que originan la preocupación tienen una variación muy lenta a lo largo del tiempo. Las aguas superficiales tienden a presentar características más variables y, según el contaminante presente y su importancia, pueden necesitar de un gran número de muestreos.

Los puntos de muestreo dependerán de las características cualitativas del agua examinada.

Precauciones que hay que tomar durante el análisis :

- **Antes del muestreo** : comprobar que el curso de agua no esté contaminado aguas abajo del punto de muestreo, lo que haría que la obtención de muestras fuese inútil. Verificar también que todos los

recipientes estén limpios y no contaminados, y preferiblemente esterilizados (se permite el uso de pastillas de cloro).

- **Durante el muestreo** : ejecutar correctamente el protocolo de muestreo (sondas correctamente calibradas, cantidad de muestra tomada significativa) o de análisis in vivo (medición de la temperatura, etc.).

- **Tras el muestreo** : evitar la contaminación de la muestra tomada, ya sea por el recipiente o por la aparición de bacterias durante el almacenamiento. Realizar los distintos análisis in situ según un protocolo experimental bien definido.

- **Una vez obtenidos los resultados** : interpretarlos correctamente con ayuda de unas instrucciones o un modelo.

## 7) Ventajas e inconvenientes principales

### a) Ventajas

- **Proporciona información** sobre la calidad del agua y permite saber si es aceptable o no es apta para el consumo humano.

- **Permite evitar enfermedades** provocadas por la presencia de sustancias químicas o bacteriológicas nocivas para el hombre cuando consume agua.

- **Permite determinar los posibles tratamientos** que serían necesarios para suministrar un agua potable ; por lo general, se utiliza la cloración.

- En hogares cuyo análisis de muestras confirme la presencia de coliformes fecales, generalmente por la manipulación del agua con recipientes sucios y un sistema de almacenamiento poco adecuado, los promotores de la higiene pueden organizar campañas de sensibilización sobre las buenas prácticas de recogida, transporte y almacenamiento del agua en el hogar, de casa en casa y en asambleas.

### b) Desventajas

**Los análisis proporcionan información puntual.** Solo indican la calidad del agua en el momento del muestreo. Para detectar una posible degradación de la misma, los análisis deben repetirse con regularidad.

- Este trabajo **solo proporciona información** sobre el estado del agua ; aún es necesario poder tratarla.

- El estudio de **indicadores fecales** asociado al recuento de bacterias viables es un método sensible, pero lento. Requiere de un laboratorio equipado para realizar cultivos bacteriológicos y de personal con formación. El plazo mínimo de obtención de resultados es de **3 días**.

- Las **condiciones de muestreo** pueden jugar un **importante papel** en los resultados, pudiendo verse falseados si la toma de muestras y el análisis no se realizan correctamente.

- La calidad del agua puede deteriorarse en la red o entre la fuente y el punto de utilización por el consumidor. Por ello, **una sola medición** en la fuente puede **resultar insuficiente** si el agua no se conserva en buenas condiciones.

- **El material puede ser caro**, y debe ser fácil de utilizar y fiable.

## 8) Ejemplo de implementación : el taller de formación de la OMS en el Chad

**En el este del Chad**, las concentraciones de población en los campos de refugiados y en los lugares destinados a las personas desplazadas hacen que **el riesgo de epidemias** por enfermedades de transmisión hídrica sea una realidad. Se han señalado varios casos de diarreas acuosas agudas y sangrantes.

**Desde el año 2004** se viene observando la aparición **anual** de **epidemias de hepatitis E**, enfermedad



de transmisión feco-oral y con vehículo hídrico por excelencia, durante la estación lluviosa. Solo durante los años 2007 y 2008 se registraron 4.600 casos.

**La OMS propuso** a la Agrupación Agua, Saneamiento e Higiene (WASH) 3 acciones concretas :

- (1) Contratar a un especialista en agua y saneamiento que ejerciese como presentador principal del taller.
- (2) Encargar material puntero para la comprobación de la calidad del agua en el este del Chad.
- (3) Organizar un taller de formación sobre el uso de este material.

Por otra parte, se prestó especial atención al sistema de control de la calidad del agua para beber, con vistas a minimizar los riesgos de contaminación por enfermedades feco-orales en las poblaciones vulnerables, y precisando que las prioridades de control en materia de calidad del agua, susceptibles de aportar el máximo beneficio desde el punto de vista sanitario, varían según el lugar.

Por ejemplo, el hierro, el arsénico y los fluoruros no eran problemáticos, pero podían suponer un gran problema sanitario si aparecían.

**A continuación, la OMS amplió el seguimiento** y el control de la calidad en los puntos de agua **a los alrededores del perímetro de los campos de refugiados y los emplazamientos para personas desplazadas**, y recomendó que a partir de todos los datos recogidos por los diversos organismos se estableciesen boletines sobre los indicadores de comprobación de la calidad del agua para beber, que se analizarían posteriormente.

Por último, la OMS presentó al finalizar el taller una serie de kits portátiles cuyo valor total ascendía a 32.000 euros.

Fueron adquiridos por la Comunidad Europea y el gobierno finlandés.

## 9) Dónde encontrar más información

- **Kit de comprobación de la calidad del agua Oxfam.** <http://www.who.int/hac/crises/tcd/c...>

- Directiva de calidad para el agua para beber, tercera edición, volumen 1, recomendaciones. **OMS Ginebra**, 2004. [http://www.who.int/water\\_sanitation...](http://www.who.int/water_sanitation...)

- **OFEFP**, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (2000). Méthodes d'analyse pour échantillons solides et aqueux provenant de sites pollués et de matériaux d'excavation. L'environnement pratique, abril de 2000, 53 pp.

- **USEPA** (1991). Ground water monitoring, cap. 11 del sw-846 U. S. Environmental Protection Agency, Washington, D. C. <http://www.epa.gov/osw/hazard/corre...>

- Emplacement : Accueil > es > Wikiwater > Ficha técnica > Facilitar el acceso al agua > Analizar >
- Adresse de cet article : <https://wikiwater.fr/e27-metodos-y-medios-disponibles>