

CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

Carmen Vargas García
Ricardo Rojas Vargas
Juan Joseli Casas

Los Pinos 259, Urb. Camacho – La Molina – Tel 437-1077, Fax 437-8289
e-mail: cepis@cepis.org.pe

abastecimiento de agua, control de calidad del agua, monitoreo del agua, contaminación del agua,
vigilancia del agua, calidad del agua

CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

ANTECEDENTES

Antes de la aparición del cólera en el Perú en el año 1991, casi todos los países de América Latina y el Caribe concentraban su atención en la cantidad antes que en la calidad del agua de consumo humano. Hoy en día, existe un mayor interés de las autoridades en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, prestándose mayor atención a los aspectos de vigilancia y control de los mismos. Muchos países se han visto motivados a ejecutar programas de vigilancia y control de la calidad del agua de consumo humano como parte de las intervenciones de salud ambiental para prevenir la transmisión de las enfermedades del tipo gastro-intestinal incluyendo el cólera.

La calidad del agua de consumo humano tiene una fuerte incidencia en la salud de las personas, como consecuencia de que sirve como vehículo de muchos microorganismos de origen gastro-intestinal y patógenos al hombre. Entre los agentes patógenos de mayor representatividad que pueden estar presentes en el agua se tienen a las bacterias y virus y en menor cuantía a los protozoos y helmintos. Estos microorganismos difieren ampliamente en tamaño, estructura y constitución, lo que explica que su supervivencia en el medio ambiente así como su resistencia a los procesos de tratamiento, difieran significativamente.

En la Reunión Regional sobre la Calidad del Agua realizado en la ciudad de Lima – Perú en el año 1996 en el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), una de las recomendaciones formuladas fue la de desarrollar programas de vigilancia y control de la calidad del agua de consumo humano. De esta manera, el Plan Regional para el mejoramiento de la calidad del agua es una respuesta a la necesidad de mejorar la calidad del agua de consumo humano en América Latina y el Caribe.

A fin de contribuir al desarrollo de los programas nacionales de vigilancia y control de las aguas de consumo humano en la región, se propone una metodología dirigida a la evaluación racional e integral de la calidad del agua suministrada por los servicios de abastecimiento de agua.

Los conceptos y procedimientos que se indican en el presente documento están basados en los trabajos previos de los autores (Rojas, 1992 y 1994; Vargas 1991 y 1996) y en las Guías de Calidad de Agua de la Organización Mundial de la Salud - OMS (OMS, 1985; OMS, 1995, OMS, 1997).

PROPÓSITO

El propósito del presente trabajo es poner a consideración de los profesionales de la ingeniería sanitaria y ramas afines una metodología para el control y la vigilancia de la calidad del agua de consumo humano suministrada a la población en general a fin de detectar, predecir y prevenir su contaminación y minimizar la incidencia de las enfermedades transmitidas por vía hídrica.

La metodología que se propone pretende contribuir a:

- Determinar los cambios en el tiempo de la calidad del agua de consumo humano a fin de proteger la salud de la población;
- Identificar las zonas de abastecimiento más vulnerables a la variación de la calidad del agua de consumo humano;
- Identificar los defectos sanitarios de los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua que conllevan al deterioro de la calidad del agua de consumo humano;
- Evaluar la efectividad de los procesos de la planta de tratamiento de aguas superficiales o subterráneas;
- Identificar las medidas correctivas necesarias y dirigidas al mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano
- Supervisar la aplicación de las medidas correctivas.
- Mejorar las normas de calidad de agua, reglamentos relacionados con los procesos constructivos y materiales empleados en la edificación de los sistemas de abastecimiento de agua

INTRODUCCIÓN

Importancia de la calidad del agua de consumo humano

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud - OMS (1984), como *'adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal'*. Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana (Lloyd, 1982).

La importancia del agua de bebida como vehículo de dispersión de enfermedades ha sido largamente reconocido. La mayor parte de las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, amebas, virus y helmintos (PNUD/OMS, 1989). Estos organismos causan enfermedades que varían en severidad y van desde ligeras gastroenteritis a severas, y algunas veces, a fatales enfermedades de proporciones epidémicas.

La calidad microbiológica del agua de consumo humano es de gran importancia y el monitoreo de un indicador bacteriano tal como el Coliforme total y el termotolerante debe dársele la más alta prioridad dentro de la política del Abastecedor de agua. (OMS, 1984). De otra parte, la contaminación química también es importante, pero ello no está asociado con efectos agudos sobre la salud humana y por lo tanto debe tener una menor prioridad que la evaluación de la contaminación bacteriológica y que muchas veces resulta irrelevante en zonas donde enfermedades relacionadas con el agua y enfermedades parasitarias muestran elevados índices de prevalencia (Galal-Gorchev, 1986, OMS 1995).

No obstante, el agua de buena calidad no es generalmente suficiente para asegurar la buena salud, es necesario que sean satisfechos tres aspectos adicionales: continuidad, cantidad y costo razonable. Adicionalmente, y al margen de las responsabilidades del abastecedor, los consumidores deben tener conocimientos acerca del uso apropiado del agua, de la adecuada nutrición e higiene de los alimentos, así como la correcta disposición de excretas. Estas actividades de apoyo deben ser realizadas a través de programas educativos y complementarios a las actividades propias del Abastecedor a fin de evitar la creencia e impresión de que la calidad de agua por sí sola, previene las enfermedades (Stenström, 1988).

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor. El agua en el sistema de distribución puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, retrosifonaje, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios de distribución defectuosos, grifos contra incendio dañados, y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizados sin las mínimas medidas de seguridad. Otro factor de re-contaminación y de gran importancia en los países en vías de desarrollo donde existen déficit de agua, es la interrupción del sistema de abastecimiento, como resultado de la práctica de rotar el servicio de una a otra área de abastecimiento. (OMS, 1984; OMS, 1985 y Galal-Gorchev, 1986; OMS, 1995).

De otra parte, en sistemas de baja confiabilidad como consecuencia de la restricción del servicio de abastecimiento de agua, es común el deterioro de la calidad físico, química y principalmente bacteriológica del agua a nivel intradomiciliario, durante su manipuleo y almacenamiento (OMS, 1995; OMS, 1985 y OMS/DANIDA, 1990).

Por lo tanto, desde que existe un gran riesgo de contaminación del agua durante la distribución, es imprescindible que el abastecedor de agua ejecute un efectivo control de la calidad del abastecimiento de agua para la protección de la salud pública en general (Wheeler y Bartram, 1988) y a la vez, contribuir a mejorar los niveles de vida de la comunidad y de todos los aspectos relacionados con la higiene, permitiendo adicionalmente el desarrollo de algunos sectores económicos en particular y de la economía nacional en general, como resultado del mejoramiento del bienestar de la población (OMS, 1984)

Implicancias de salud por agentes patógenos en el agua

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de la prevalencia de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua. La bibliografía especializada reporta numerosos casos de enfermedades relacionadas con la calidad del agua que se presentaron en diversos países del mundo como consecuencia del cambio en el tratamiento de acondicionamiento del agua o por la pérdida de la integridad de la red de distribución de agua (OMS, 1995).

Entre los principales casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad del agua de consumo humano se tiene el que se presentó en abril de 1993, en la ciudad de Milwaukee, Wisconsin EEUU, en donde un brote de *Cryptosporidium* transmitido por el agua afectó aproximadamente a 403.000 personas, manifestándose con diarreas, náuseas y calambres estomacales. De igual manera, entre el 15 de diciembre de 1989 al 20 de enero de 1990, la comunidad agrícola de Cabaol en Missouri se vio afectada por el *E. coli* hemorrágico del serotipo O157:H7 ocasionando cuatro defunciones, 32 hospitalizaciones y 243 casos de diarreas. (Geldreich, 1992). En este último caso, una de las hipótesis más sólida fue que la contaminación del agua se debió a los reemplazos de medidores y a las roturas de la red de distribución que se produjeron poco antes de que se manifestaran los primeros casos de la enfermedad.

Otros brotes notificados fueron el de *Salmonella* transmitida a través del agua subterránea no tratada o por aguas superficiales crudas y aguas desinfectadas deficientemente tratadas. El reciente brote de *Salmonella typhimurium* en Gideon, Missouri fue excepcional en el sentido de que las aguas subterráneas no tratadas eran satisfactorias, pero que durante su almacenamiento fue contaminado por las heces de las palomas que vivían en su interior. Este brote afectó a más de 600 personas de los cuales 15 fueron hospitalizados y se atribuyeron cinco defunciones. (OPS, 1996)

Otro de los casos fue la propagación del cólera en América Latina en 1991 y cuya propagación que fuera atribuido a la falta de adecuados servicios de abastecimiento de agua y saneamiento así como a la falta de medidas de control ambiental.

Por lo tanto, la meta de las normas de calidad del agua de consumo humano, es la eliminación o reducción, por debajo de los niveles perjudiciales a la salud, de los constituyentes del agua que afectan de una manera u otra a la salud humana y al bienestar de la comunidad. En resumen, las normas de calidad del agua de bebida, están destinadas a asegurar que los consumidores sean abastecidos con agua libre y exenta de todo peligro, daño o riesgo a la salud humana.

Beneficios del control de calidad y la vigilancia

- **Mejoramiento del servicio.** El monitoreo continuo de la calidad del agua lleva a asegurar que el sistema de distribución como un todo, opere satisfactoriamente proporcionando un producto que cumpla con las normas de calidad del agua de consumo humano.
- **Rehabilitación del sistema.** De igual modo que en el caso anterior, el control de calidad permite identificar áreas del sistema de abastecimiento de agua con problemas graves y que normalmente coinciden con la necesidad de intervenciones correctivas.
- **Capacitación.** Muchas veces la re-contaminación del agua de consumo humano es consecuencia de las actividades del mismo abastecedor, principalmente durante la operación o mantenimiento del sistema de distribución. La causa principal es la falta de conocimientos, por parte del personal responsable, acerca de los procedimientos sanitarios que permitan conservar y preservar la calidad del agua dentro del sistema de distribución.

CONCEPTOS BÁSICOS

Diferencia entre control de calidad y vigilancia

La vigilancia puede definirse como “*la continua y vigilante evaluación e inspección sanitaria de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas públicos y privados de abastecimiento del agua de consumo humano desde el punto de vista de la salud pública*”. (OMS, 1988)

A su vez, el control de la calidad de agua ha sido definido como “*la evaluación continua de las características del agua en la fuente, planta de tratamiento y sistema de distribución, así como de la seguridad del sistema de abastecimiento de agua propiamente dicho (fuente, planta y red de distribución) a fin de cumplir con las normas nacionales o institucionales de la calidad del agua de consumo humano*” (Rojas, 1992).

En vista de que existe muy poca diferencia entre Control de Calidad y Vigilancia, a menudo, ambos conceptos son confundidos, ya que ellos tienen como misión asegurar la adecuada calidad del agua de bebida. Ambas actividades son claramente diferenciadas por la OMS (1984):

“En general, es responsabilidad de las autoridades encargadas del abastecimiento local del agua, garantizar que el agua que se suministra tiene la calidad establecida por las normas. No obstante, un organismo independiente (nacional, estatal, provincial o local) puede cumplir mejor la función de vigilancia. Si bien ambas funciones se complementan, la experiencia indica que se cumplen mejor cuando lo realizan organismos independientes entre sí, a causa de los conflictos de prioridades que surgen cuando se combinan ambas funciones”

En teoría, la vigilancia tiene dos grandes componentes: a) el examen permanente y sistemático de la calidad del agua para confirmar que la fuente, el tratamiento y la distribución responden a objetivos y reglamentaciones establecidas, y b) la evaluación de la calidad microbiológica, físico química y su correlación con las enfermedades relacionadas con la calidad del agua en todo el sistema de abastecimiento de agua (OMS, 1995).

De lo anterior, se deduce que la vigilancia es una actividad investigativa realizada normalmente por la autoridad competente de salud y dirigida a identificar y evaluar los factores de riesgo asociados con el agua de consumo humano y que puede significar un peligro a la salud pública. De esta manera, la vigilancia asegura la confiabilidad y seguridad del agua de consumo humano y también contribuye a la protección de la salud pública a través de la promoción del mejoramiento de la calidad, cantidad, cobertura, costo y continuidad del abastecimiento de agua y es tanto preventiva como correctiva. La vigilancia es preventiva por que permite detectar oportunamente los “riesgos” de modo que pueda tomarse acción antes que se presenten problemas de salud pública, y es correctiva al permitir identificar los “focos” de brote de las enfermedades relacionadas con el agua a fin de controlar la propagación del mal. (OMS, 1997; OMS, 1984). Este análisis permite mejorar las normas de calidad del agua destinada al consumo humano, así como de los productos o sustancias químicas empleadas en el tratamiento del agua, procedimientos constructivos, materiales empleados en la construcción de los sistemas de abastecimiento, etc.

De otra parte, la vigilancia está relacionada con todos los sistemas de abastecimiento de agua empleados con propósitos domésticos por la población, bien sea suministrado por un ente abastecedor de agua o colectada de fuentes individuales o abastecida por otros medios. Por lo tanto, la responsabilidad de la agencia vigiladora es la de supervisar a todas las fuentes empleadas, o potencialmente utilizables para consumo humano. Sin embargo, en gran parte de los países en vías de desarrollo, especialmente en aquellos donde existen muchas fuentes para abastecer a pequeñas poblaciones, la meta puede ser difícil y costosa de alcanzar, por lo tanto, la prioridad debe ser dado a las grandes poblaciones y a aquellas en que se sospeche que tienen un alto riesgo a la salud humana. (OMS, 1997).

La vigilancia requiere un programa sistemático de evaluación que combine el monitoreo rutinario de la calidad física, química y bacteriológica del agua conjuntamente con la inspección sanitaria de las instalaciones y los aspectos institucionales y comunales a fin de garantizar el adecuado funcionamiento

de todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua (OMS, 1997; OMS, 1984 y Lloyd, 1982).

La definición de control de calidad implica que el abastecedor de agua, todo el tiempo es responsable de la calidad y seguridad del agua que produce y distribuye, y ello lo logra a través de una combinación de las buenas prácticas operativas y de mantenimiento preventivo apoyado por la evaluación de la calidad del agua de consumo humano e inspecciones sanitarias de los componentes que conforman el sistema de abastecimiento de agua. De esta manera, el control de la calidad del agua involucra el establecimiento de medidas de protección en la fuente, el tratamiento y la distribución del agua, así como la prueba rutinaria de la calidad del agua a fin de cerciorarse de la realización satisfactoria de los procesos de tratamiento, de la calidad del agua producida y la ausencia de recontaminación en el sistema de distribución de modo de cumplir con las normas vigentes. Sin embargo puede no siempre tener una clara división de responsabilidades entre el Sector Salud y de Abastecimiento de Agua. (OMS, 1997, OMS 1995).

Normalmente, al abastecedor se le asigna un área geográfica para el suministro de agua, pero su responsabilidad únicamente abarca el área cubierta por la red de distribución y que va desde la salida de la planta de tratamiento o pozos hasta el ingreso a la vivienda del usuario (OMS, 1984).

De esta manera, la responsabilidad del abastecedor de agua es el suministro, en el área bajo su administración, de una agua que cumpla con la calidad establecida en la norma nacional de agua de bebida. Por el contrario, la calidad de agua en el domicilio es responsabilidad del dueño o de los ocupantes de la vivienda (OMS, 1984). De otra parte, los abastecimientos privados y los suministrados a través de camiones cisterna u otro medio, y que son comunes en las áreas urbano-marginales, no son responsabilidad del abastecedor de agua.

En países donde el abastecedor de agua ha establecido un efectivo programa de control de calidad, la agencia de vigilancia puede optar por poner mayor énfasis en las poblaciones menos atendidas tales como la rural y las áreas urbano marginales. En este caso, la agencia de vigilancia es responsable de la ejecución de una auditoría independiente y periódica de todos los aspectos de seguridad, mientras que el abastecedor de agua es responsable, todo el tiempo, del control rutinario de la calidad del agua y del monitoreo que asegure la buena práctica operativa (OMS, 1997).

Lo anteriormente expuesto, no excluye que el abastecedor participe de la vigilancia y de hecho, es vital que siempre esté involucrado. Mientras que es responsabilidad de la agencia de vigilancia el generar y resumir los datos de vigilancia y de promover el mejoramiento, es el abastecedor de agua quien debe encargarse de las acciones destinadas al mejoramiento de la calidad del abastecimiento de agua. (OMS, 1997).

Básicamente, el control de calidad se diferencia de la vigilancia en la responsabilidad institucional, en la forma de actuación, en las áreas geográficas de intervención, en la interpretación y aplicación de los resultados, pero tienen mucho de común con respecto a planeamiento, implementación, muestreo, análisis y frecuencia de las actividades de monitoreo.

Elementos del programa de vigilancia de calidad

La OMS (1976) ha definido tres elementos que todo programa de vigilancia debe contener. Los referidos elementos también resultan aplicables al caso de control de calidad:

- **Inspección técnica o inspección sanitaria.** La inspección sanitaria es una actividad que permite identificar los posibles problemas y fuentes de contaminación e intenta proporcionar un rango de información y la identificación de problemas potenciales de contaminación, (OMS, 1985).
- **Evaluación físico, químico, microbiológico y biológico del agua de consumo humano.** Esta evaluación permite investigar las características de la calidad del agua y define la aceptabilidad de ella para consumo humano.
- **Evaluación institucional.** Esta relacionada con los aspectos de gerencia y operacional del abastecedor y con el grado de apoyo a las actividades de control de calidad.

Campos de actuación

Los campos de actuación para el control de la calidad del agua de consumo humano son:

- **Fuente.** La fuente de abastecimiento de agua puede tener influencia en la salud de los consumidores y debe prestarse especial atención en cuanto a calidad, protección y tratabilidad. Las fuentes están representadas por la cuenca hidrográfica de los ríos, lagos, embalses, pozos, galerías de infiltración y manantiales.
- **Planta de tratamiento.** La eficiencia de la planta de tratamiento está influenciada por la calidad del agua cruda y especial atención debe ser dada a su operación, principalmente en los casos en que las fuentes se encuentran altamente contaminadas.
- **Sistema de distribución de agua.** Existe la necesidad particular de proteger la calidad sanitaria del agua de consumo humano a fin de asegurar que ella satisfaga las normas físico, química y bacteriológica. A este respecto se considera la operación y evaluación de:
 - componentes del sistema de distribución (reservorios, cámaras de bombeo y surtidores), y
 - sistema de distribución propiamente dicho.Esta actividad se efectúa en cada una de las zonas de abastecimiento de agua que se identifiquen durante la etapa de zonificación.
- **Intradomiciliario.** Normalmente, este aspecto no se considera dentro de los programas de control de calidad en vista de que la responsabilidad del abastecedor solamente alcanza hasta el límite de propiedad del consumidor. Sin embargo, muchas veces resulta beneficioso para el abastecedor la realización de evaluaciones a nivel intradomiciliario, a fin de dilucidar responsabilidades. Este aspecto debe ser considerado en el programa de vigilancia

Adicionalmente, en el caso de la vigilancia se debe considerar los siguientes aspectos:

- **Auditoría.** Dirigido a verificar que el abastecedor está cumpliendo con las disposiciones del órgano de vigilancia en cuanto a procedimientos dirigidos a la realización del control de calidad incluyendo control de calidad analítica y la certificación de calidad sobre toda la información procesada por el abastecedor de modo que pueda ser empleada sin restricciones por el órgano vigilador.
- **Validación.** Periódicamente, conjuntamente con el abastecedor se debe proceder a la toma de muestras a fin de verificar que los procedimientos de muestreo y análisis de campo, inspección sanitaria y que actividades de operación y mantenimiento están de acuerdo a los procedimientos reglamentados o indicados por la autoridad sanitaria.
- **Epidemiología.** El órgano vigilador debe acopiar toda la información relacionada con la vigilancia epidemiológica de las enfermedades transmisibles en especial las de origen hídrico.
- **Investigación.** Con la información proporcionada por el abastecedor y los datos epidemiológicos, el órgano vigilador debe procesarlo y determinar si existe alguna correlación entre calidad de agua y los casos de las enfermedades gastrointestinales a fin de recomendar las medidas correctivas que deben introducirse en el sistema de abastecimiento de agua o en las normas, reglamentos o especificaciones relacionadas con el diseño, operación, mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua.
- **Control de la calidad del agua.** En las localidades que no son atendidas por un abastecedor de agua, el órgano vigilador tiene la obligación de realizar el control de la calidad del agua de consumo humano y procederá a través de las administraciones o dirigentes comunales a las acciones correctivas pertinentes.

En la figura 1 se resume los campos de actuación e interrelación del control de calidad y la vigilancia del agua de consumo humano.

Indicadores globales de la calidad del servicio de abastecimiento

La Organización Mundial de la Salud (1986), recomienda para la vigilancia de la calidad del agua de consumo humano la evaluación de: calidad, cantidad, cobertura, conveniencia y continuidad del servicio. Posteriormente, estos conceptos fueron ampliados y hoy en día se considera además el costo. A su vez, el indicador calidad ha sido dividido en: a) evaluación de la calidad del agua, y b) inspección sanitaria del sistema de abastecimiento de agua. Ver el cuadro 1.

Para el caso del programa de control y vigilancia de la calidad, en donde es conocida la cobertura, costo, continuidad y cantidad, la evaluación se reduce normalmente a determinar la calidad del servicio en tres aspectos: analítico e inspección de las condiciones sanitarias y evaluación de las condiciones operativas del sistema de distribución de agua.

Cuadro 1. Indicadores del servicio de abastecimiento de agua¹

Cobertura:	Porcentaje de la población abastecida por un suministro específico de agua o fuente.
Cantidad:	Volumen de agua utilizada para fines domésticos (usualmente expresado en litros por persona por día).
Continuidad:	Proporción de tiempo que el agua está disponible (que puede ser en un grifo o tubería de agua), o la proporción de días que el agua es repartida por otros medios.
Calidad:	Aptitud del agua para consumo humano y para todos los fines domésticos incluyendo higiene personal. Se realiza mediante: <ul style="list-style-type: none">- análisis de las características físicas, químicas y biológicas;*- inspección sanitaria del sistema para investigar el riesgo de contaminación.
Costo:	Valor del agua abastecida para uso doméstico (usualmente expresada como tarifa).

(¹) Adaptado de Wheeler & Bartram, 1988; y Bartram, 1990.

(*) En zonas o países con alta morbilidad debido a enfermedades de transmisión fecal-oral, es más importante realizar análisis de indicadores fecales (coliformes termotolerantes o fecales).

CONSIDERACIONES PREVIAS

Estructura organizacional

En muchos países, la agencia responsable de la vigilancia del servicio de abastecimiento de agua de consumo humano es el Ministerio de Salud y sus oficinas regionales o departamentales. En otros países existe una agencia de protección ambiental y en otros son los departamentos de salud ambiental de los gobiernos locales. La agencia de vigilancia preferentemente debería ser una institución nacional designada por ley y operar a nivel central, provincial, departamental o regional y local o distrital. (OMS, 1997)

La entidad de vigilancia dentro de la autoridad de salud debe ser la única que tenga la responsabilidad de brindar el servicio de vigilancia para proteger al público de las enfermedades transmitidas por el agua y de otros peligros asociados con los sistemas de abastecimiento de agua. (OMS, 1997)

En lo que respecta a control de calidad, la oficina encargada de esta actividad debe ser considerada como un organismo de apoyo en la toma de decisiones de la alta gerencia y de las oficinas encargadas de las actividades relacionadas con la producción y distribución del agua. En estos últimos casos, cuando

esté de por medio la preservación y conservación de la calidad del agua de consumo humano, estas oficinas no deberán tomar ninguna acción si antes no han recibido la aprobación de la oficina de control de calidad. Al efecto, la oficina de control de calidad deberá proporcionar a los organismos pertinentes, las directivas destinadas a la conservación y/o mejoramiento de la calidad del agua. Estas directivas deberán estar basadas en los resultados del programa de control de calidad en sus dos aspectos básicos: calidad analítica e inspección sanitaria. (Rojas, 1992)

Es fundamental que la oficina de control de calidad trabaje en forma independiente de las oficinas relacionadas con el control operacional del sistema de abastecimiento de agua y del laboratorio. Sin embargo, es necesario que se establezca entre ella una constante y estrecha coordinación para acometer las actividades de mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. Del mismo modo, las áreas: comercial, diseño, hidrología, planta de tratamiento de agua, desarrollo de recursos humanos y relaciones públicas deberán mantener una estrecha coordinación con el área de control de calidad en lo que respecta a sus responsabilidades.

Las estructuras organizacionales dirigida a garantizar el cumplimiento de las exigencias planteadas por la legislación, normas o códigos de prácticas referente a la calidad del agua de consumo humano, deben permitir y facilitar que el proceso de vigilancia y control sean compatibles entre el órgano de vigilancia y el abastecedor de agua. (OMS, 1997)

Marco legal

Los programas oficiales para vigilar y controlar la calidad el agua potable dependen en teoría de la existencia de una legislación adecuada que responda a consideraciones nacionales, constitucionales y de cualquier otro tipo. Una de las funciones de la legislación es definir las funciones, autoridades y las responsabilidades de los abastecedores y del órgano de vigilancia (OMS, 1997) y estar respaldada por normas y códigos de fiscalización que especifiquen la calidad del agua que se debe suministrar a los consumidores, así como los procedimientos que se deben usar para seleccionar las fuentes, los procesos de tratamiento aceptados y los cuidados para la distribución del agua. No obstante, la existencia de una legislación anticuada o que se encuentre en proceso de actualización, no debe ser motivo para postergar la ejecución de programas de control y vigilancia de la calidad del agua.

La experiencia ha demostrado que la legislación debe limitarse a enumerar los principios generales y especificar las infracciones y las sanciones por incumplimiento. La autoridad para promulgar y revisar las normas de calidad de agua, códigos de prácticas y otros tipos de reglamentos técnicos relacionados con la preservación y conservación de la calidad del agua debe recaer en el sector de gobierno que le competa, preferiblemente al ministerio de salud, el cual es el encargado de asegurar la calidad de los abastecimientos de agua y la protección de la salud pública. Adicionalmente, la agencia debe ser responsable de realizar un programa continuo y efectivo de garantía de calidad y control del abastecimiento de agua, incluyendo la inspección, supervisión, mantenimiento preventivo, pruebas continuas de calidad de agua y acciones correctivas.

La vigilancia es indispensable para el desarrollo de una estrategia racional destinada al mejoramiento de la calidad del servicio de abastecimiento de agua, para lo cual es necesario establecer las prioridades nacionales y regionales, implementar programas de educación sanitaria, obligar el cumplimiento de las normas y asegurar la operación y el mantenimiento de las instalaciones. Conceptos similares pueden ser aplicados en los programas de control de la calidad el agua, pero es probable que el mayor énfasis debe ser dirigido a priorizar el mejoramiento a nivel regional y nacional antes que a la educación sanitaria y cumplimiento de normas.

NIVELES DE CONTROL

En la elaboración del programa de control o vigilancia de la calidad del agua se debe tener en cuenta la disponibilidad de recursos como laboratorio o red de laboratorios, transporte, personal calificado, respaldo financiero, etc. La disponibilidad de estos recursos, conjuntamente con los dispositivos legales relacionados con la calidad del agua (normas o reglamentos) ayuda a definir el nivel de control que puede acometer el abastecedor de agua en su área de servicio o lo que el organismo de vigilancia pueda adoptar en el país, en una región o en una localidad. Al efecto, se pueden definir etapas que puede iniciarse con la actividad más simple como es la inspección sanitaria de los

METODOLOGÍA

Los conceptos y el procedimiento metodológico que se indica en el presente documento están basados en los trabajos previos de los autores (Rojas, 1992 y 1994; Vargas 1991 y 1996) como parte de las evaluaciones realizadas durante la época del cólera en el año 1991, así como en un estudio de maestría efectuado en la Universidad de Surrey, Inglaterra (Rojas, 1993) y en las Guías de Calidad de Agua de la Organización Mundial de la Salud - OMS (OMS, 1985, OMS, 1988; OMS,1995; OMS, 1995) y que se sintetiza en la figura 2. Este procedimiento consta de las siguientes etapas:

- Planificación e identificación de las características básicas del sistema de abastecimiento de agua
- Ejecución
 - Inspección sanitaria
 - Calidad sanitaria
 - Garantía de calidad de la información
- Procesamiento de la información
- Elaboración de informes
- Acciones correctivas

Identificación de las características básicas del sistema de abastecimiento de agua

Previo a cualquier actividad de control o vigilancia de la calidad del agua de consumo humano es necesario conocer a la perfección el sistema de abastecimiento de agua que va desde la fuente hasta la atención a los consumidores. En este aspecto se debe identificar todas las características físicas, administrativas y políticas, así como los componentes que conforma el sistema de abastecimiento de agua, para proceder a la planificación de las actividades dirigidas al control o vigilancia de la calidad del agua.

Planificación

La planificación comprende:

- Identificación de las zonas de abastecimiento de agua de la ciudad
- Definición de los puntos de muestreo y criterios de muestreo
- Selección de las determinaciones analíticas de mayor impacto
- Frecuencia de muestreo e identificación del número de determinaciones a ser realizadas
- Frecuencia de inspecciones sanitarias
- Identificación de las necesidades básicas de material de laboratorio y capacidad operativa
- Estandarización de los procedimientos de muestreo y análisis
- Definición de las necesidades de personal
- Capacitación del personal responsable
- Diseño o adaptación de los formularios a ser empleados en el programa
- Identificación de las vías de comunicación y de flujo de información
- Creación de la base de datos para el procesamiento de la información
- Definición de la modalidad de procesamiento de la información obtenida por el programa de control y vigilancia de la calidad del agua
- Definición del contenido de los reportes periódicos
- Programas de educación sanitaria

Cuadro 4. Principales requisitos por niveles de intervención

Actividad	Nivel			
	I	II	III	IV
Establecimiento de leyes y reglamentos	Básico	Elemental	Intermedio	Completo
Establecimiento de normas de calidad del agua	Riesgo sanitario y bacteriana	Riesgo sanitario, bacteriana y físico químicas básicas	Riesgo sanitario, bacteriana y físico químicas intermedias	Internacionales
Personal de control o vigilancia	Básico	Básico capacitado	Intermedio	Intermedio capacitado
Personal de instalaciones de agua	Básico	Básico capacitado	Intermedio	Intermedio capacitado
Encuestas sanitarias	Principales ciudades	Ciudades principales e intermedias	Todas las ciudades urbanas y algunas rurales	Todas las ciudades urbanas y gran parte de las rurales
Aprobación de fuentes de agua	Principales ciudades	Ciudades principales e intermedias	Todas las ciudades urbanas y algunas rurales	Todas las ciudades urbanas y gran parte de las rurales
Toma de muestras	Principales ciudades	Ciudades principales e intermedias	Todas las ciudades urbanas y algunas rurales	Todas las ciudades urbanas y gran parte de las rurales
Métodos estandarizados	Bacterianas y cloro residual	Bacterianas, físico químicas básicas y cloro residual	Bacterianas y físico químicas intermedias	Bacterianas, físico químicas completas
Laboratorios	Laboratorios portátiles	Laboratorios de salud	Laboratorios básicos especializados	Laboratorios regionales especializados
Normas de diseño	Básicas	Elemental	Intermedio	Completo
Normas de materiales de construcción	Ninguna	Básica	Elemental	Intermedio
Reglamentos especiales sobre cisternas, agua embotellada, hielo, etc.	Básica	Elemental	Intermedia	Completo

Zonas de abastecimiento de agua. Las Guías de la OMS en el volumen 3 (OMS, 1985), indican que en sistemas con más de una fuente de agua, los puntos de muestreo deberán ser ubicados teniendo en cuenta el número de habitantes servidos por cada fuente' es decir que de alguna manera u otra está haciendo referencia a la presencia de zonas de abastecimiento dentro del sistema de distribución de agua.

En trabajos posteriores realizados en el Perú (Rojas y Bartram, 1990), así como lo que se viene aplicando en Inglaterra y Gales (Statutory Instruments, 1989), el concepto anterior es ampliado a fin de dar mayor confiabilidad a las actividades de control y vigilancia de la calidad, dividiéndose el área servida en 'zonas de abastecimiento de agua', las cuales vienen a ser áreas geográficas de condiciones homogéneas en cuanto al radio de influencia de: (a) fuente; (b) componentes; y (c) nivel de servicio.

El reglamento de calidad de agua de Inglaterra y Gales (Statutory Instruments, 1989), define la zona de abastecimiento de agua como *'un área que es designada por el Abastecedor de agua (sea por referencia de una zona de abastecimiento, por el número de personas abastecidas por cualquier fuente, o de otra forma).'* Adicionalmente, establece que con el propósito de la provisión de ese Reglamento, *'ésta es un área en la cual, al entender del abastecedor, residen no más de 50,000 personas.'*

Al respecto, se recomienda que el programa de control y vigilancia de la calidad, tenga en cuenta la zonificación del sistema de distribución de agua, el cual consiste en dividir el sistema de abastecimiento de agua en áreas homogéneas en cuanto a fuente de agua, circuitos de abastecimiento y nivel de servicio, y en el que residan no más de 50.000 personas. Este proceso requiere el conocimiento detallado de la forma de operación del sistema de suministro de agua, por lo que la zonificación debe ser realizado en forma coordinada con el área técnica respectiva. Esta actividad, conjuntamente con el catastro permite la determinación del número de muestras requeridas para evaluar la calidad del agua de abastecimiento tanto a nivel de red primaria y secundaria.

Puntos de muestreo. La Organización Mundial de la Salud (1985) indica los criterios a ser aplicados en la selección de los puntos de muestreo. Estos criterios han sido adaptados en la presente propuesta, teniendo en cuenta el concepto de zona de abastecimiento de agua. De esta forma, los puntos de muestreo deben:

- Ser representativos de la zona de abastecimiento de agua.
- Estar uniformemente distribuido en toda la zona de abastecimiento de agua.
- Ser proporcional al número de habitantes en cada zona de abastecimiento.
- Ubicadas:
 - A la salida de la planta de agua, reservorios de distribución o pozos.
 - Red primaria de distribución.
 - Red secundaria de distribución.
 - Sistemas comunales de distribución.

En lo que respecta a las características del punto de muestreo, ninguno de los documentos indicados anteriormente, hace referencia alguna. Tradicionalmente, se ha considerado, que a fin de reducir los problemas inherentes a la *representatividad de la muestra de agua en el sistema de distribución*, los puntos de muestreo deben estar conformados por instalaciones dedicadas específicamente a este fin. Sin embargo, se reconoce que la instalación de estos puntos de muestreo y el mantenimiento de los mismos es una carga económica adicional para el abastecedor. Por estos motivos, hoy en día se considera la existencia de puntos fijos y variables.

Los puntos de muestreo fijos están conformados por grifos o caños instalados en puntos determinados de la red primaria de distribución y a la salida de la planta de tratamiento de agua, pozos, reservorios, estaciones de bombeo, etc. En el caso de los pozos de abastecimiento de agua, se hace necesario la instalación de dos puntos de muestreo, uno para determinar la calidad del agua del acuífero y otro, para la evaluación de la calidad del agua abastecida a la población.

Los puntos de muestreo variables se ubican a nivel de la red secundaria y podrán estar conformados por el primer grifo o caño situado al interior de la vivienda y que esté conectado directamente a la red de distribución y libre de la influencia del almacenamiento intradomiciliario.

Al efecto, el número de puntos variables a ser identificados dentro de la zona de abastecimiento de agua, debe ser entre dos a tres veces el número de muestras requerido. De esta manera, en cada muestreo se podrán tomar muestras al azar en los lugares predeterminados. Estos puntos, por sus características permitirán evaluar la verdadera calidad del agua suministrada a los consumidores y al efecto serán reconocidos por el Abastecedor como los únicos puntos de muestreo para cualquier enjuiciamiento de la calidad de agua por él suministrada.

Adicionalmente, sin necesidad de que forme parte del programa de control de calidad del agua de consumo humano, el Abastecedor quedará en libertad de tomar muestras de agua en otras viviendas a fin de evaluar el impacto del almacenamiento o manipuleo del agua a nivel intradomiciliario.

Determinaciones. En el cuadro 5 se presenta una lista de determinaciones analíticas que se recomienda tener en cuenta en la ejecución de un programa de control y vigilancia de la calidad del agua y agrupados de acuerdo a la complejidad analítica y que puede ser empleada en función de los niveles

de control o vigilancia que se está en capacidad de implementar en el área geográfica. En el Anexo 1 se presenta una propuesta sobre las determinaciones y concentraciones recomendadas para un programa de control y vigilancia completo, y que está basado en las recomendaciones de las Guías de Calidad de Agua de la OMS (OMS, 1995).

Frecuencia de muestreo. Las Guías de la OMS son muy claras en lo que respecta a la calidad bacteriológica en el sistema de distribución, pero imprecisas en el aspecto físico-químico, así como en lo que compete a la evaluación del agua a la salida de la planta de tratamiento, pozos de agua y componentes del sistema de distribución, dejando a criterio del abastecedor, fijar las frecuencias del muestreo teniendo en cuenta la calidad y la fuente tal como se muestra en el cuadro 6.

Por estos motivos, en los cuadros 7 al 12 se propone las frecuencias de muestreo para cada tipo de análisis y por componente del sistema de distribución, a ser aplicado en el programa de control y vigilancia de la calidad de agua a nivel urbano y rural, y que reflejan de alguna manera los criterios de la OMS (OMS, 1985). La propuesta de las frecuencias de muestreo tiene como referencia el Reglamento de Calidad de Agua de Inglaterra y Gales (Statutory Instruments, 1989) y las Directrices de la Comunidad Económica Europea (European Community, 1980). La frecuencia de muestreo en el sistema de distribución está relacionada con la población servida en cada zona de abastecimiento y permite realizar una adecuada evaluación de la calidad del agua de bebida. De esta manera, las zonas de abastecimiento con alta población, serán muestreadas más frecuentemente que las zonas con menor población.

Inspección sanitaria. La mayor parte de las veces, la inspección sanitaria hace posible la detección del riesgo de contaminación que no puede ser detectada por los análisis rutinarios a menos que la contaminación esté ocurriendo en el preciso momento del muestreo. La inspección sanitaria se realiza por la inspección visual de todas las condiciones y dispositivos del sistema de distribución de agua, principalmente de las partes relacionadas con la protección del agua, e independiente de los aspectos relacionados con el diseño hidráulico y permite obtener el factor de riesgo, índice de calificación e identificar los defectos sanitarios de cada componente.

La inspección sanitaria se compone de: (a) evaluación de las condiciones físicas; y (b) evaluación del estado de higiene. Las condiciones físicas están relacionadas con la seguridad del componente y el nivel de higiene con las prácticas de limpieza de los alrededores de la instalación.

Las Guías de la OMS sugieren que para sistemas de abastecimientos por medio de pozos, la inspección sanitaria debe efectuarse anualmente y para abastecimientos por aguas superficiales entre 5,000 y 20,000 habitantes debe efectuarse entre 24 a 48 inspecciones anuales, lo cual parece exagerado para el caso de pequeñas localidades. Sin embargo, en el Capítulo 1 de la referida Guía, la OMS hace referencia que las inspecciones sanitarias deben efectuarse frecuentemente, sin especificar el número de inspecciones. En el medio rural, se recomienda que por lo menos se deba efectuar dos inspecciones sanitarias por año.

En vista de lo indefinido de la información, se recomienda que el número de inspecciones sanitarias a ser realizadas por año se ajuste a lo indicado en el Cuadro 13. El número reducido de inspecciones se optará cuando por lo menos las tres últimas inspecciones indiquen la ausencia de defectos sanitarios.

Cuadro 13. Frecuencia de inspecciones sanitarias a nivel de planta de tratamiento, pozos y reservorios

(inspecciones por año)

Volumen de agua abastecida o almacenada m ³	Frecuencia de muestreo	
	Reducido	Normal
<2000	--	3
2001 – 6000	3	6
6001 – 12000	6	12
>12000	12	24

Laboratorio. El laboratorio es el área que demanda los mayores recursos humanos y económicos y tendrá como función la realización de los análisis físico, químico y microbiológico de las muestras de agua tomadas en el sistema de distribución y de otras relacionadas con las funciones del abastecedor de agua. Estas actividades deberán ser realizadas dentro de un concepto de eficiencia y eficacia.

Al efecto, la eficiencia y eficacia del laboratorio se medirán a través de la pronta realización de los análisis y reporte de los resultados, así como de la confiabilidad de los mismos. Para cumplir con esto último, será necesario implementar un sistema de control de la calidad analítica y garantía de calidad. La veracidad de la información analítica, repercutirá directamente en la definición y efectividad de las acciones correctivas que permitirán enmendar los aspectos más críticos del sistema de abastecimiento de agua que tienen relación directa con la calidad sanitaria del servicio.

En lo que respecta a equipamiento, el laboratorio deberá de disponer de diversos materiales y que deberá estar en función al nivel de control o de vigilancia que se pretenda adoptar en el país, región o localidad. En líneas generales, los materiales de laboratorio se clasifican en:

- Equipos e instrumentos
- Muebles
- Productos químicos para análisis físico químico
- Medios de cultivo (bacteriología)
- Material de vidrio

En cuanto a los métodos analíticos, es recomendable que dentro del programa de control y vigilancia de la calidad del agua de bebida, los análisis se efectúen siguiendo procedimientos aceptados universalmente a fin de garantizar y hacer comparables los resultados de las pruebas analíticas. Al efecto, se recomienda que se adopte el Método Estándar para Análisis de Agua y Aguas Residuales de la AWWA, USPH y WPCF.

Para efectos de la realización de los análisis, las determinaciones físico químicas indicadas podrán dividirse en dos grupos: las susceptibles de ser realizados en el laboratorio y las que deben efectuarse con la participación de terceros. Para instalaciones pequeñas se recomienda que las determinaciones de algunos metales pesados y compuestos orgánicos se realicen por terceros, en vista de que ellos demandan equipos sofisticados y personal capacitado.

Personal. La calidad de la información producida por el abastecedor u órgano de vigilancia depende del trabajo realizado por el personal encargado de las inspecciones sanitarias, análisis, procesamiento de información, etc. Por este motivo, el personal debe ser capacitado para que desempeñe adecuadamente sus funciones. La capacitación adecuada asegurará que los datos y el procesamiento de los mismos sean procedimientos normalizados y comparables entre los diferentes generadores de información haciendo posible la fácil sistematiza a nivel regional y nacional.

Es recomendable que el abastecedor y el órgano de vigilancia desarrollen estrategias adecuadas para el desarrollo de los recursos humanos y ello debe incluir una clara definición de las responsabilidades, descripción de tareas, estructura de carrera profesional y mecanismos de motivación para el personal a todo nivel.

Ejecución

El programa definido por planificación debe ser cumplido lo más posible. El muestreo debe ser realizado por personal capacitado a fin de recolectar las muestras en todo el sistema de abastecimiento de agua. El personal debe asegurarse que las muestras sean representativas del agua que está llegando a los consumidores y que durante el muestreo y transporte, ella no se contamine. Al efecto, deberá ser capacitado para cumplir estrictamente con los procedimientos de muestreo, preservación, embalaje y traslado de muestras al laboratorio así como en la determinación del contenido de cloro libre, pH y otro tipo de información relacionado con el sistema de abastecimiento. Por estos motivos, el personal encargado de esta labor debe ser exclusivo y de plena confianza de la oficina de control y/o vigilancia de la calidad.

Al igual que en el caso anterior, el personal encargado de las determinaciones analíticas, inspecciones sanitarias, procesamiento de información y otros debe ser capacitado y de plena confianza de la institución a fin de garantizar la veracidad de la información y de los resultados obtenidos

Procesamiento de la información

El abastecedor de agua debe procesar la información recolectada clasificándola de acuerdo a los grandes componentes que conforman el sistema de abastecimiento de agua como son: fuente de agua, salida de planta de tratamiento, salida de componentes del sistema de distribución, red de distribución y conexiones intradomiciliarias. El procesamiento de la información deberá ejecutarlo a nivel de uso profesional, gerencial y público cada uno de ellos con una particularidad definida. Las determinaciones deben ser agrupadas de manera de permitir una fácil y rápida interpretación.

En lo que respecta a los canales de comunicación entre el abastecedor y el órgano de vigilancia, es necesario definir un flujo de la información entre ellos y que debe ser de carácter obligatorio y permanente. En primer lugar, el abastecedor debe reportar a la oficina local, regional o nacional de vigilancia toda la información relacionada con el programa de control de calidad que ejecuta en el sistema de abastecimiento de agua que administra y el órgano de vigilancia debe hacerle un seguimiento, en especial, los casos que demande la toma de medidas correctivas. De otra parte el órgano de vigilancia debe analizar la información suministrada con el abastecedor y buscar correlacionarlo con los casos de enfermedades gastrointestinales que se presente en el área de suministro de agua a fin de complementar las medidas correctivas realizadas por el abastecedor o para mejorar la legislación, reglamentos o especificaciones relacionadas con el abastecimiento de agua.

Informes

La información por si sola no conduce al mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua. Es el efectivo manejo y uso de la información generada por el control y la vigilancia la que hace posible el mejoramiento racional del abastecimiento de agua, donde el término racional implica que los recursos humanos y económicos disponibles son empleados para el máximo beneficio de la salud pública.

El adecuado manejo de la información solo será posible si periódicamente se elaboran reportes. Los reportes deben ser breves y diseñado para los diferentes niveles de audiencia. Uno de los reportes debe ser de tipo ejecutivo y su nivel de difusión será para el personal de gerencia. Otro más amplio estará dirigido al personal operativo de cada una de las zonales, en las que se indicará la calidad de servicio en cada una de las zonas de abastecimiento de agua y finalmente un tercero, estará dirigido al público en general. Este último reporte debe ser considerado como un apoyo a las actividades del área de Relaciones Públicas de cada una de las partes. En la figura 3 se presenta un esquema sobre el procesamiento de la información, la manera en que se agrupa los datos recolectados a nivel de campo y de laboratorio, y los tipos de informes y cuadros que debieran obtenerse. Esta información, en lo posible debe ser automatizada y respaldada por un programa de validación de la información, a fin de garantizar la calidad de los resultados.

Educación sanitaria

La educación sanitaria consiste en la provisión de información diseñada y destinada a crear en la población el deseo de tener sistemas seguros de abastecimiento de agua. Los programas educativos permiten la concientización sobre el uso adecuado, conservación y manipulación del agua a nivel de consumidor a fin de mantener la calidad y efectuar un uso racional del mismo y complementarse con aspectos acerca de la higiene personal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

1. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (1992). Control de Calidad del Agua de Lima. SEDAPAL.
2. European Community (1980/778/EC). The EC Directive relating to the quality of water intended for human consumption. DoE Circular 25/84.
3. Feachem, R. (1977). Water supplies for low-income communities in 'Water, Wastes and Health in Hot Climates'. London, Willey.
4. Feachem, R. *et al.* (1978). Water, health and development: Tri-Med Books Ltd., London.
5. Galal-Gorchev, H. (1986). Water Quality and Health. In Course on Surveillance & Control of Drinking Water Quality. Arusha, Nov. 1990. Centre for Developing Countries. Technical University of Denmark. WHO/DANIDA, 1990.
6. Geldreich, EE; Fox, K.R.; Goodrich J.A. et al (1992) Searching for a water supply connection in the Cabool, Missouri disease outbreak of *Escherichia coli* O157:H7. Water Res 26:1127-1137
7. ITINTEC. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Norma Técnica Nacional. Agua Potable - Requisitos. ITINTEC 214.003. Junio, 1987
8. ITINTEC. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Norma Técnica Nacional. Agua Potable - Toma de muestras. ITINTEC 214.005. Junio, 1987
9. Lloyd, B. (1982). Water Quality Surveillance. Waterlines, 1, (2), 19-23.
10. Lloyd, B.; Wheeler, D. & Pardón, M. (1984). Safe Water in the Third World. Dept. of Microbiology, University of Surrey, U.K.
11. Lloyd, B.; Pardón, M. & Bartram, J. (1987). The Development & Implementation of a Water Surveillance and Improvement Programme for Peru. American Society of Civil Engineers. International Conference on Resource Mobilisation for Drinking Water Supply & Sanitation in Developing Nations. Puerto Rico.
12. Lloyd, B. & Bartram, J. (1990). Drinking Water Microbiology in Developing Countries. Proceedings of the International Association on Water Pollution Research and Control. International Symposium on Health-Related Water Microbiology. Tubingen, Germany.
13. Lloyd, B. & Helmer, R. (1990). Surveillance of Drinking Water Quality in Rural Areas. WHO/UNEP Published by Longman Scientific & Technical, UK. ISBN 0-582-06330-2.
14. Lloyd, B. & Suyati, S. (1990). A pilot Rural Water Surveillance Project in Indonesia. Waterlines, 7, (3), 10-13.
15. Lloyd, B.; Bartram, J.; Rojas, R.; Pardón, M.; Wheeler, D. & Wedgwood, K. (1991). Surveillance and Improvement of Peruvian Drinking Water Supplies. Robens Institute, DelAgua. A project supported by the UK Overseas Development Administration as part of a technical cooperation programme for the Government of Peru.
16. Ministerio de Salud. Perú. Reglamento de los requisitos oficiales (físicos, químicos y bacteriológicos) que deben reunir las agua de bebida para ser consideradas potables. Diciembre, 1946.
17. PAHO (Pan American Health Organization. Organización Panamericana de la Salud - OPS). (1990a). Declaración de Puerto Rico; Abastecimiento de Agua, Saneamiento y Salud. Puerto Rico, 4-6 Setiembre.
18. PAHO (Pan American Health Organization. Organización Panamericana de la Salud - OPS). (1996). La Calidad del Agua Potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química.
19. PAHO (Pan American Health Organization. Organización Panamericana de la Salud - OPS). (1990b). Conferencia Regional sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento. Evaluación del Decenio Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento 1981-1990 y Proyecciones hacia el año 2000. Puerto Rico, 4-6 Setiembre. Volumen 1.
20. Rojas, R. (1994). SANIPLAN. Programa de control de la calidad de agua de consumo humano. Trujillo, Ica y Pisco.
21. Rojas, R. (1993). Quality Control of Lima's Water Supply. University of Surrey, Department of Civil Engineering.
22. Rojas, R. (1992). Quality Control of Piped Urban Water Supplies.
23. Rojas, R. & Bartram, J. (1990). Manual del Supervisor. Vigilancia de los Servicios de Agua de Consumo Humano. Secciones I al VIII. Ministerio de Salud. Lima, Perú.
24. APHA-AWWA-WPCF Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 14th Edición 1975.
25. SEDAPAL. (1992). Lima Water Authority. Anuario Estadístico.
26. Seligmann, R.; Reitler, L. (1965) Enteropathogens in water with low *Escherichia coli* titer. Journal AWWA 57:1572-1574

27. Society of Applied Bacteriology Symposium on Microbiological Aspects of Water Management. SAB Summer Conference. Lancaster, 16-20th July 1984.
28. Statutory Instruments, 1989/1147. Water England and Wales. The Water Supply (Water Quality) Regulations 1989.
29. Stenström, T.A. Community Education and Involvement. In Course on Surveillance & Control of Drinking Water Quality. Arusha, Nov. 1990. Centre for Developing Countries. Technical University of Denmark. WHO/DANIDA, 1990.
30. Thames Water Utilities. (1991). Drinking Water Quality, 1990.
31. UN. (1977). Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. Naciones Unidas. Mar del Plata, 14-25 Marzo.
32. UNEP. (1990). Consultación Mundial sobre Abastecimiento de Agua Potable y el Saneamiento Ambiental para los años de 1990. Declaración de Nueva Delhi, 10-14 Setiembre.
33. UNEP/WHO. (1989). Project on Control of Drinking-Water Quality in Rural Areas. Report of a Review Meeting at the WHO Collaborating Centre for the Protection of Drinking-Water Quality and Human Health. Robens Institute. Guildford.
34. Vargas, C. Mejoramiento de la calidad del agua de la ciudad de Lima y el Callao. CEPIS -1995
35. Vargas, C. Control de la calidad del agua de la ciudad del Cuzco. CEPIS -1995
36. Ward, C. (1990). Groundwater Quality Monitoring in Relation to on-site Sanitation. Waterlines, 8, (4), 11-14.
37. Walsh, J. & Warren, K. (1979). Selective Primary Health Care: An interim strategy for disease control in developing countries. New England. J. Med 301(18), 967.
38. Wheeler, D. & Bartram, J. (1988). Surveillance Planning. In Course on Surveillance & Control of Drinking Water Quality. Arusha, Nov. 1990. Centre for Developing Countries. Technical University of Denmark. WHO/DANIDA, 1990.
39. Wheeler, D. & Bartram, J. (1990). Sanitary Inspection. In Course on Surveillance & Control of Drinking Water Quality. Arusha, Nov. 1990. Centre for Developing Countries. Technical University of Denmark. WHO/DANIDA, 1990.
40. WHO. (1976). Surveillance of Drinking Water Quality. WHO Monograph Series No 63. WHO, Geneva.
41. WHO. (1978). Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de la Salud. Alma Ata 612 Setiembre 1978. OMS, Ginebra.
42. WHO. (1983). GEMS/WATER Report of the Inter-Regional review meeting on water quality monitoring programmes. Burlington (Ontario) 17-21st October.
43. WHO. (1984). Guidelines for Drinking Water Quality. Vol 1, Recommendations. WHO, Geneva.
44. WHO. (1985). Guidelines for Drinking Water Quality. Vol 3, Drinking Water Quality Control in Small Community Supplies. WHO, Geneva.
45. WHO. (1986). Guiding Principles for National Monitoring of the Water Supply and Sanitation Sector. WHO, Geneva, June 1986.
46. WHO. (1995). Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones. Segunda edición. WHO, Geneva, 1995.
47. WHO. (1997). Guidelines for drinking-water quality. Surveillance and control of community supplies. WHO, Geneva, 1997.
48. WHO. (1991). Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Report of the Review Meeting on Pathogenic Agents and Volume 3 on Surveillance of Community Supplies. Harare, Zimbabwe, 24-28 June 1991.
49. World Water. (1981). 'D-Day for the Water Decade'. Liverpool, p.3.

Cuadro 5. Determinaciones analíticas

Nivel básico		
Turbiedad	Olor	
Apariencia	Valor de pH	
Conductividad	Cloro residual (total,	
Sabor	combinado y libre)	
Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	
Nivel intermedio (volumétrico) – Además de los anteriores		
Dureza total	Calcio	Magnesio
Alcalinidad	Bióxido de carbono	Cloruros
Residuo disuelto/total	Recuentos de colonias	E. coli
Nivel intermedio (colorimétrico) – Además de los anteriores		
Sulfatos	Color	Hierro
Manganeso	Cromo	Nitrato
Fluoruro		
Nivel avanzado – Además de los anteriores		
Aluminio	Mercurio	Cobre
Arsénico	SAAM	Sodio
Cianuro	Bario	Fenoles
Cadmio	Cinc	ECC
Selenio	Plomo	

Cuadro 6. Frecuencia de muestreo y análisis a nivel de sistema de distribución según OMS

(muestras por mes)

Determinación	OMS	
	Superficial	Subterránea ⁽¹⁾
Físico químico	Cloro residual diario	Cloro residual periódico
Bacteriológico	Población	Nº
	<5000	mensual
	5000-100000	(2)
	>100000	(3)

⁽¹⁾ Referido a pozos profundos.

⁽²⁾ 1 muestra por cada 5,000 habitantes/mes.

⁽³⁾ 1 muestra por cada 10,000 habitantes/mes.

Cuadro 7. Frecuencias de muestreo - sistemas urbanos - a nivel de grifo de distribución - físico químico simple

(muestras por año)

Parámetros	Zonas de abastecimiento (población abastecida)	Frecuencia de muestreo		
		Reducido		Estándar
		Subterránea	Superficial	
Conductividad	<500	1	2	6
Íon hidronio	501-5000	3	6	12
Turbiedad	5001-10000	4	9	18
Dureza total	10001-24000	6	12	24
Alcalinidad	24001-50000	1 c/4000 hab	1 c/2000 hab	1 c/1000 hab

Cuadro 8. Frecuencias de muestreo – sistemas urbanos - a nivel de grifo de consumidor - bacteriológico

(muestras por año)

Parámetro	Zona de abastecimiento (población servida)	Frecuencia de muestreo (estándar)
Coliformes totales	<500	6
Coliformes termotolerantes	500-5000	12
Conteo de colonias heterotróficas	5001-10000	18
	10001-24000	24
	24001-50000	1 c/1000 hab

Cuadro 9. Frecuencias de muestreo – sistemas urbanos - a la salida de la planta de tratamiento, fuentes de agua subterránea y reservorios de servicio

(físico químico A) - ver anexo 1 (muestras por año)

Parámetros	Volumen de agua abastecido por día o almacenada (m ³)	Frecuencia de muestreo		
		Reducido		Estándar
		Subterránea	Superficial	
Conductividad	< 2000 2001-6000 > 6001			
Íon hidronio				
Turbiedad				
Color				
Olor				
Sabor				
Nitrato				
Nitrito				
Amonio				
Hierro				
Manganeso				
Aluminio				

Cuadro 10. Frecuencias de muestreo – sistemas urbanos - a la salida de la planta de tratamiento, fuentes de agua subterránea y reservorios de servicio (físico químico B) – ver anexo 1 (muestras por año)

Parámetros	Frecuencia de muestreo (estándar)	
	Subterránea	Superficial
Residuo seco	1	12
Cloruro		
Sulfato		
Calcio		
Magnesio		
Sodio		
Fluoruro		
Dureza total		
Alcalinidad		
Cobre		
Cinc		
Plomo		
Arsénico		
Bario		
Cadmio		
Cianuro		
Cromo total		
Mercurio		
Selenio		
Fenoles		
Oxidabilidad		
Extracto carbón cloroformo		
Material extractable (éter de petróleo)		

Cuadro 11. Frecuencias de muestreo – sistemas urbanos - a la salida de la planta de tratamiento, fuentes de agua subterránea y reservorios de servicio - bacteriológico (muestras por año)

Parámetro	Volumen de agua abastecida por día o almacenada (m³)	Frecuencia de muestreo	
		Reducido	Estándar
Coliformes totales Coliformes termotolerantes Contaje de colonias heterotróficas	<2000 2001-6000	26	26 52
Coliformes totales Coliformes termotolerantes	6001-12000 >12000	52 104	104 208
Contaje de colonias heterotróficas	>6000	52	104

Cuadro 12. Frecuencias de muestreo – sistemas rurales y urbano marginales (muestras por año)

Parámetro	Población Abastecida	Número de muestras	Frecuencia de muestreo estándar
Planta de tratamiento y fuentes de agua subterránea Análisis físico químico*		una muestra por fuente	Superficial c/2 años Subterránea c/5 años
Reservorios de servicio Ión hidronio Turbiedad Coliformes termotolerantes		una muestra por componente	3 por año
Red de distribución Ión hidronio Turbiedad Coliformes termotolerantes	< de 1000 1001 – 2000 2001 – 5000	3 4 6	Anual Anual Anual

* Ver anexo 2
Cuadro A, numerales 1 al 19
Cuadro B, numerales 1 al 7
Cuadro D, numerales 1,2 y 5

ANEXO 1

VALORES O CONCENTRACIONES PRESCRITAS

CUADRO A. COMPUESTOS QUE AFECTAN LA CALIDAD ESTÉTICA Y ORGANOLÉPTICA FÍSICO QUÍMICO A

Item	Parámetro	Unidad de medida	Concentración o Valor
1.	Color	mg/l Pt/Co escala	15
2.	Turbiedad	UNT	-
	agua superficial		5
	agua subterránea		10
3.	Olor		inofensivo
4.	Sabor		inofensivo
5.	Ión hidronio *	Unidades de pH	6,5 a 8,5
6.	Conductividad	μS/cm	1400
7.	Sulfato	mg/l como SO ₄ ²⁻	250
8.	Cloruro	mg/l como Cl	400
9.	Calcio	mg/l como Ca	75
10.	Magnesio	mg/l como Mg	30
11.	Sodio	mg/l como Na	200
12.	Dureza total	mg/l CaCO ₃	200
13.	Residuo seco total	mg/l	1000 (180 °C)
14.	Aluminio *	μg/l como Al	200
15.	Hierro *	μg/l como Fe	300
16.	Manganeso *	μg/l como Mn	100
17.	Cobre *	μg/l como Cu	1000
18.	Cinc *	μg/l como Zn	5000
19.	Surfactantes	μg/l como lauril sulfato	200
20.	Material extractable(éter de petróleo)*	μg/l	10
21.	Extracto carbón-Cloroformo *	μg/l residuo seco	200

* Parámetros no exceptuables

CUADRO B. COMPUESTOS QUE AFECTAN LA SALUD FÍSICO QUÍMICO B

Item	Parámetro	Unidades de medidas	Concentración máxima
1.	Arsénico	μg/l como As	100
2.	Cadmio	μg/l como Cd	5
3.	Cianuro	μg/l como CN ⁻	100
4.	Cromo total	μg/l como Cr	50
5.	Mercurio	μg/l como Hg	1
6.	Plomo	μg/l como Pb	50
7.	Selenio	μg/l como Se	10
8.	Trihalometanos (i)	μg/l	100
9.	Fenoles	μg/l como C ₆ H ₅ OH	100

Nota.- (i) Suma de las concentraciones de triclorometanos, diclorobromometano, dibromoclorometano y tribromometano.

CUADRO C. CALIDAD BACTERIOLÓGICA

Item	Parámetro	Unidades de medidas	Concentración máxima
1.	Coliformes totales	Número/100 ml	0
2.	Coliformes fecales	Número/100 ml	0
3.	Contaje de colonias	Número/ml 22 ó 37 °C	500

CUADRO D. COMPUESTOS QUE PUEDEN AFECTAR LA SALUD

Item	Parámetro	Unidades de medidas	Concentración máxima
1.	Nitrato	mg/l como NO ₃ ⁻	45
2.	Nitrito	μg/l como NO ₂ ⁻	100
3.	Amonio	μg/l como NH ₄ ⁺	500
4.	Bario	μg/l como Ba	1000
5.	Fluoruro	μg/l como F ⁻	1500

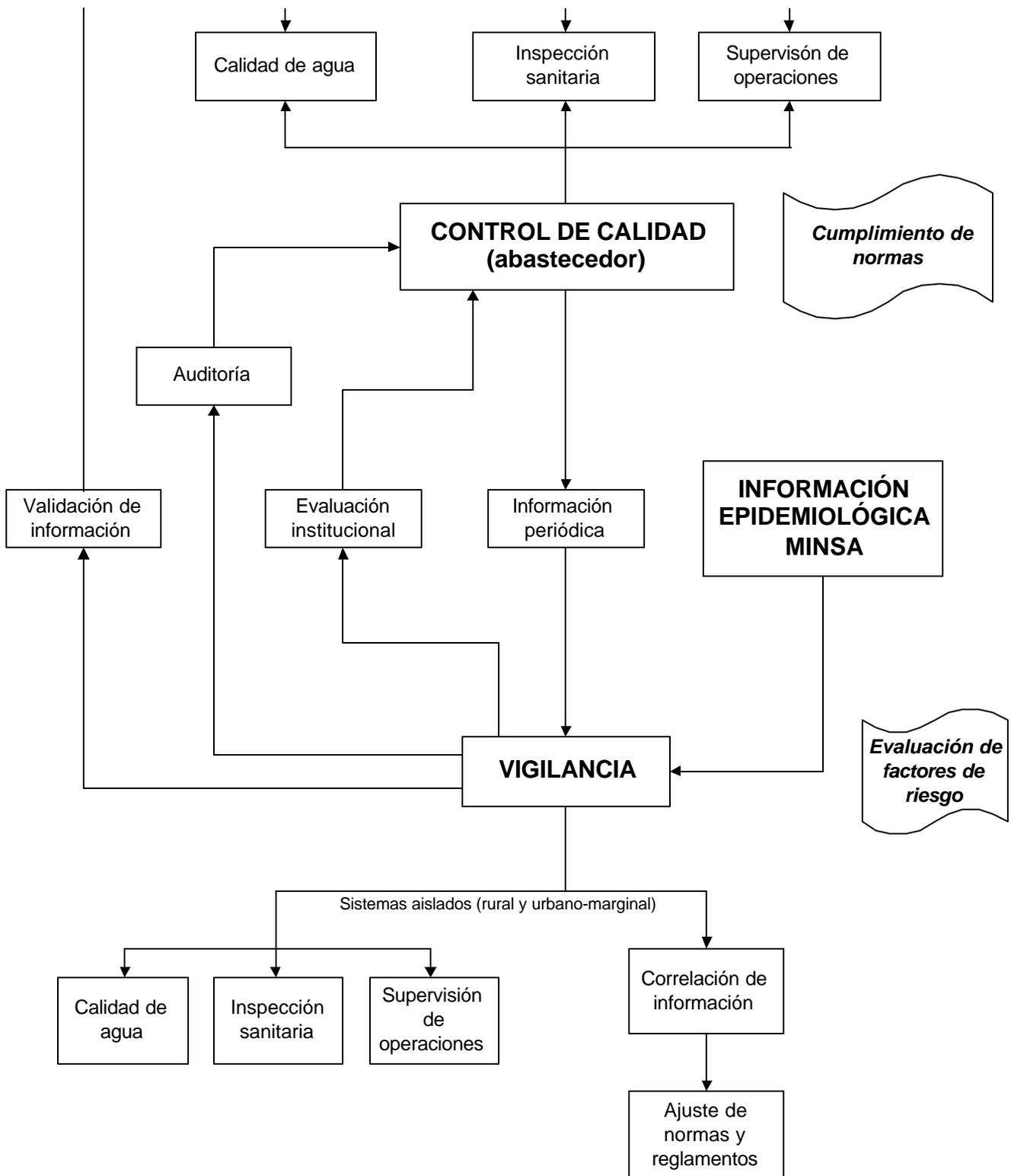


Figura 1

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

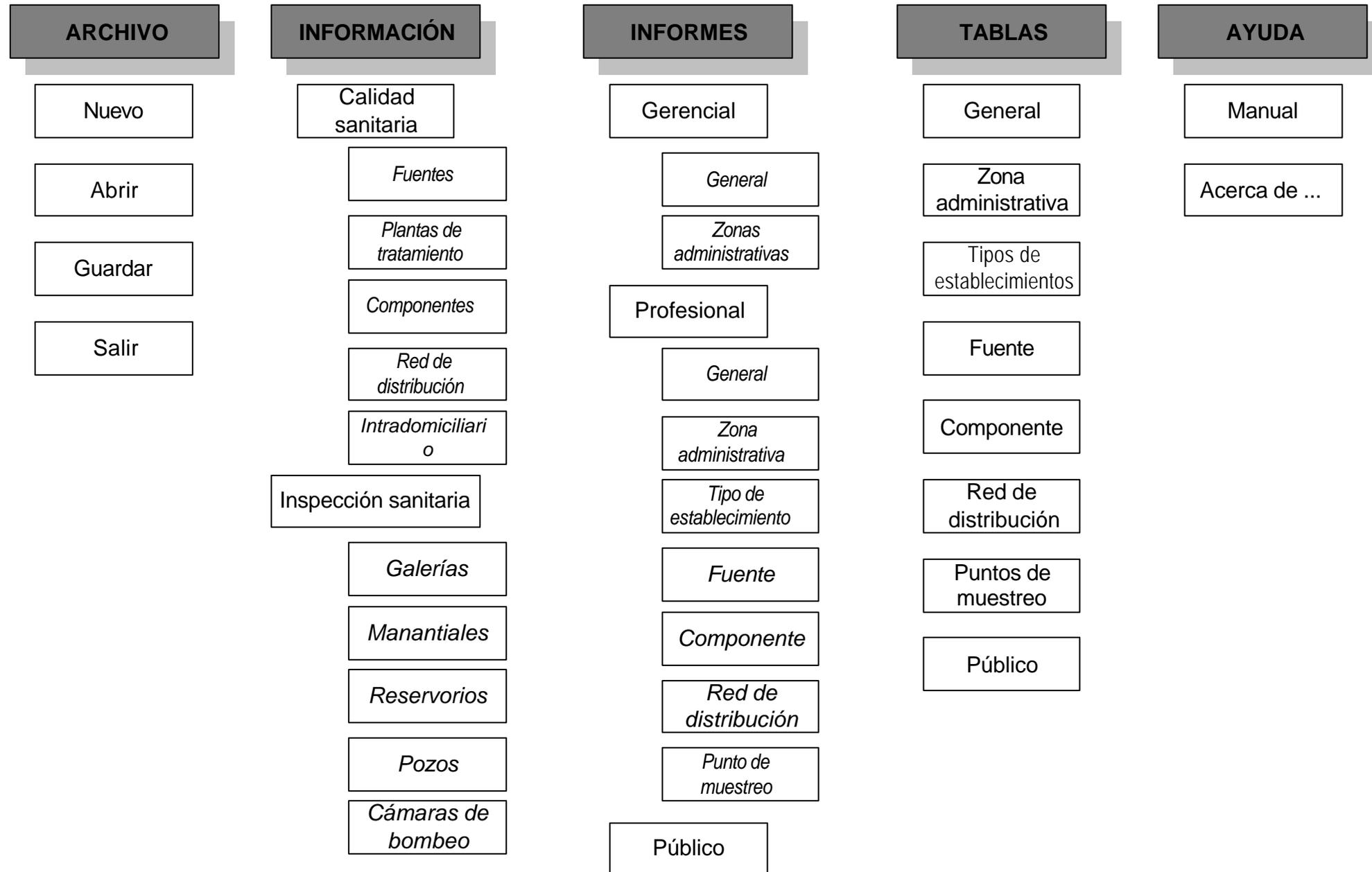


Figura 3

