



Organización
Mundial de la Salud



Evaluación Rápida de la Calidad del Agua Potable

Manual Práctico



**Programa Conjunto de Monitoreo para el
Abastecimiento y Saneamiento del Agua**
Ginebra 2003

Índice

01. Introducción	1
1.2 Evaluaciones Rápidas	1
1.3 Selección de los Parámetros	2
1.4 Enlace con los Programas de Monitoreo	2
03. Diseño de la Encuesta	5
3.1 Definición de los Suministros	7
3.2 Cálculo de una Proporción que Servirá para Estimar el Tamaño de la Muestra	8
3.2.2 Metodología de la Opinión de los Expertos	9
3.2.3 Inspección de los Datos Existentes sobre la Calidad del Agua	9
3.3 Efecto de Diseño	10
3.4 Cálculo del Tamaño de la Muestra	11
3.5 Definición de los Conglomerados y Estratificación	11
3.5.1 Ponderación Proporcional por Tipo de Tecnologías – Estratificación Primaria	12
3.5.2 Ponderación Proporcional por Área - Estratificación Secundaria	13
3.5.3 Definición y Selección de las Unidades de Muestreo por “Grandes Áreas”	14
3.5.4 Definición de los Conglomerados	16
3.6 Resumen del Diseño de la Encuesta	16
3.7 Muestreo de los Suministros de Agua	17
3.8 Actividades de Campo	17
3.8.1 Registro de los Resultados	17
3.9 Análisis de los Datos	18
3.10 Informe Final de la Evaluación	18
3.10.1 Introducción	18
3.10.2 Ubicación	18
3.10.3 Parámetros de Calidad del Agua	18
3.10.4 Resultados	18
3.10.5 Discusión	19
3.10.6 Conclusiones y Recomendaciones	19
3.10.7 Anexos	19
5.0 Inspecciones Sanitarias	20
5.1 Inspecciones Sanitarias	20
5.2 Valoración del Riesgo de Polución	22
5.3 Inspección Visual	22
5.4 Ventajas, Limitaciones y Aplicaciones de las Técnicas	22
5.5 Recomendaciones para las Evaluaciones Rápidas	23
7.0 Análisis de los Datos	24
7.1 Análisis Básico de los Datos	24
7.2 Interpretación de los Datos de Inspección Sanitaria: Medición de O&M	25
7.3 Identificación de las Causas de Contaminación Microbiana en Fuentes Puntuales	25
7.4 Identificación de las Causas de Contaminación Microbiana en Suministros por Acueductos	28
7.5 Utilización de los Datos para Clasificar los Sistemas	29
7.6 Suministro de Agua en el Hogar	29
7.7 Análisis más Detallado de los Datos de Calidad Química	30
Anexo 1. Formatos de Reporte	32
A1. Hoja de Reporte Diario: Datos Microbiológicos	33

A2. Hoja de Reporte Diario: Datos Químicos	34
A3. Informe Final de la Evaluación.....	35
A.3.1.Lista de contenidos sugeridos.....	35
Introducción.....	35
Ubicación.....	35
Parámetros cualitativos y medios de análisis.....	35
Resultados.....	35
Discusiones e implicaciones o hallazgos	35
Conclusiones y recomendaciones.....	35
Anexos.....	35
Anexo 2: Formatos de Inspección Sanitaria y Evaluación de Riesgos de Contaminación	36
B1. Formulario de Evaluación Rápida de Riesgo Ambiental	47
Anexo 3: Formularios del Control de Calidad de Datos Microbiológicos	49
C1. Formato de Evaluación de la Técnica Aséptica.....	50
C2. Tabla de Control de Calidad de Pruebas Microbiológicas (95% fiabilidad e intervalos de conteo 0-100)...	51

01. Introducción

El suministro de agua fue uno de los ocho componentes de la Atención Primaria de Salud que se identificaron en la Asamblea Mundial de la Salud celebrada en Alma Ata en 1978. La Declaración de Alma Ata referente a la Atención Primaria de Salud expandió dicho concepto para incluir nociones más amplias como precios asequibles, accesibilidad, independencia, colaboración inter-sectorial, participación comunitaria, sostenibilidad y justicia social.

Se continúa enfatizando en la importancia del suministro del vital líquido, considerada primordial para reducir la pobreza y mejorar la salud y bienestar de los niños y adultos de todo el mundo. La comunidad internacional tiene como meta reducir a la mitad en el 2015 la proporción de la población mundial sin posibilidades o recursos para tener acceso a agua segura. Aunque se han alcanzado grandes avances en el cumplimiento de dicha meta en cuanto a la provisión de servicios, la salubridad de muchos suministros de agua continua siendo dudosa o desconocida. El informe de la reciente Evaluación Global del Suministro y Saneamiento del Agua 2000 arroja estadísticas sobre el acceso a tecnologías que fueron “mejoradas” o que no registraron ningún “perfeccionamiento”, asumiendo que algunas tecnologías probablemente son beneficiosas para la salud, aunque también se reconoce que no siempre es así. Sin embargo, la evaluación no arrojó ninguna información sobre la calidad del agua.

Sería conveniente que los estudios que se hagan en el futuro sobre el grado de acceso a los suministros de agua incluyeran datos sobre la calidad del agua. El presente manual está diseñado para poder elaborar evaluaciones rápidas sobre la calidad del agua, a fin de saber más y entender mejor el nivel de salubridad cualitativa de los suministros acuíferos. Los informes independientes con datos verificables sobre la calidad del agua revisten de mucha importancia al momento de apoyar a los gobiernos nacionales y a la comunidad internacional para medir el nivel de cumplimiento de las metas internacionales de desarrollo. Este tipo de información brinda datos útiles sobre las condiciones actuales que derivan posibles cargas de salud ligadas al inadecuado suministro de agua; asimismo, permite entender mejor la dimensión de los problemas relacionados con la calidad del vital líquido en los países en vías de desarrollo. Por lo tanto, todos estos datos señalan las prioridades y necesidades futuras de inversión a nivel nacional, regional y global.

1.2 Evaluaciones Rápidas

Las evaluaciones rápidas de la calidad del agua son una fuente informativa de línea de base valiosa que tiene que ver con el nivel de salubridad del agua. A través de la utilización de una variedad de técnicas y análisis apropiados de datos, es posible predecir las tendencias y retos que presenta la calidad del agua. Por lo tanto, un aspecto importante consiste en asegurarse que los resultados obtenidos sean estadísticamente representativos de los suministros de agua en el país.

En el presente manual se describe cómo realizar las evaluaciones rápidas y analizar los datos. Detalla cómo diseñar las evaluaciones, estudiar los parámetros de interés, su análisis y cómo inspeccionar los suministros de agua. También incluye información sobre el análisis de datos y generación de informes. En el Anexo 1 usted encontrará formatos que pueden utilizarse para la recopilación y registro de datos. Además del manual, el personal de campo encargado de la evaluación rápida contará con una copia de la “Guía Práctica para la Vigilancia de la Calidad del Agua” que les será de utilidad al momento de emprender las labores de campo (ver bibliografía).

Los recursos y capacidades existentes en cada país necesarias para realizar las evaluaciones varían de gran manera. En el manual se citan los parámetros básicos que deben incluirse en todos los estudios, pero conscientes que algunos países quizás deseen ejecutar evaluaciones más completas, también incluimos tres niveles de evaluación de complejidad creciente que flexibiliza el enfoque utilizado. Dichos niveles están esbozados en la Tabla 1.1. No obstante, en cuanto al financiamiento facilitado por OMS y UNICEF, hay que recalcar que sólo se financiarán las evaluaciones del nivel 1.

El equipo encargado de la evaluación rápida deberá estar encabezado por un alto funcionario del Ministerio de Salud, de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados o del Ministerio del Medio Ambiente. La persona designada tendrá bajo su responsabilidad el manejo y coordinación del programa, así como la elaboración y entrega del informe final. Es aconsejable que el coordinador rinda cuentas ante un grupo intersectorial integrado por las partes involucradas del país.

1.3 Selección de los Parámetros

La selección de los parámetros que formarán parte del programa de análisis cualitativo del agua probablemente deben limitarse al país (y de ser posible a la región), e incluso específicos para ciertos tipos de agua. Además, el rango del análisis y frecuencia de las pruebas dependerán de los recursos disponibles para el análisis cualitativo del agua. Aunque lo ideal sería analizar con asiduidad una gran cantidad de parámetros, las limitaciones presupuestarias podrían restringir la periodicidad de las pruebas y el número de parámetros a utilizar. No obstante, existen algunas reglas básicas que sirven para orientar el manejo de los programas de análisis cualitativos del agua.

El primer paso para decidir si se incluirá un determinado parámetro en el programa consiste en responder estas cuatro preguntas importantes:

- 1 ¿Se conoce de la existencia del parámetro en las aguas del país?
- 2 ¿En caso afirmativo, en qué niveles existe y si se acerca o alcanza grados de importancia o interés?
- 3 ¿Cuál es el grado de presencia de los parámetros?
- 4 ¿Existen actividades en las cuencas que puedan provocar la presencia del parámetro o su incremento por niveles?

En términos de prioridad, los parámetros que formarán parte de los programas de evaluación y monitoreo de la calidad del agua se pueden resumir de la siguiente manera:

- 1 Calidad microbiológica y cualquier parámetro que controle la calidad microbiológica (residuales desinfectantes, pH y turbidez).
- 2 Parámetros que provoquen que los consumidores rechacen el agua (turbidez, sabor, color y olor del agua).
- 3 Agentes químicos de reconocido riesgo sanitario.

En algunos países existe la tendencia errónea de recalcar la importancia de parámetros con riesgos limitados o no documentados para la salud pública, cuyos análisis son caros y complicados. Estos podrían reducir la efectividad del monitoreo de parámetros claves, en especial los referidos a la calidad microbiológica y ser a la vez contraproducentes para disminuir los riesgos contra la salud pública. Con mucha frecuencia, este tipo de abordajes están dictados por los estratos sociales opulentos en detrimento de los sectores empobrecidos. La selección de los parámetros que irán en las evaluaciones debe ser con base en aquellos que tengan un mayor impacto en la salud de toda la población y ante los cuales los pobres puedan presentar una vulnerabilidad particular.

1.4 Enlace con los Programas de Monitoreo

Aunque las evaluaciones rápidas dan indicios válidos sobre la calidad del agua, siempre es necesario desarrollar y aplicar programas continuos, rutinarios y efectivos de monitoreo. Dichos datos son muy valiosos al momento de valorar la salubridad del agua o planificar y priorizar intervenciones. La metodología de la evaluación aquí citada será incluso apropiada para algunos programas a pesar de la existencia de otros métodos. Con mucho énfasis les recomendamos a los coordinadores de la evaluación que consulten las "Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable", 2da Edición, Tomo III así como la "Vigilancia del Suministro de Agua en las Zonas Urbanas: Manual de Consulta". Para mayor información, favor ver la bibliografía.

Nivel de Evaluación	Criterios Microbiológicos y Afines	Inspecciones y Evaluaciones de Riesgo	Criterios Físico – Químicos
Nivel 1	Coliformes termo tolerantes Estreptococos fecales Turbidez pH Residuales de cloro	Inspección sanitaria Evaluaciones de riesgo de contaminación, Entrevistas breves en las plantas de tratamiento	Color (aspecto) Conductividad Nitratos Hierro Arsénico Flúor Cobre o Cromo o Manganeso
Nivel 2	Coliformes termo tolerantes Estreptococos fecales Turbidez pH Residuales de cloro Bacteriófagos	Inspección sanitaria Evaluaciones de riesgo de contaminación Auditoria de los registros de las plantas de tratamiento Evaluación de las cuencas Estudio hidrológico básico	Color (aspecto) Conductividad Nitratos Hierro Arsénico Flúor Cianuro Metales (aluminio, cadmio, cromo, cobre, plomo, manganeso, mercurio) Amoniaco Selenio
Nivel 3:	Coliformes termo tolerantes Estreptococos fecales Turbidez pH Residuales de cloro Bacteriófagos Clostridium perfringens Evaluaciones de agentes patógenos Cianobacteria	Inspección sanitaria Evaluaciones de riesgo de contaminación Auditoria de los registros de las plantas de tratamiento Evaluación de las cuencas /EIA Estudio hidrológico exhaustivo Análisis de riesgos Estudio de riesgos microbianos	Color (aspecto) Olor Conductividad Nitratos Hierro Arsénico Flúor Cianuro Metales (aluminio, cadmio, cromo, cobre, plomo, manganeso, mercurio) Amoniaco Selenio Otros inorgánicos Orgánicos (como pesticidas y subproductos de desinfectantes) Alcalinidad Capacidad de corrosión

Tabla 1.1: Niveles de Evaluación

El proceso a seguir en la evaluación rápida aparece resumido en la figura 1.1. Se debe escoger a un coordinador nacional que encabece todo el proceso. Mientras tanto, el equipo deberá tener entre sus integrantes a uno o dos técnicos de estadística que colaboren en el diseño de la encuesta y en el análisis de los datos.

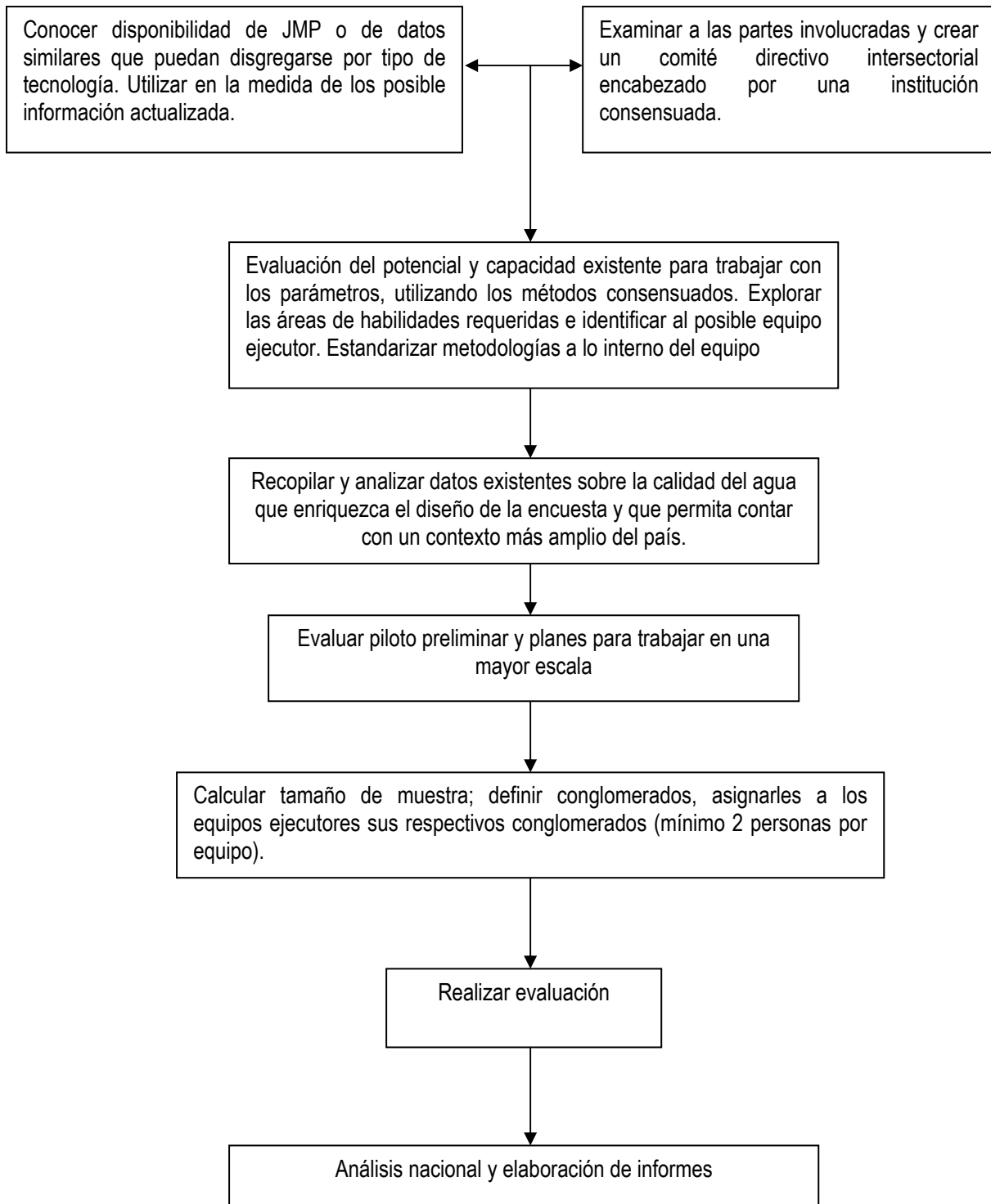


Figura 1.1: Pasos a darse en las evaluaciones rápidas de la calidad del agua

03. Diseño de la Encuesta

En esta sección se abarcan los procedimientos del diseño de la encuesta que deben seguirse a la hora de realizar las evaluaciones cualitativas del agua. El manual no discute en detalles los propósitos del muestreo ni la gama de posibles enfoques a utilizar. La bibliografía que aparece en el Anexo 4 incluye referencias de fuentes adecuadas sobre muestreo y estadísticas como el Manual Práctico de la UNICEF para Encuestas de Conglomerados con Indicadores Múltiples.

El diseño de la encuesta utiliza una metodología de muestreo por conglomerados para seleccionar los suministros de agua que formarán parte del estudio. El muestreo por conglomerados significa que los suministros escogidos están geográficamente cerca unos de otros (*“clusters”*), con el propósito de obtener una muestra representativa de todos los tipos de tecnologías presentes en los suministros de agua, donde en vez de buscar fuentes individuales se seleccionan grupos de las mismas. El muestreo por conglomerados se utiliza debido a que es la metodología que se aplica en el resto de ejercicios internacionales de recopilación de datos sobre agua, saneamiento y salud, como es el caso de las Encuestas de Conglomerados con Indicadores Múltiples (MICS), una herramienta que auxilia al Programa Conjunto de Monitoreo para el Abastecimiento y Saneamiento del Agua, impulsado por UNICEF/ OMS. El muestreo por conglomerados mejora la eficiencia del estudio porque facilita el acceso a los suministros de agua y reduce los costos.

En las técnicas de encuestas por conglomerados, el universo se estratifica en una cantidad de conjuntos pequeños excluyentes entre sí (Ej. los miembros de un conjunto no pueden estar en otro conjunto). Cada conjunto se considera como un grupo (o estrato). Al momento del muestreo, en vez de seleccionar los suministros de cada conjunto seleccionado se escogen en sí a los grupos (como si fuera un muestreo estratificado).

El elemento clave en el diseño de la encuesta está en asegurarse que la selección de los suministros que se incluirán reflejen su importancia. La unidad básica del muestreo es el suministro de agua en sí y no el número de casas que se abastecen de la misma. Las evaluaciones rápidas están diseñadas principalmente para valorar la calidad y salubridad de los suministros de agua. También se realizarán algunas pruebas limitadas sobre la calidad del agua almacenada en las casas, la que se comparará con el agua de los suministros incluidas en el estudio.

A fin de simplificar el procedimiento evaluativo, deberá definirse desde el inicio la población mínima abastecida por un suministro de agua. El estudio deberá incluir sólo los suministros acuíferos que tengan definidas el tamaño mínimo o un poco mayor de la población que se beneficia de los mismos. Realizar pruebas en suministros de escala muy reducida (nivel domiciliario o que abastezcan a unas cuantas casas) resulta muy caro y su inclusión quizás no arroje un salto cualitativo en los datos generados que justifiquen los costos crecientes del estudio.

La selección del tamaño mínimo de una comunidad depende en parte de la distribución de la magnitud de los asentamientos humanos en el país. Una escala sugerida de tamaños mínimos podría ser de 200 a 1,000 personas, de acuerdo con la población total del país. La cifra 200 refleja los criterios comunes de diseño para poblaciones que se abastecen de una fuente focal de agua, mientras que la cifra 1,000 puede ser la más indicada para países con grandes poblaciones, en donde los suministros comunitarios del vital líquido dan lugar a acueductos para poblaciones más extensas y pueblos pequeños. Al momento de establecer una población mínima, la cifra escogida y su debida justificación deben estar documentadas; asimismo, deberá calcularse la proporción estimada de asentamientos que se excluirán. La proporción de la población excluida del estudio debe ser lo más baja posible, sin exceder el 5% de la población nacional.

Las siguientes secciones muestran las etapas a seguir en el diseño de la encuesta, resumidas a continuación en la figura 3.1.

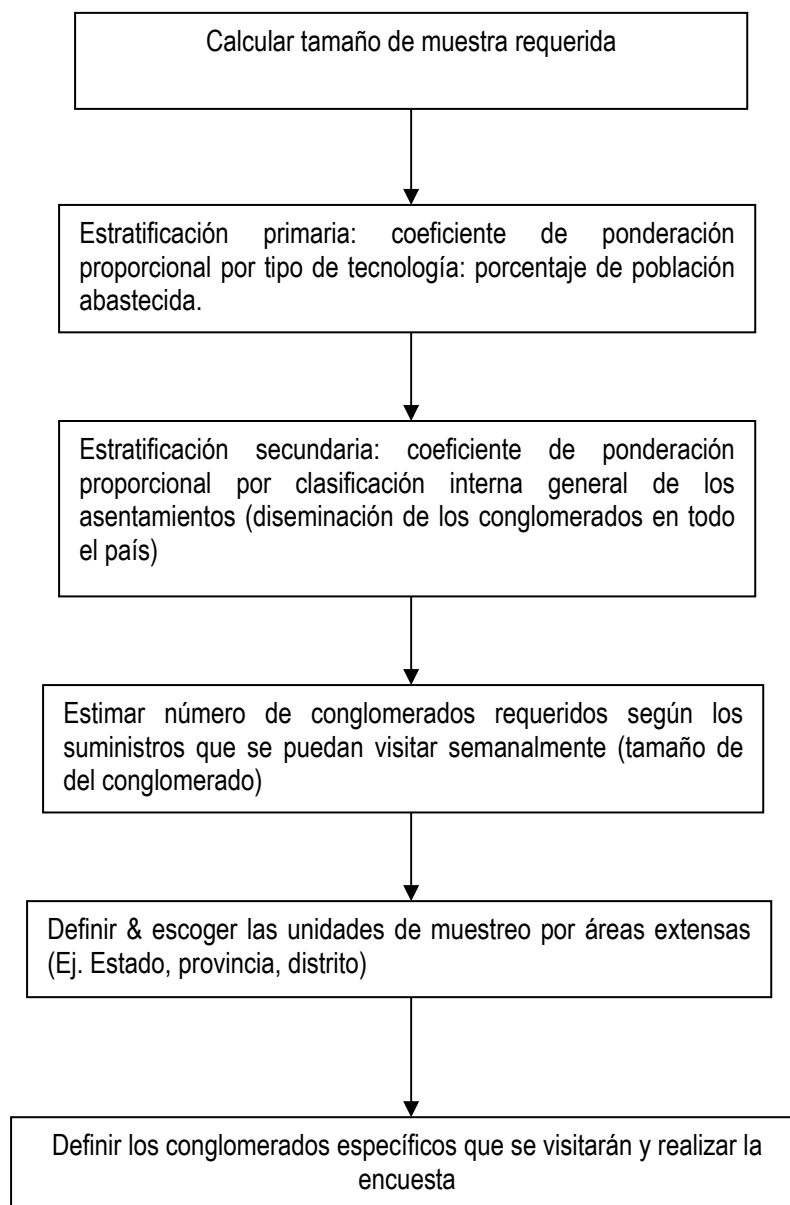


Figura 3.1: Esquema general del proceso de diseño

3.1 Definición de los Suministros

En esta etapa es importante estar claros qué significa suministro de agua dentro del contexto del estudio.

Un suministro de agua es un sistema de abastecimiento para uso doméstico. Un suministro de agua puede ser una perforación (pozo tubular) equipado con una bomba manual, un manantial protegido o un sistema de acueductos. Los suministros de agua de naturaleza similar (como los suministros de agua por acueductos) pueden subdividirse según la administración que tengan. En las evaluaciones, se utilizan dos grandes categorías:

- Suministro público de agua. Son suministros de agua por acueductos que están bajo la administración de una entidad que no pertenece a la comunidad abastecida. Ejemplo: las empresas gubernamentales de agua, corporaciones o empresas de servicio público, gobiernos locales (concejos de ciudades, municipalidades, pueblos o distritos) y operadores privados (de todo tamaño). También se incluyen los pueblos pequeños atendidos por las alcaldías, aunque sus poblaciones sean relativamente bajas.
- Suministro Comunitario: Es el servicio de agua manejado por la comunidad abastecida. Podemos mencionar a las asociaciones o grupos de usuarios que manejan el suministro, pero todos sus miembros provienen de la comunidad atendida. Si la Asociación tiene miembros ajenos a la comunidad, entonces pasaría a ser una forma de empresa de servicio público.

Para evitar el riesgo de contar sólo con suministros de gran envergadura que constituyen una sola fuente de agua que pueda no ser representativa de su importancia global en el sector agua, se hace una subdivisión por zona. En las evaluaciones rápidas, cada zona equivale a un suministro de agua. Las zonas están definidas principalmente con base en las fuentes de agua, plantas de tratamiento y reservas (tanques) que abastecen diversas áreas del sistema de distribución. La zonificación de los suministros de agua asegura en cualquier punto del sistema de distribución que el analista conozca de qué fuente o planta de tratamiento proviene el agua y a través de qué infraestructura mayor es transportada, elementos que puedan afectar la calidad del vital líquido. Esta información es primordial al momento de interpretar los resultados de las pruebas cualitativas del agua.

Al igual que muchas metodologías de zonificación, dentro de la evaluación, la población máxima para una sola zona debe definirse para evitar que ciertos tipos de suministros (por ejemplo, grandes sistemas urbanos con redes de suministro en anillo) tengan muy pocas zonas y, a la vez asegurarse que el estudio incluya suficientes "suministros urbanos por acueductos". Si una zona abastecida por un tanque o fuente de agua contiene una población mayor al límite máximo poblacional, se debe dividir con cada zona resultante considerada como un suministro de agua. Dicha zona debe dividirse en dos áreas con igual población y no como una zona con la máxima población mientras que la segunda zona queda muy pequeña.

Recomendamos que la población máxima de las zonas debe ser de 50,000 en congruencia con las prácticas observadas en otros países. Sin embargo, al momento de diseñar la encuesta, es importante analizar la cifra de población máxima a luz de la cantidad de suministros de servicio público requeridos. En algunos países, una cifra menor de población máxima (digamos 20,000) quizá sea el parámetro más indicado. Si el tamaño de la población máxima por zona cambia y ya no es 50,000, entonces habrá que documentar dicho cambio, con su justificación explicada en el informe final. Este enfoque de zonificación de los sistemas de acueductos aparece resumido a continuación en la tabla 3.1.

Características del suministro	Zonas según las características del sistema	Criterios demográficos
Fuente única, Una o ninguna reserva de servicio (tanque)	Una zona	Tamaño máximo de la población de la zona 50,000
Fuente única, Múltiples (más de una) reservas de servicio (tanques)	El área abastecida por cada reserva de servicio constituye una zona	Tamaño máximo de la población de la zona 50,000
Más de una fuente con varias reservas de servicio (tanques)	El área abastecida por cada fuente y cada reserva de servicio constituye una zona	Tamaño máximo de la población de la zona 50,000

Tabla 3.1: Zonas del sistema de distribución consideradas como suministros de agua

3.2 Cálculo de una Proporción que Servirá para Estimar el Tamaño de la Muestra

El primer paso para calcular el tamaño de la muestra es estimar la proporción (P) de la población total en estudio (en este caso los suministros de agua) que deberán cumplir ciertos criterios preestablecidos. Surge una obvia dificultad porque la proporción es el atributo que intentamos encontrar en la encuesta.

En términos generales (al menos en conjuntos más extensos de datos) el estimador de una proporción sigue una distribución normal. Si se considera la distribución normal, cuando el estimador está en 0.5 y aumentan las posibilidades de obtener una muestra que sea representativa de la tendencia central de la distribución de datos. Por tanto, si hay muy pocos datos disponibles para la proporción que se estimará, desviarnos 0.5 será siempre lo más certero. Además arroja un cálculo conservador del tamaño requerido de la muestra (Ej. Más grande de lo necesario).

En muchas encuestas de conglomerados (Ej. MICS), el tamaño de la muestra se calcula por cada variable en consideración y a menudo, la muestra más grande es la que se utiliza en el estudio. En el cálculo de la proporción es importante definir los criterios que el estudio desea medir. En el caso de las evaluaciones cualitativas del agua, hablamos de ciertos niveles de contaminación en el suministro del líquido vital. Para microbiología, se recomienda a menos que los datos muestren niveles mayores o menores de contaminación, seleccionar como indicador meta la presencia de bacterias en una muestra de 100 ml para las agudoras de servicio público e indicadores de bacterias superior a 10 en una muestra de 100 ml para los suministros de agua comunitaria. En cuanto a los parámetros químicos, los criterios deben ser superiores a los Valores Guías de la OMS.

En las valoraciones rápidas de la calidad del agua, el tamaño de la muestra requerida para la calidad microbiológica es casi con seguridad la más grande como grandes son las posibilidades que la mayoría de suministros de agua muestren indicios de contaminación (al menos en un periodo determinado). Por ende, el tamaño de la muestra se puede calcular sólo para la calidad microbiológica, con algunos ajustes menores para los contaminantes químicos.

A fin de estimar la proporción probable de suministros que revelen indicios de contaminación, se pueden adoptar dos metodologías: un cálculo basado en apreciaciones de expertos o bien, el análisis de los datos existentes, tal como se discutió en las secciones 3.2.2 y 3.2.3.

3.2.1 Sesgo y Precisión

Un aspecto importante en el diseño de la encuesta es garantizar que se tome una muestra representativa del universo. Al momento de determinar una proporción, por tanto, es importante que el estimador esté libre de sesgos. Sesgo significa que el estimador seleccionado se incline hacia un lado u otro de la distribución de datos (ya sea mayor o menor que la tendencia central).

La precisión del estimador es una medida de su exactitud, la que por lo general se valora considerando la varianza del estimador con respecto a la distribución normal. Entre más pequeña sea la varianza, mayor será la precisión o exactitud del estimador.

Al diseñar las encuestas, debe existir un equilibrio entre el sesgo y la precisión. En términos generales, controlar el sesgo (o evitar encuestas sesgadas) es más importante que la precisión y por lo tanto, rara vez se sacrifica sesgo por la precisión. ¡Estar precisamente equivocado no se compara con el valor de estar imprecisamente correcto!

3.2.2 Metodología de la Opinión de los Expertos

En este enfoque se hace un pronóstico documentado del nivel de contaminación, mediante discusiones sostenidas con expertos locales del sector. Si se utilizará este método, es importante analizarlo tanto con el equipo de campo como con el equipo administrativo. Este tipo de abordaje puede tener una fiabilidad relativa, en especial en situaciones donde se han realizado las pruebas, pero no se llevan registros.

Al tratar de utilizar este enfoque, la reacción inicial de los expertos del agua puede ser que “muchos”, “la mayor parte” o “muy pocos” suministros están contaminados. Es obvia la dificultad que surge porque “muchos” puede oscilar, digamos, entre el 30% y el 97% de los suministros acuíferos! Es fundamental buscar y calcular una proporción real de las fuentes que puedan sufrir de contaminación, aunque quizás sea sólo en intervalos relativamente grandes (Ej. Incrementos del 10%).

Cuando se echa mano de la opinión de los expertos, tal vez lo más efectivo sea “socializar” la información sobre todos los suministros de agua y la posibilidad de contaminación. En consecuencia, si los expertos creen que quizás el 60% de las fuentes puntuales están contaminadas sólo por el 20% de los sistemas de acueductos, se podría calcular una cifra equilibrada con base en la proporción de personas abastecidas a través de las diversas tecnologías. Por ejemplo, si el 80% de la población depende de fuentes puntuales mientras que el 20% de los acueductos, entonces el estimado ponderado sería:

$$P = (0.8 \cdot 0.6) + (0.2 \cdot 0.2) = 0.5$$

Si la proporción se basa sólo en la opinión de los expertos, lo mejor sería desviarnos hacia 50% para maximizar el tamaño de la muestra.

3.2.3 Inspección de los Datos Existentes sobre la Calidad del Agua

Este enfoque puede producir un estimado más confiable de la proporción de suministros que excederán los parámetros meta de la calidad del agua. El proceso es simple porque se divide la cantidad de muestras que excedieron los parámetros meta por el número total de muestras tomadas y obtenemos una proporción. Por ejemplo, si 450 muestras de 1000 dan indicios de contaminación, entonces la proporción equivalente será 0.45.

Cuando tomamos los datos existentes, hay dos factores claves a tomar en cuenta: primero, es importante evaluar el grado en que los datos disponibles son representativos y/o de calidad deseable. Si los resultados tienen que tomarse en un periodo o año en particular (que puede por ende concentrarse en una estación determinada del año), entonces quizá no sean representativos de la época del año en que se realizará la evaluación rápida. Por ejemplo, la calidad de muchos suministros (especial manto freático no tratados de poca profundidad) posiblemente mostrará variaciones significativas que dependerán de la temporada del año. Además, si no existen registros de control de calidad o procedimientos de seguridad, los datos se considerarán aún más cuestionables. En estos casos, es importante interpretar los datos existentes a la luz de la opinión de los expertos. Por ejemplo si los datos existentes provienen de las épocas lluviosas y la evaluación se hace en la estación seca, entonces la proporción de suministros esperados a exceder la meta podría sufrir una reducción.

Segundo, es importante considerar si existen desequilibrios significativos o brutos en la cantidad de datos provenientes de los diversos suministros de agua, que puedan sesgar el diseño de la encuesta. Ej. Si el 90% de la información proviene de los acueductos de una empresa de servicio público que acusa muy pocas muestras con la presencia de indicadores bacterianos, entonces no habrá ninguna representatividad de los suministros comunitarios en las áreas rurales.

Al momento de contar con los datos existentes, existen dos enfoques que podrían por ende utilizarse para calcular el tamaño de las muestras. La primera es compartir toda la información microbiológica disponible y utilizarla para calcular la proporción de suministros de agua con posibilidades de indicar contaminación. Se podría hacer con base en la proporción del número total de muestras tomadas que señalen la presencia de indicadores microbianos o la cantidad de suministros que en algún punto mostraron la presencia de indicadores microbianos, independientemente del número de muestras tomadas. Se podría obtener una simple ecuación como la que mostramos al final de la sección 3.2.1. La proporción en ambos casos podría requerir un ajuste por el sesgo potencial o de la época del año que producen los suministros que se auxilian de las opiniones de los expertos.

El segundo enfoque consiste en dividir los suministros en poblaciones separadas de estudio (por ejemplo los suministros públicos y los suministros comunitarios) y calcular el número de suministros a incluirse en el estudio para cada categoría. Este método tiene la ventaja de reducir en el diseño de la encuesta una porción del sesgo bruto. No obstante, quizá sea difícil calcular una muestra de tamaño razonable para los suministros comunitarios y posteriormente se presenten muchos sesgos potenciales que puedan introducirse, complicando todo el diseño de la encuesta. El nivel de complejidad puede introducirse cuando el nivel meta de calidad del agua puede ser diferente tanto en los suministros públicos como en los comunales. Esto refleja en parte la pregunta que si es razonable esperar que los suministros de agua manejados por la comunidad cumplan con los mismos criterios cualitativos de los sistemas tratados. En muchos países, la información disponible puede obstaculizar la diferenciación entre las diversas tecnologías y los tipos de manejos administrativos.

A menos que exista un conjunto sustancial de datos que abarcan diversas tecnologías y tipos de manejo, se recomienda que la información microbiana proveniente de todas los suministros acuíferos se evalúe en conjunto, sin distinguir los diversos tipos de suministros. Sin embargo, tal como se señaló anteriormente, hay que moderarla con opiniones de expertos en cuanto a la proporción posible de suministros que indiquen contaminación.

3.3 Efecto de Diseño

El efecto de diseño es de común uso en las técnicas de muestreo por conglomerados porque el proceso de conglomeración aumenta el riesgo de homogenización dentro de los conjuntos (existe una pérdida de sensibilidad para detectar la proporción verdadera de los suministros contaminados). Con el fin de mitigar este tipo de riesgos, el efecto de diseño incrementa el tamaño de la muestra más allá de las dimensiones que podría alcanzar en un estudio con muestreo aleatorio.

En las Encuestas de Conglomerados con Indicadores Mínimos (MIC) se recomienda tener una variedad de efectos de diseño donde a la mayoría de variables se les haya asignado una ponderación de efecto de diseño de 2 (Ej. Duplicar el tamaño de la muestra para encuestas con muestras aleatorias), pero darles una ponderación de 10 a las variables de agua y saneamiento. Esto se debe a que las encuestas MIC le pregunta al morador de una casa donde obtienen el agua, si tienen letrinas, etc. En consecuencia, se espera una homogeneidad significativa porque dichas instalaciones a menudo son comunitarias o el mismo tipo de edificación está generalizado.

Al momento de realizar la evaluación, el riesgo de homogeneidad es un tanto menor porque la vulnerabilidad de las fuentes de agua ante la contaminación probablemente dependerá de las variables locales dictadas por las condiciones sanitarias o hidrogeológicas presentes. En realidad, la calidad de agua de las fuentes adyacentes podría, en muchos casos, presentar diferencias en vez de coincidencias. Además, para muchos suministros de agua, la proximidad de fuentes adyacentes es mucho mayor que entre las casas lindantes. La obvia excepción

se da en los sistemas de acueductos, pero se puede hacer algo al respecto asegurándonos que el muestreo por conglomerado se distribuya por todo el suministro.

En el diseño de las evaluaciones rápidas, la ponderación del efecto de diseño también debe tomar en cuenta la existencia de otros factores que influyen en la calidad del agua proveniente de una muestra tomada de un suministro. Nos referimos al impacto del clima (estaciones) que puedan afectar la calidad química y microbiana así como la naturaleza distintiva de los microbios presentes en las muestras de agua. Como consecuencia, recomendamos utilizar el efecto de diseño 4.

3.4 Cálculo del Tamaño de la Muestra

Se puede calcular la cantidad de muestras de agua que se tomarán, mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3.1:

$$n = \frac{4P(1-P)D}{e^2}$$

n = Número requerido de muestras

P = Proporción supuesta de suministros de agua con calidad que exceda la meta establecida

D = Efecto de diseño

e² = Precisión aceptable expresada como una proporción.

La fórmula indica la cantidad de suministros de agua que deben incluirse en el estudio a fin de estimar la proporción de suministros contaminados (a un nivel especificado), dentro de ± 0.05 y con un nivel de fiabilidad del 95%. Sin embargo, cabe señalar que lo anterior no garantiza que el tamaño de la muestra sea suficiente en relación con otros objetivos estadísticos (por ejemplo la contaminación media o mediana).

Por ejemplo, si la proporción se supone que es 0.5, con una precisión de ±0.05, entonces la cantidad de suministros de agua que debe contemplar la evaluación será de 1600, tal como lo indica la ecuación 3.2.

Ecuación 3.2:

$$n = \frac{4 * 0.5(1 - 0.5) * 4}{0.05^2} = 1600$$

Una vez que se ha calculado la cantidad requerida de suministros para el estudio, es importante revisar si será factible visitar semejante cantidad para realizar los análisis cualitativos y las inspecciones sanitarias. Si se considera que el número de suministros a visitar es muy alto, entonces habrá que revisar la cantidad de suministros que comprenderá el estudio. Al analizar la ecuación 3.1, es obvio que podemos modificarla a través de la proporción (P) o la precisión (e²). Ejemplo, si la proporción de suministros que se espera que estén contaminados se fija en 0.5, la cantidad de suministros incluidos en el estudio es de 1600 trabajando con una precisión de ±0.05, pero si la precisión es de ±0.1, la cantidad de suministros pasa a 400. Por otro lado, P requiere de grandes cambios para producir modificaciones significativas en la cantidad de suministros que incluirá el estudio. Ejemplo, si P es de 0.5 con una precisión de ±0.05, ya sabemos que debemos incluir 1600 suministros, pero si le damos a P el valor de 0.7, la cantidad de suministros requeridos apenas se mueve a 1344.

Es preferible modificar la precisión en vez de la proporción porque ésta podría provocar sesgos en la muestra. Es mejor obtener resultados imparciales y menos precisos que resultados más precisos pero sesgados.

3.5 Definición de los Conglomerados y Estratificación

Los siguientes pasos están diseñados para definir muy bien el conglomerado así como para estratificar el país en el diseño del estudio. El propósito que se persigue en estas etapas es asegurar que la encuesta de los suministros de agua refleje la importancia y dispersión geográfica de los mismos. Esto permitirá que cada región

así como una cantidad de suministros de agua que utilizan determinados tipos de tecnología queden ponderados proporcionalmente según su importancia general.

3.5.1 Ponderación Proporcional por Tipo de Tecnologías – Estratificación Primaria

En la primera etapa se calculará el número total de suministros de agua por cada categoría de tecnología, tomando en cuenta que para los suministros de servicio público por acueductos, de conformidad con la sección 3.1 cada zona se considerará como un suministro de agua,

La proporción de suministros de agua se debe calcular por cada categoría de tecnología mostrada en la tabla 3.2.

Categoría de tecnologías	Porcentaje Población abastecida	No. Suministros incluidos en el estudio
Servicios públicos (una zona = un suministro de agua)	15	240
Acueductos comunitarios	20	320
Manantiales protegidos	30	480
Perforaciones equipadas con bombas manuales	20	320
Pozos excavados, equipados con bombas manuales	15	240
Total	100	1600

Tabla 3.2: Suministros que deberán incluirse en el estudio, clasificados por categoría

Pueden haber diversas fuentes de datos que permitan hacer este cálculo. Se incluirán datos detallados a nivel nacional que se utilizaron para llenar el formulario del Programa Conjunto de Monitoreo (JMP, por sus siglas en inglés) incluido en el Informe 2000 de la Evaluación Global de los Servicios de Agua y Saneamiento. Otras fuentes de información pueden abarcar los recientes censos de salud demográfica, estudios sobre la pobreza o análisis del sector agua.

Los suministros de agua son la “unidad primaria de muestreo” del estudio. Esto quiere decir que brindan una base inicial para escoger los conglomerados. El número de suministros tomados de cada categoría para incluirse en el estudio debe ser con base en la proporción de la población abastecida por categoría de tecnología. Por ejemplo, tal como se indica en la tabla 3.2, para una muestra de 1600 suministros, bien se puede calcular la cantidad de suministros presentes por categoría.

Antes de determinar la cantidad real de suministros que abarcará el estudio, es importante definir cuántos conglomerados se requieren, a fin de seleccionar las unidades y conglomerados subnacionales de muestreo. La determinación del número de conglomerados toma como base el número de fuentes de agua que pueden visitarse en un día. El número total de muestras a tomarse puede dividirse por esta cifra para obtener la cantidad de muestras requeridas. La siguiente tabla 3.3 nos da una idea al respecto.

Urbana/ rural	Tipo de tecnología	Mínimo	Máximo
Rural	Suministro comunitario por acueductos	1 por día	2 por día
Rural	Perforación / pozo tubular con bomba manual	3 por día	5 por día
Rural	Manantial protegido	3 por día	5 por día
Rural	Pozo excavado	3 por día	5 por día
Urbana	Servicio publico	0.5 por día	1 por día
Urbana	Suministros comunitarios por acueductos	1 por día	2 por día
Urbana	Puntos de abastecimiento comunitarios	3 por día	5 por día

Tabla 3.3: Cantidad de suministros que pueden visitarse en un día

Para simplificar las cosas, quizá lo más fácil sea suponer que la cantidad de suministros a visitarse en un día por cada tipo de tecnología será uniforme para facilitar los próximos pasos que se darán en el diseño de la encuesta. Tal vez se prefiera que el muestreo sea más concentrado, de modo que podamos diseñar un tamaño de conglomerado equivalente a una semana de muestras (4 días por ejemplo). Tiene lógica porque si habrá que recorrer grandes distancias todos los días, quizá no sea posible completar las muestras. Por tanto, en la siguiente tabla 3.4 se sugieren los tamaños de las muestras.

Urbana/ rural	Tipo de tecnología	Tamaño mínimo	Tamaño máximo
Rural	Suministro comunitario por acueductos	4	8
Rural	Perforación / pozo tubular con bomba manual	12	20
Rural	Manantial protegido	12	20
Rural	Pozo excavado	12	20
Urbana	Servicio público	2	4
Urbana	Suministros comunitarios por acueductos	4	8
Urbana	Puntos de abastecimiento comunitarios	12	20

Tabla 3.4: Cantidad de suministros que pueden visitarse en una semana

3.5.2 Ponderación Proporcional por Área - Estratificación Secundaria

El país debe subdividirse de acuerdo con los límites administrativos u otros parámetros para asegurar la dispersión razonable de los suministros de agua incluidos en el estudio definitivo.

La primera etapa es considerar si existe alguna categoría de nivel amplio que defina las diferencias claves en el país, las cuales pueden ser geográficas, hidrológicas, administrativas o socioculturales. Deben basarse en enfoques o entendimientos nacionales actuales, sin necesidad de crear categorías exclusivamente para el estudio.

Un ejemplo de diferenciación amplia es Nepal, donde aunque existen 75 distritos, el país está dividido en tres grandes regiones geográficas: la zona montañosa, las colinas y Terai. En el procedimiento de la evaluación rápida habría que tomar en cuenta dichas diferencias porque podrían incidir en la calidad de los suministros. También son una estratificación útil porque reducen el riesgo de sesgos en la selección de regiones menos pobladas (por ejemplo, la zona montañosa). Si no existieran estas grandes divisiones, tal vez habría que omitir este paso.

En una situación donde se identifican tres grandes zonas geográficas (como Nepal), dichas áreas podrían incluirse en las 8 categorías de tecnologías para arrojar un total de 24 grupos (8 x 3), donde quizá algunos queden vacíos (porque en una determinada área no hay suministro alguno describen las categorías). El número de suministros de agua de cada categoría presente en las regiones incluidas en el estudio deberá ser proporcional a la cantidad de suministros de ese tipo existentes en una área en particular. En la tabla 3.5 se ilustra lo anterior.

Tipo de tecnología	Área 1	Área 2	Área 3	Total
Suministro comunitario por acueductos	100	80	140	320
Perforación / pozo tubular con bomba manual	160	80	80	320
Manantial protegido	120	240	120	480
Pozo excavado	80	120	40	240
Servicio público	200	40	0	240

Tabla 3.5: Suministros incluidos en el estudio por área

3.5.3 Definición y Selección de las Unidades de Muestreo por “Grandes Áreas”.

La siguiente fase comprende la selección de áreas con base en la división subnacional, a partir de la cual seleccionaremos los conglomerados específicos. La división subnacional es idónea para aprovechar las divisiones administrativas principales dentro del país y realizar la estratificación. En caso de un sistema federal, podría ser un estado (como en Nigeria o México), una provincia de país extenso (China) o distrito de país pequeño (Nepal). De ahí viene la nominación de unidades de muestreo por “grandes áreas”.

Para tal efecto, se hace una lista de las unidades donde están presentes cada una de las tecnologías. Si una unidad de muestreo por “grandes áreas” carece de una tecnología específica, simplemente se le excluye de la lista de esa tecnología. Por ejemplo, en la tabla 3.5 aparece una lista de grandes áreas de muestreo (en este caso distritos) que contienen perforaciones equipadas con bombas manuales.

Las unidades de muestreo por grandes áreas que forman parte de la encuesta se seleccionan a través de un muestreo ponderado proporcional. Para ello, se prepara una tabla con tres columnas, tal como se ilustra en la tabla 3.5 que contenga la unidad de muestreo, la cantidad de suministros y un número acumulativo de fuentes de abastecimiento. Después, se calcula el intervalo de muestreo que se utilizará para escoger las unidades de muestreo. El intervalo de muestreo se calcula mediante:

$$SI = \frac{Tc}{N}$$

SI = Intervalo de muestreo

Tc = Total de suministros acumulados

N = Numero de conglomerados

Se escoge un número aleatorio que sea menor o igual al intervalo de muestreo (entre 1 y dicho intervalo). En la tabla, se extrae de la lista la unidad secundaria de muestreo que justamente excede dicho número. Si se requiere más de una unidad de muestreo, sólo se agrega el intervalo de muestreo al número aleatorio y se selecciona la unidad que excede dicho valor. En la mayoría de los casos, se deben escoger varias unidades, lo cual requiere agregarle el intervalo de muestreo al número previo calculado y escoger las áreas cuyas poblaciones acumulativas excedan el nuevo número.

Ejemplo: Si calculamos un intervalo de muestreo de 250 y un número aleatorio de 15, entonces la selección de las unidades de muestreo por grandes áreas será el siguiente:

1^{era} Unidad de muestreo: primera área cuya población acumulativa exceda 15

2^{da} Unidad de muestreo: primera área cuya población acumulativa exceda 265 (15+250).

3^{ra} Unidad de muestreo: primera área cuya población acumulativa exceda 515 (265+250).

4^{ta} Unidad de muestreo: primera área cuya población acumulativa exceda 765 (515+250).

El proceso se repite hasta que se escoge la cantidad requerida de grandes áreas.

Ejemplo Elaborado

Si el tamaño de la muestra del estudio será de 1600 suministros y el 10% de éstos estará constituido por perforaciones, hablamos de 160 perforaciones. Si es posible visitar 20 perforaciones por semana, entonces hablamos de contar con 8 conglomerados.

Área grande de muestreo con perforaciones	No. Perforaciones en el área de muestreo	Número acumulativo de perforaciones
1	140	140
2	20	160
3	250	410
4	360	770
5	800	1570
6	120	1690
7	16	1706
8	87	1793
9	450	2243
10	230	2473
11	121	2594
12	56	2650
13	84	2734
14	85	2819
15	43	2862
16	44	2906
17	96	3002
18	600	3602
19	423	4025
20	238	4263
21	750	5013
22	666	5679
23	111	5790
24	358	6148
25	120	6268
26	100	6368
27	25	6393
28	90	6483
29	20	6503
30	24	6527

Tabla 3.5 Ejemplo de una tabla de ponderación proporcional

Para seleccionar las unidades de muestreo por grandes áreas, de donde saldrán los conglomerados específicos, primero calculemos el intervalo de muestreo y luego utilicemos la tabla de arriba para escoger los distritos.

En este caso, el intervalo de muestreo es de $6527/8 = 815.9$. Escogemos el 352 de forma aleatoria (entre 1 y 815.9). La primera unidad seleccionada es el número 3 equivalente a la primera área cuyo número acumulativo de perforaciones excede 352 (el número aleatorio). La segunda unidad es 5, equivalente a la primera área cuyo número acumulativo de perforaciones excede 1167.9 (el total del número aleatorio más el intervalo de muestreo). Las demás unidades seleccionadas son:

Área 09 – primera en exceder 1983.8 (1167.9+815.9)

Área 14 – primera en exceder 2799.7 (1983.8+815.9)

Área 19 – primera en exceder 3615.6 (2799.7+815.9)

Área 21 – primera en exceder 4431.5 (3615.6+815.9)

Área 22 – primera en exceder 5247.4 (4431.5+815.9)

Área 24 – primera en exceder 6063.3 (5247.4+815.9).

Estos son los distritos de donde se seleccionarán los conglomerados.

3.5.4 Definición de los Conglomerados

En las unidades de muestreo por grandes áreas, el último paso es definir los conglomerados para conocer la cifra exacta de suministros que se visitarán. Se hace una lista de todos los suministros por tipo de tecnología y se asignan a los conglomerados. Éstos deben definirse como el número de suministros de agua con suficiente cercanía geográfica, de modo que sea seguro visitarlos todos en un día o en una semana, tal como discutió páginas atrás. Si un suministro de agua no queda muy cercano de los demás, entonces habrá que excluirlo del estudio porque provocaría dificultades logísticas inaceptables. Luego, se le debe asignar un número a cada conglomerado así como a la cantidad requerida de conglomerados escogidos mediante una tabla de números aleatorios.

Al final de la etapa, debe compilar una tabla que señale a todos los conglomerados identificados y finalmente asignarles a los equipos de encuestadores las áreas específicas.

3.6 Resumen del Diseño de la Encuesta

Diseñar una encuesta demanda cumplir con las siguientes tareas:

- Establecer una población comunitaria mínima para su inclusión en el diseño de la encuesta. Sólo se incluirán los suministros de agua que abastezcan a esta población.
- Identificar los suministros de agua que formarán parte de la encuesta (universo) y su ubicación geográfica en el país.
- Asignarle al estudio la proporción (P) y precisión (e^2), diferenciando los suministros comunitarios y los de servicio público. Utilice una P de 0.5 a menos que cuente con buenas y suficientes razones para un valor diferente.
- Calcule el tamaño de la muestra requerida mediante la ecuación 3.1
- De acuerdo con la proporción de la población nacional que utiliza cada uno de los tipos de tecnologías, asigne la proporción adecuada de muestras para cada tecnología. Calcule el número de conglomerados requeridos por tecnología.
- Ejecute la estratificación secundaria del país dividiéndolo en grandes “zonas”, según convenga. Todavía no se incluyen a las unidades de muestreo por grandes áreas.
- Defina las unidades de muestreo por grandes áreas (distritos, provincias o estados).
- Por cada tecnología, confeccione una lista de unidades de muestreo por grandes áreas que utilicen la tecnología en cuestión. Mediante el número de conglomerados requeridos, calcule el intervalo de muestreo y seleccione un número al azar. Elija las unidades de muestreo por grandes áreas, de conformidad con la sección 3.5.3.
- Defina los conglomerados y selecciónelos a partir de las unidades de muestreo por grandes áreas

3.7 Muestreo de los Suministros de Agua

Después de haber definido los conglomerados, también habrá que definir su tipo de muestreo. Es un proceso simple para las comunidades que utilizan suministros de agua puntuales. Se toma una muestra de una fuente de agua y luego se recopilan otras muestras de 3-5 casas escogidas al azar en la comunidad, pero que no estén muy cercas de la fuente. Asegúrese de confirmar que el agua de las casas provenga de la misma fuente de donde acaba de tomar la muestra. En caso de sistemas de acueductos, la cifra de muestras a tomar se indican en la tabla 3.6, de acuerdo con un tamaño máximo de 50,000 personas.

Población	No. Muestras	Comentarios
≤4999	2	Fuente de muestra y fin de distribución
5,000-50,000	2 muestras mas 1 por poblaciones adicionales de 5,000 (máx. = 22)	Al menos una muestra de la entrada y una de la salida de la zona. Se debe tomar al menos una muestra de la fuente durante la evaluación del suministro público, sin importar el número de zonas.

Tabla 3.6: Muestras que se tomarán de los sistemas de distribución por acueductos

El agua de las viviendas de cada comunidad abastecida por acueductos también debe someterse a pruebas. Para los suministros comunitarios, el número de casas debe ser aproximadamente similar al del sistema de acueductos. En los suministros de servicio público, se recomienda que por cada día de muestra, un 1/3 de muestras se tome de las casas, mientras que el restante 2/3 debe extraerse del sistema de acueductos.

3.8 Actividades de Campo

Una vez que se terminó de diseñar el estudio y de identificar los conglomerados de suministros de agua, podemos planificar las actividades de campo. Se debe escoger a un grupo de trabajo de campo y capacitarlo en el uso del equipo y las técnicas de inspección que se analizarán más adelante.

El trabajo de campo debe realizarlo un equipo que tenga una capacitación previa en análisis cualitativos de agua y que esté familiarizado con los procedimientos básicos de toma de muestras para pruebas cualitativas del agua. Se recomienda formar varios equipos de muestreo conformados por dos personas, con el fin de que se les asignen conglomerados específicos en el país. Cada equipo deberá luego recibir el equipamiento y formularios adecuados para realizar la evaluación. Debe existir un programa definido así como una frecuencia acordada para la entrega de informes al coordinador. El coordinador nacional también debe hacer visitas periódicas de supervisión, proponiéndose visitar al menos una vez a cada equipo durante la evaluación. Se puede emplear a un miembro del personal para introducir los datos en la base de datos y analizarlos según las instrucciones del coordinador.

3.8.1 Registro de los Resultados

Los resultados de cada día de muestreo deben registrarse con mucho cuidado en los formularios que aparecen en el Anexo 1. Es vital que el nombre (o número) del conglomerado esté legible y claro en todos los formularios. También se deben registrar de forma comprensible la fecha, nombre del analista, comunidad visitada y sitios donde se tomaron las muestras.

Los resultados de las pruebas de calidad del agua deben anotarse todos los días en las hojas de reporte 1 y 2. Una vez llenos por cada día de actividad, los formularios de inspección sanitaria debe anexarse al reverso de las

hojas de reporte, ordenadas en un folder. Al final de cada semana, la información debe enviarse al coordinador para que se ingrese en la base de datos y que los formularios queden debidamente archivados.

3.9 Análisis de los Datos

Como parte del informe, los datos recopilados deben ir analizados. En el capítulo 7 del presente manual se indican mayores detalles de cómo analizar los datos. En esta etapa, lo que realmente importa es asegurarse que los datos sean analizados y que los resultados muestren estadísticamente los suministros que no cumplieron con los parámetros meta de calidad microbiológica y química. También será de utilidad clasificar los resultados por tipo de tecnología. Otros análisis deberán mostrar un puntaje de riesgos sanitarios, en especial el valor promedio de riesgo sanitario cuando se exceden los parámetros meta de calidad.

Es probable que también sea provechoso verificar y estudiar si existen diferencias entre la proporción de suministros que no pudieron cumplir con los parámetros meta de calidad debido a su fuente de agua, al envejecimiento del suministro, a la empresa que construyó el suministro, a la entidad que lo opera, obras de rehabilitación o técnicas específicas de diseño o construcción.

3.10 Informe Final de la Evaluación

El informe final deberá comprender los siguientes elementos principales:

3.10.1 Introducción

Breve descripción del país y de los niveles actuales de acceso a los suministros mejorados de agua y saneamiento. También deben incluirse la proporción urbana y rural de la población y de ser posible, el estimado de personas que son abastecidas por los diversos tipos de tecnologías a nivel nacional.

3.10.2 Ubicación

En esta sección, se identificarán los sitios seleccionados por el estudio, preferiblemente ilustrados en un mapa, con una descripción más detallada del acceso al agua y saneamiento en esas áreas, así como cualquier estadística de importancia. También hay que incluir la proporción de población urbana y rural.

En la sección debe incluirse una descripción breve del estimado de personas que son abastecidas por los diversos tipos de tecnologías a nivel de conglomerados e identificar cuántas muestras se visitaron por cada tipo de tecnología.

3.10.3 Parámetros de Calidad del Agua

Aquí se esbozarán los parámetros que fueron analizados durante el estudio. Cualquier omisión de los parámetros principales, adición de otros criterios, así como cualquier variación de los parámetros analizados en los diferentes clusters debe indicarse y justificarse.

También contendrá un breve resumen de la cantidad de muestras analizadas para los diversos parámetros y las inspecciones sanitarias realizadas por cada tipo de tecnología (presentadas en la medida de lo posible en forma tabular).

3.10.4 Resultados

Esta sección deberá contener un **resumen** de los resultados obtenidos, incluyendo datos como la mediana /media, desviación estándar y rango de cada parámetro y calificación del riesgo sanitario por cada área y tipo de tecnología.

También comprenderá los resultados del análisis estadístico de los datos, incluyendo un resumen de las tasas de cumplimiento, relación entre la calidad del agua y la valoración de los riesgos sanitarios, evaluación de la relación entre factores particulares y la contaminación, así como la evaluación de la integridad sanitaria. Al momento de presentar los resultados del análisis estadístico, se deben indicar en la medida de lo posible los niveles de confiabilidad y precisión. Asimismo, el informe narrativo puede contener una descripción breve de los principales hallazgos.

3.10.5 Discusión

Los resultados debe discutirse y analizarse en lo que se refiere a la exposición a los contaminantes del agua y sus implicaciones para la salud pública. También deben discutirse las diferencias entre las áreas estudiadas, disimilitudes entre los diversos tipos de tecnologías y las discrepancias cualitativas entre las fuentes de agua y las aguas extraídas de las casas. Cualquier diferencia estadística significativa debe indicarse con claridad. Mientras tanto, las divergencias intrascendentes serán objeto de discusiones limitadas.

Las implicaciones de las valoraciones de riegos sanitario debe analizarse en torno a las tendencias futuras de la calidad del agua. De la misma forma, deben discutirse en esta sección las lecciones aprendidas y las acciones correctivas/ preventivas.

3.10.6 Conclusiones y Recomendaciones

En principio deben resumir las principales conclusiones que se obtengan de los resultados y discusiones. Luego, hay que formular una serie de recomendaciones importantes en relación con la solución de los problemas detectados o con la promoción de mejores prácticas.

3.10.7 Anexos

Deben contener las listas de los integrantes de los equipos, itinerarios a seguir (con fechas) y mayores detalles sobre los resultados de las pruebas cualitativas del agua así como del análisis estadístico de los datos.

5.0 Inspecciones Sanitarias

Aunque las percepciones de la calidad del agua no sean confiables, la observación es una herramienta utilísima para identificar los posibles riesgos sanitarios que afecten la calidad de los suministros de agua. Dos técnicas de observación muy útiles son la inspección sanitaria (o encuestas sanitarias) y la inspección visual cualitativa. Ambas técnicas demandan de inspectores para identificar los posibles riesgos contra la calidad del agua y proporcionan, por ende, una valoración de las posibles causas de contaminación (fecal) al momento de descubrirla. Asimismo, da la oportunidad de prever los riesgos de contaminaciones futuras.

5.1 Inspecciones Sanitarias

La inspección o encuesta sanitaria es una metodología valiosa objeto de promoción constante por parte de la OMS a través de las Guías para la Calidad del Agua Potable, así como por otros entes reguladores de la calidad del agua como USEPA. Las técnicas de la inspección sanitaria sirven para evaluar la posibilidad de contaminación fecal de las aguas en zonas rurales y urbanas. La observación se utiliza para identificar, valorar y registrar las amenazas y riesgos probables así como los posibles problemas de contaminación que puedan amenazar la calidad del agua en la fuente, en el punto de extracción, en las plantas de tratamiento o en el sistema de distribución.

La mayoría de las actividades de inspección sanitaria toma en cuenta una variedad de riesgos que pueden agruparse en tres grandes categorías:

1. Factores de riesgo – Son fuentes potenciales de materias fecales que puedan representar un riesgo para el suministro de agua (por ejemplo, un sumidero cerca de un pozo excavado).
2. Factores de vías – Las rutas potenciales por donde pudo haberse dado la contaminación del suministro de agua (rajaduras en la tapa de la caja protectora del manantial o fugas en las tuberías de suministro de agua).
3. Factores indirectos –Elementos que facilitarían el desarrollo de las vías de contaminación (cercado inadecuado alrededor de un manantial protegido que les permita a los animales tener acceso a las áreas detrás de la caja protectora del manantial, donde puedan deteriorar la tapa y depositar sus heces).

En muchos casos se requiere de la presencia de las tres categorías de riesgos para considerar la existencia de contaminación.

Las técnicas de inspección sanitaria se utilizan por lo general en tres formas combinadas:

- Identificación de causas específicas de contaminación conocida
- Identificación y evaluación de factores posibles que incidan en el riesgo de contaminación a largo plazo
- Asistencia en el monitoreo y evaluación de las actividades de operación y mantenimiento de los suministros de agua.

Las inspecciones deben ejecutarse en las siguientes circunscripciones:

- En la fuente y toma de agua (para evaluar si la calidad del agua en su estado natural corre algún riesgo y si el método de extracción es satisfactorio).
- En la planta de tratamiento (para valorar si se aplican los debidos procesos de tratamiento y si se observan los procedimientos correctos)
- En el sistema de distribución (para determinar si la calidad del agua corre algún riesgo durante la distribución)

- En las fuentes focales (como perforaciones, pozos tubulares, manantiales protegidos, pozos excavados)
- En los contenedores domésticos de agua

La inspección sanitaria por lo general se auxilia de un formulario con una lista de control de preguntas que pueden responderse combinando la inspección visual con entrevistas al usuario. Cada pregunta se parafrasea de modo que una respuesta afirmativa indica un riesgo potencial contra la calidad del agua. El uso de las preguntas son un medio simple, rápido y exacto para evaluar los riesgos que corre una determinada fuente o instalación de agua. La puntuación global de riesgo sanitario (el número de preguntas contestadas afirmativamente) son un indicativo de la posible calidad bacteriana del agua. Se pueden adaptar o preparar los formularios en dependencia de las fuentes de agua o situaciones específicas, aunque se deben utilizar las listas estándares de preguntas para que sean comparables y minimizar la posible naturaleza subjetiva de los datos recopilados. En el Anexo 2 se incluyeron varios formularios de inspecciones sanitarias recomendadas para diversos tipos de suministros de agua y agua de fuentes domésticas.

Para simplificar las cosas, a todos los riesgos se les asigna la misma ponderación, aunque la importancia de algunos de ellos quizá dependa del sitio inspeccionado o que la contaminación no guarde una proporción directa con la cantidad de riesgos identificados. Cada anomalía incrementa las posibilidades de ocurrencia real o potencial de la contaminación. El total de riesgos representa la amenaza posible de contaminación. Por tanto, las acciones de saneamiento para eliminar uno o varios riesgos identificados pretenderían reducir la contaminación. Asimismo, se pueden requerir de análisis exhaustivos posteriores para investigar el impacto potencial de factores de riesgos específicos sobre la calidad del agua.

Las encuestas sanitarias se concentran por lo usual en el área circundante inmediata de la fuente de agua, por lo que se corre el riesgo de no poder detectar amenazas menos cercanas que afecten la calidad del agua. Los formularios de inspección sanitaria son adecuados para las fuentes de agua, pero realizar un reconocimiento sanitario en infraestructuras más extensas como los sistemas de distribución por acueductos o una planta de tratamiento puede ser una tarea muy complicada. En este caso, las entrevistas son adecuadas para complementar las preguntas de la inspección sanitaria. Las preguntas de las entrevistas sobre temas manejados por los operadores o usuarios pueden ser un buen termómetro para indicar los riesgos potenciales presentes en la calidad del agua así como en el desempeño de las tareas de operación y mantenimiento.

En el caso de los suministros por acueductos donde la inspección de toda la red es imposible o no factible, las causas de contaminación podrían yacer lejos del punto de extracción de las muestras. No obstante, los problemas localizados son a menudo la causa de contaminación de redes de acueductos. En el caso de los suministros de agua por acueductos, se pueden incluir temas más amplios (como irregularidades del servicio o fugas obvias) en un componente de entrevistas para usuarios. Además, el uso de formatos estandarizados pueden ser un buen indicio de la esfera de la contaminación – es decir si tiene que ver con fallas graves en el suministro o con problemas muy cercanos al punto de muestreo. Por tanto, le permiten al inspector tener una clara idea de la localización que requiere de una investigación más exhaustiva. Este tipo de enfoques también pueden reforzarse con otras técnicas como mapeo de residuos de cloro y búsqueda de tendencias de mayor magnitud.

En el caso de las plantas de tratamiento, quizá sea preferible hacer una auditoria íntegra que abarque el desempeño de los procesos individuales. Esta auditoria se podría hacer en las evaluaciones de los niveles 2 y 3. Empero para las evaluaciones del nivel 1, las entrevistas breves más el llenado del formulario del Anexo 2 son más que suficientes.

Algunas fuentes de polución (en especial acuíferos fracturados) que corrompen aguas freáticas pueden no estar en el área circundante inmediata de la inspección sanitaria. Si no se cuenta con un estudio completo de riesgos hidrogeológicos, se dificultaría la identificación de los riesgos. Sin embargo, al utilizar los formularios de inspección sanitaria se pueden obtener indicios razonables al respecto porque si se detecta agua subterránea contaminada, aunque la inspección no muestre ningún riesgo identificable, se puede asumir que la contaminación se produce desde un punto alejado de la fuente.

5.2 Valoración del Riesgo de Polución

Las técnicas de inspección sanitaria fueron desarrolladas para abordar problemas de contaminación microbiológica. Por tanto, tal vez no sean efectivas para los contaminantes químicos. No obstante, las valoraciones de riesgos también pueden arrojar luz sobre los riesgos de naturaleza química en el suministro de agua y servir de norte a las investigaciones e intervenciones adicionales de mejoramiento cualitativo del agua.

En el Anexo 2 aparece un formato simple para la valoración de los riesgos ambientales. Este formulario debe utilizarse para plantas de tratamiento y fuentes de agua que alimentan sistemas de acueductos. Se llena el formulario sólo con entrevistar al operador de las instalaciones. Es un instrumento que facilita datos cualitativos sobre grandes problemas del agua y es adecuado para las evaluaciones del nivel 1, pero deberá expandirse a los niveles 2 y 3 para obtener evaluaciones exhaustivas de impacto ambiental y valoraciones íntegras de riesgos hidrogeológicos.

5.3 Inspección Visual

La inspección visual es una técnica que puede aprovecharse para evaluar los riesgos que afectan la calidad del agua dentro del hogar. Es similar a la inspección sanitaria, pero está menos estructurada. Proporciona datos cualitativos recopilados por medio de la observación, mientras que se reporta de forma oral o escrita. La aplicación de la técnica de inspección visual sin embargo demanda conocimientos y comprensión básicos de los principios de salud pública así como meticulosidad y profesionalismo.

La inspección visual implicar observar cómo se almacena, manipula y usa el agua en el hogar, de modo que se puedan identificar las prácticas antihigiénicas. Se pueden elaborar formatos estándares de rendición de informes para responder a las necesidades de los programas de monitoreo local. El uso de formularios estándares fomenta la valoración objetiva, de modo que los datos recopilados por diversos inspectores o en varias áreas puedan compararse directamente. Los inspectores observan las prácticas higiénicas domésticas relacionadas con el agua, a fin de identificar los riesgos potenciales contra los suministros de agua potable.

5.4 Ventajas, Limitaciones y Aplicaciones de las Técnicas

Tanto la inspección sanitaria como la visual se basan en la observación, por lo que no se necesita de ningún equipo especial, además que son baratas y rápidas. No demandan equipos de trabajo altamente sofisticados y los hallazgos se pueden discutir en el momento de la inspección con los usuarios y miembros de la comunidad. Las técnicas de inspección y los enfoques analíticos son actividades complementarias y nunca ocuparían por completo el lugar de la otra. Las técnicas analíticas pueden arrojar datos sobre la calidad de las muestras de agua, pero no da razones por los valores obtenidos.

Las técnicas de observación pueden identificar posibles riesgos o problemas de contaminación pero no pueden aportar pruebas en caso de ocurrir la contaminación. Por ende, es importante que las técnicas de observación y de análisis se complementen mutuamente. Las posibles funciones de los análisis analíticos, encuestas sanitarias e inspecciones visuales aparecen resumidas en la siguiente tabla:

Análisis cualitativo del agua	Encuesta sanitaria	Inspección visual
Las pruebas de calidad son caras y requieren equipo especial y personal calificado. Por lo tanto, no siempre es fácil realizarlas de forma regular o rutinaria.	La encuesta sanitaria es barata, no requiere de equipo o personal altamente calificado. Fácilmente puede realizarse de forma regular o rutinaria.	La inspección visual es barata, no requiere de equipo o personal altamente calificado. Fácilmente puede realizarse de forma regular o rutinaria.

Análisis cualitativo del agua	Encuesta sanitaria	Inspección visual
Las pruebas de calidad son sólo una instantánea – un registro de la calidad del agua en el momento del muestreo.	La encuesta sanitaria puede revelar condiciones o prácticas que podrían causar incidentes aislados de contaminación o polución a largo plazo.	La inspección visual puede revelar prácticas y condiciones domésticas antihigiénicas que puedan contaminar el agua dentro del hogar.
El análisis cualitativo indica si el agua está contaminada o no, pero casi nunca identifica la fuente de contaminación.	La encuesta sanitaria revela las posibles fuentes de contaminación más obvias, pero tal vez no las revele todas (ejemplo, contaminación a distancia de aguas freáticas).	La inspección visual revelará sólo los riesgos observados durante la visita, pero quizá no muestre todas las prácticas antihigiénicas asociadas con el almacenamiento y uso del agua en el hogar.
El análisis cualitativo puede arrojar información sobre la calidad física, química y bacteriana de las muestras de agua.	La encuesta sanitaria generalmente identifica los riesgos que pueden afectar la calidad bacteriana y física del agua. No puede identificar los riesgos de la calidad química del agua.	La inspección visual por lo usual identifica los riesgos que pueden afectar la calidad bacteriana del agua. No puede identificar los riesgos de la calidad física y química del agua.

Tabla 5.1. Comparación entre la técnica analítica y la técnica de la observación en la evaluación de la calidad del agua.

Las técnicas de observación (la inspección sanitaria y la inspección visual) son puntuales; sus formularios y métodos deben desarrollarse para tomar en cuenta las condiciones locales. Aunque la persona encargada de la inspección necesita de un elemento de juicio, si se auxilia de los formatos estandarizados, habrá una concordancia muy significativa entre los inspectores sin importar que visiten de forma independiente diversos puntos.

La inspección sanitaria ha demostrado ser una herramienta efectiva en los programas de vigilancia cualitativa del agua y debe contribuir a la reducción de los costos generales del estudio, un factor de gran peso en muchos países de medianos y bajos ingresos. Las inspecciones sanitarias identifican los posibles problemas de contaminación que implican una amenaza para la calidad del agua potable. Dichos problemas potenciales casi siempre están asociados con prácticas específicas así como con las condiciones locales imperantes. Las preguntas contestadas afirmativamente en la hoja de reporte identifican riesgos específicos y se pueden determinar y ejecutar las acciones correctivas que minimicen dichos riesgos. En algunos casos será necesario realizar reparaciones en las instalaciones inspeccionadas, mientras que en otros una cultura de higiene es lo que se requiere para cambiar las prácticas sanitarias de personas o comunidades. En algunas instancias, las circunstancias más allá del control de uno podrían imposibilitarle a una comunidad o institución minimizar dichos riesgos.

5.5 Recomendaciones para las Evaluaciones Rápidas

En las evaluaciones rápidas se recomienda realizar inspecciones sanitarias en todas las fuentes de agua, suministros por acueductos y agua de las casas. Además, el inspector debe contar con capacidad para detectar detalles de reconocimientos visuales no estructurados de la salubridad del agua doméstica. En las evaluaciones del nivel 1, se debe completar un formulario de valoración de contaminación para todas las fuentes de agua que abastecen los sistemas de acueductos, observando desde luego una valoración ambiental más completa para las evaluaciones de los niveles 2 y 3.

7.0 Análisis de los Datos

Los datos de las evaluaciones del nivel 1 deberán almacenarse en la base de datos *Sanman*, la cual incluye un manual para su uso. La base de datos proporciona un enfoque estructurado y sencillo que facilita una variedad de informes simples y claros. Para las evaluaciones de los niveles 2 y 3, debe usarse el software disponible en las organizaciones que ejecutan las evaluaciones mismas.

En cada país hay que designar a una persona que se encargue de la administración y manejo de los datos. Esta persona también tendrá la responsabilidad general del análisis de los datos. Se preferiría que fuera un técnico de estadística que participe en el diseño del estudio. Del control de calidad de los datos introducidos se puede responsabilizar al encargado general o cualquier otro miembro del equipo relacionado con la administración de datos, lo cual implica verificar la precisión de los datos introducidos.

El análisis de datos es el principal mecanismo por el cual los datos en bruto se transforman en información útil para administradores, comunidades y encargados de la toma de decisiones. Los datos en bruto tienen un valor relativo pobre - la mayoría de las personas no los comprenderían a menos que hayan participado directamente en su recopilación, además que muy pocos tendrían el tiempo o interés suficiente para analizarlos. Lo que se necesita es información simple, directa y comprensible que pueda utilizarse sin mayor manipulación y que sea significativa para la población meta. Por lo tanto, el análisis de los datos es muy importante para el informe, cuyo formato aparece más adelante en el presente documento.

Se utiliza una base de datos relacional numérica. Un punto importante que hay que recordar al momento de analizar los datos es que casi nunca los datos microbiológicos siguen una distribución normal, por lo que presentarán un considerable número de valores "extremos" (muy bajos o muy altos). Lo anterior puede generar pruebas con un resultado Demasiado Numeroso para Contarse (TNC/ DNPC), al cual deberá asignársele un valor por defecto que será mayor que el resultado contable máximo. Por estas razones deberá utilizarse la mediana en vez de la media para determinar la tendencia central. Los valores extremos no afectan a la mediana y es una estadística muy usada en los análisis de datos de fuentes de agua y calidad del agua. La mayoría de los demás análisis estadísticos también deben utilizar pruebas no paramétricas como las pruebas χ^2 , Kruskal-Wallis y el U-Test de Mann-Whitney. Estas pruebas son de uso común y no demuestran ninguna pérdida de capacidad en comparación con las pruebas paramétricas.

Para los datos de parámetros químicos, es posible usar pruebas paramétricas como la media, la desviación estándar, la prueba T de Student y el método ANOVA en el caso que no existieran valores extremos. Sin embargo en muchos casos, quizá haya una cantidad significativa de muestras con resultados por debajo del nivel de detección o con valores muy altos. Por lo tanto, las pruebas no paramétricas como las arriba mencionadas serían de utilidad.

7.1 Análisis Básico de los Datos

A continuación se describen los análisis básicos necesarios:

- Número y proporción de fuentes de agua clasificadas por tipo que no cumplen con las Guías de la OMS por cada parámetro.
- Número y proporción de fuentes de agua clasificadas por tipo que no cumplen con los estándares/ guías nacionales por cada parámetro.
- Mediana, rango inter-cuartil (rango del percentil 25-75) y distribución de los resultados de calidad microbiológica (indique los percentiles 10 y 90 para descartar los valores extremos).
- Mediana (o media), el rango inter-cuartil (o la desviación estándar) y distribución de los resultados de calidad físico-química (indique los percentiles 10 y 90 para descartar los valores extremos).
- Mediana, rango inter-cuartil (rango del percentil 25-75) y distribución de los resultados de inspección sanitaria (indique los percentiles 10 y 90 para descartar los valores extremos).

7.2 Interpretación de los Datos de Inspección Sanitaria: Medición de O&M

Un elemento clave será analizar y comentar el mantenimiento de la integridad sanitaria (parte de las actividades de Operación & Mantenimiento) de las fuentes e interpretar sus posibles implicaciones para la sostenibilidad general del abastecimiento de agua y de las intervenciones higiénicas. Es un análisis sencillo que estudia el puntaje de riesgo sanitario de las fuentes de agua. Los suministros de agua con una alta puntuación de riesgo comprometen la integridad sanitaria e indican que las tareas de Operación y Mantenimiento son pobres. Si el puntaje de riesgo es mayor que 60%, el suministro puede catalogarse como mal administrado y probablemente contaminado. Por lo tanto esta simple evaluación de integridad sanitaria puede analizarse y comentarse en relación con los diversos tipos de fuentes de agua.

En el caso de las fuentes puntuales de agua, todos los riesgos incluidos en la inspección sanitaria se reflejarán en la operación y mantenimiento que se le dé al suministro. En el caso de los acueductos, el grado de O&M puede enfocarse en ciertos factores, cuya presencia será sinónimo de grandes debilidades en el desempeño de las tareas de O&M. Los formularios de inspección sanitaria de las plantas de tratamiento son un medio efectivo para medir las labores de operación y mantenimiento dadas durante la fase de producción de agua. En los sistemas de distribución, los riesgos estudiados por una inspección sanitaria cubren los aspectos básicos del manejo correcto de los riesgos sanitarios que se esperan que controle una institución distribuidora de agua. Dichos aspectos pueden ser indicios de fuga, roturas de tuberías reportadas, interrupción en el suministro y condición de los tanques de servicio.

Otra manera de evaluar las tareas de operación y mantenimiento, en particular la observancia de los planes de limpieza y lavado es determinar los niveles residuales de cloro en el sistema, especialmente en las zonas relacionadas con los tanques de servicio. El mapeo de la pérdida de residuos de cloro nos indicará si la pérdida se debe a la volatilización del cloro o a su consumo. La pérdida de cloro libre ocurrida durante la distribución, sin guardar aparente relación con la pérdida de cloro total podría deberse a su consumo e indicaría deficiencias en las tareas de operación & mantenimiento, al punto que se requiere de una limpieza y lavado. La pérdida de cloro total demuestra que la volatilización es parte de la causa y aunque se limpien los tanques y se laven las líneas para resolver la situación temporalmente, no se solucionará el problema principal de la pérdida de cloro. En este caso, lo más realista sería recomendar que se practique el aumento de cloración.

Los formularios de inspección sanitaria de los acueductos también abarcan los riesgos locales que están dentro del dominio del hogar o de la comunidad estudiada. Cubre aspectos como el grado de exposición de la tubería madre de la casa, acumulación de agua alrededor del pedestal de los grifos y fugas internas de la tubería principal. La presencia de estos riesgos indicará si la operación y el mantenimiento de las instalaciones se ven comprometidos y que por ende se requieren de acciones correctivas y de fortalecer las tareas de mantenimiento local.

Las siguientes tres secciones detallan cómo podrían realizarse análisis estadísticos más complejos sobre la calidad del agua y los datos de inspección sanitaria. Estas secciones fueron preparadas para el lector ducho en estadísticas y con acceso a software de análisis estadístico. Los análisis discutidos no son esenciales pero se les recomienda a los países que los tomen en cuenta porque incrementan el valor de los datos recopilados al momento de la toma de decisiones.

7.3 Identificación de las Causas de Contaminación Microbiana en Fuentes Puntuales

Los datos derivados de las pruebas de calidad del agua y de la inspección sanitaria pueden analizarse en conjunto para evaluar cuáles son los posibles factores principales de la contaminación microbiana. En el caso de las fuentes puntuales, el análisis puede ser relativamente simple o muy complejo. No obstante, hay que recordar que la complejidad del análisis no necesariamente significa que las conclusiones sean irrefutables. En algunos casos, un análisis sencillo brindará resultados con un alto grado de confiabilidad. En otros casos, se necesitarán de análisis más complejos para contar con una observación más perspicaz de los factores que influyen en el deterioro cualitativo del agua. En algunos casos, sólo se necesitará de un análisis sencillo si la variación en la calidad del agua es mínima - por ejemplo, la misma fuente o sufre de considerable contaminación o está libre

de contaminación. Este puede ser el caso en donde los riesgos representan la causa principal de las anomalías y se utilizan fuentes puntuales más profundas.

En los mantos freáticos poco profundos como las fuentes de afloramiento, determinados puntos pueden mostrar variaciones cualitativas muy significativas a través del tiempo y se hace más difícil determinar qué factores causan la irregularidad. En consecuencia, es menester un análisis de datos más complejo y el desarrollo de modelos.

El proceso de la evaluación de los factores de riesgo puede seguir un procedimiento simple. Lo fundamental es decidir con exactitud qué se está evaluando, en especial si se hace una evaluación de formato abierto para saber cuál será la incidencia de la contaminación que sobrepase un nivel específico o la gravedad de la contaminación detectada. Son las diversas medidas y factores de riesgo fundamentales que pueden revestirse de importancia ante distintas facetas de la contaminación.

La manera más sencilla de evaluar el impacto de factores específicos de riesgo sanitario en la contaminación consiste en juzgar la relación entre la presencia de factores específicos y los valores que exceden los parámetros cualitativos meta. Los parámetros meta más apropiados a utilizarse son aquellos que se fundamentan en la salud, como es el caso de las Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable o los estándares nacionales. Aunque existe un creciente movimiento para definir los parámetros meta de la calidad del agua con base en la salud para grupos patógenos, por lo general se convierten en parámetros del desempeño de las tareas de mantenimiento del suministro de agua en relación con los indicadores de organismos microbianos.

Al analizar los datos derivados de las pruebas de calidad del agua y de la inspección sanitaria como parte de la evaluación rápida, el objetivo no es generar comentarios directos sobre los riesgos a la salud pública, sino investigar la relación entre la presencia de factores específicos y los valores que exceden los parámetros cualitativos meta. Para los sistemas de servicio con cloración, el parámetro más apropiado será la ausencia de Coliformes Termo-tolerantes y de Estreptococos Fecales. En el caso de suministros comunitarios no tratados, sería aconsejable adoptar un parámetro más exigente, como < 10 cf/ 100 ml.

Una forma muy sencilla de analizar estos datos es comparar la frecuencia de los factores de riesgo reportados cuando se cumple un parámetro y cuando se excede. Si dicho factor se reporta con mayor frecuencia en el momento que el parámetro meta es excedido, entonces parece establecerse una relación entre el factor de riesgo y la contaminación. En siguiente tabla 7.1 se muestra un ejemplo.

Factor de Riesgo	Frecuencia <10 FC/100 ml	Frecuencia ≥10 FC/100	Diferencia
Aguas superficiales río arriba del manantial	45	95	+50
Otros tipos de contaminación río arriba	43	84	+41
Relleno desgastado	35	58	+23
Zanja de desvío inexistente o defectuosa	76	95	+19
Mampostería defectuosa	12	26	+14
Inundación del área de recolección	76	89	+13
Cerca inexistente o dañada	82	95	+13
Acceso de animales en un perímetro de 10 m	76	84	+8
Letrinas a 30 m río arriba	4	0	-4

Tabla 7.1 Combinación del análisis de datos derivados de las pruebas de calidad del agua y de la inspección sanitaria de fuentes protegidas Kabale, Uganda

Este análisis sencillo proporciona poca evidencia de asociaciones, puesto que las relaciones positivas quizá no sean significativas desde un punto de vista estadístico. Para obtener resultados de relevancia estadística, deben analizarse los datos mediante tablas de contingencia o modelos de regresión logística. Éstas son herramientas efectivas para el análisis e interpretación de datos, además que son relativamente fáciles de aplicar, en especial si se dispone de un programa computarizado de estadística. El primer tipo de análisis es muy útil al someter a

prueba la relevancia estadística de la asociación entre la presencia de los factores de riesgo sanitario y los valores que sobrepasan un parámetro meta. El segundo es de utilidad cuando se trata de modelar la influencia de múltiples factores en un resultado. Se recomienda hacer este análisis sólo si tiene acceso a un software como SPSS. Esta sección va dirigida sólo para profesionales con acceso y capacitación en dicho programa. Es posible realizar este análisis sin el software, pero por desgracia en este manual no describimos tal método.

A fin de realizar el análisis de los datos, habrá que transformarlos en datos binómicos. Es decir, en datos sólo con valor de “SI” o “NO”. Por ejemplo, si se sobrepasó el parámetro meta de la calidad del agua, el dato se convertirá en un “Sí”, pero si sólo cumplió el parámetro cualitativo sin excederlo, la respuesta será “No”. Este mismo tipo de datos se aplica para los factores de riesgo sanitario. Puesto que el siguiente análisis requiere de datos numéricos, los datos binómicos deberán ser codificados de manera simulada; es decir, se les asigna un valor numérico. Para analizar los datos de la inspección sanitaria, lo más conveniente será codificar las repuestas afirmativas como 1 y las repuestas negativas como 0, pues la presencia de un factor de riesgo tiene que ver, en principio, con el hecho de que si se sobrepasan o no los parámetros meta.

En las tablas de contingencia, las estadísticas más usadas es la razón de posibilidades, que en el caso de los datos binómicos no es más que la tasa de probabilidad de obtener una puntuación de 1 dividido por la probabilidad de obtener 0. La razón de posibilidades (OR) mayor que 1 significará que existe una relación positiva entre el factor y el resultado, mientras que un puntaje menor que 1 indicará una relación negativa. En la tabla 7.2 se muestra un ejemplo de tablas de contingencia. En esta tabla, p es la significancia de la razón de posibilidades calculadas y la columna CI 95% se refiere al rango de valores entre los límites superiores e inferiores del 95% del nivel de confiabilidad.

Factores de Riesgo	Parámetros meta sobrepasados <10 cfu /100 ml		
	Razón de posibilidades	p	95% CI
Mampostería defectuosa	1.29	0.278	0.81-2.06
Relleno desgastado	2.51	<0.001	1.56-4.06
Inundación del área de recolección	0.97	0.905	0.59-1.60
Cerca inexistente o dañada	2.96	0.039	1.05-8.29
Acceso de animales en un perímetro de 10 m	1.96	0.184	0.73-5.31
Letrinas a menos de 30 m río arriba	1.45	0.583	0.38-5.52
Aguas superficiales río arriba del manantial	1.88	0.030	1.06-3.33
Zanja de desvío inexistente o defectuosa	2.14	0.003	1.30-3.53
Otros tipos de contaminación río arriba	1.51	0.078	0.96-2.37

Tabla 7.2: Análisis de la tabla de contingencia

La regresión logística es un método estadístico que permite un análisis de regresión de datos discretos. Es una herramienta poderosa que estudia la influencia de múltiples factores en una variable de resultado, de manera similar al análisis de regresión lineal (múltiple) para datos continuos. Algunos de los componentes clave de la regresión logística son el coeficiente $-2 LL$, que es una bondad de ajuste del modelo y determina el grado de desviación de los valores observados en relación con los valores pronosticados. Para cada variable del modelo, se define un coeficiente de regresión, así como el error estándar asociado con el valor pronosticado de la variable dependiente. También se determina para cada variable la estadística de Wald, la cual pone a prueba la hipótesis que el coeficiente de regresión para la variable explicativa es cero (sin efectos en la variable independiente). En la tabla # 7.3 se muestra un ejemplo del modelo de regresión logística. En esta tabla EE significa error estándar (la desviación estándar de la distribución de la muestra) y p es la significancia del coeficiente de la variable.

Estimación logarítmica del modelo	VARIABLES del modelo	Coefficiente de la variable	p	EE	Wald
392.57	• Constante	0.63	0.003	0.21	8.84
	• Área del relleno desgastada	-0.88	<0.001	0.25	12.55
	• Zanja inexistente/ defectuosa	0.72	0.006	0.26	7.49

Tabla 7.3: Modelo de regresión logística

Existen diversas formas de realizar una regresión logística. Un método muy útil es el modelo escalonado inverso, el cual incluye un número de factores al inicio del análisis. Luego el análisis pasa por una serie de iteraciones con factores sin ningún significado, los que se eliminan hasta obtener el modelo definitivo que mejor se ajuste a los datos. Por lo tanto, la regresión logística final puede sólo contener unos cuantos términos. Los factores incluidos al inicio pueden ser todos aquellos de la inspección de sanidad o sólo aquellos en donde el análisis de la tabla de contingencia mostró una relación significativa.

7.4 Identificación de las Causas de Contaminación Microbiana en Suministros por Acueductos

Al utilizar los datos de la inspección sanitaria para establecer si la anomalía en la calidad del agua tiene que ver con los riesgos locales o con el suministro es importante no sólo estudiar los datos microbianos, sino incluso los niveles residuales de cloro. La efectividad del cloro y de otros desinfectantes contra los microorganismos en el agua no sólo depende de la concentración de cloro libre que provoca su inocuidad sino también del tiempo de exposición del microorganismo al cloro. –el valor Ct–.

Cuando se somete el agua a una desinfección terminal, por lo general la dosificación se basa en la demanda de cloro; es decir, cuánto cloro se requiere para lograr una desinfección total. Es normal que se mantenga un residuo de cloro durante la distribución para garantizar una protección contra los ingresos posteriores de aguas superficiales o subterráneas contaminadas. El nivel normal de cloro es de 0.2 mg/ l mínimo, aunque en algunos países se aceptan niveles inferiores (0.1 mg/ l). Dado que los desinfectantes dependen de la concentración y del tiempo de exposición, las irregularidades microbiológicas pueden ocurrir si la fuente de contaminación se encuentra cerca del punto de muestreo y si hay una entrada directa del agente contaminante a la tubería. Por lo general, encontramos agua estancada alrededor de las tuberías o desechos en contacto directo o cercano con las tuberías. En tales casos, el desinfectante libre residual tiene pocas posibilidades de inactivar todas las bacterias y demás microbios, a menos que tenga un nivel muy alto (Por ejemplo, cloro que exceda 1 mg/ l).

Similares a los descritos, pueden utilizarse análisis estadísticos para las fuentes puntuales, a fin de evaluar la influencia de factores de riesgo sanitario específicos y los residuos de cloro cuando se sobrepasa un parámetro meta. Se recomienda incluir en el análisis los residuos libres y total de cloro, puesto que nos puede indicar si los pobres residuos libres de cloro con presencia de indicadores microbianos, son provocados por el consumo de la entrada de aguas contaminadas o si el nivel de cloro en el agua era para empezar inapropiado. En las tablas 7.4 y 7.5 se muestran ejemplos de una tabla de contingencia y de regresión logística para suministros de acueductos tratados con cloro.

Factor de Riesgo	Estadísticas		
	Razón de posibilidades	p	95% CI
La base del grifo carece de soporte	1.87	<0.001	1.17
Agua superficial alrededor de la llave	2.98	<0.001	1.83
Parte superior de la llave está desgastada	0.48	<0.001	0.36
Tubería expuesta cerca de la llave	1.18	0.324	0.77
Excretas humanas a menos de 10 m de la llave	1.01	0.938	0.74
Cloacas a menos de 30 m de la llave	1.00	0.998	0.83
Interrupción menor a los 7 días	1.12	0.585	0.90
Señales de fuga en el distrito	0.86	0.359	0.26

La comunidad reporta rotura en la tubería madre <10 días	1.98	0.008	2.08
Tubería principal expuesta en el distrito	2.20	<0.001	1.62
Cloro libre apropiado	0.28	<0.001	0.73
Cloro total apropiado	0.21	<0.001	0.62

Tabla 7.4: Tabla de contingencia de riesgos sanitarios en el suministro de agua por acueductos.

Estimación logarítmica del modelo	Variabes	Coefficiente de la variable	p	EE	Wald
736.76	• Constante	1.05	0.013	0.43	6.13
	• Agua superficial alrededor de la llave	-0.73	<0.001	0.20	13.79
	• Tubería principal expuesta en el distrito				
	• Interrupción en los últimos 7 días	-0.69	0.004	0.24	8.15
	• Administración del suministro	-0.45	0.072	0.25	3.25
	• Cloro libre apropiado	-3.33	<0.001	0.22	210.32
	• Cloro total apropiado	0.98	<0.001	0.25	15.98
		0.82	<0.001	0.20	16.87

Tabla 7.5: Modelo de regresión logística para el suministro de agua por acueductos

La ventaja de este tipo de análisis es que también pueden incorporar al análisis otros factores (como la naturaleza de la organización que maneja el suministro) en forma de variable con códigos simulados. Esto podría ser de utilidad en una situación donde se piense que algunas organizaciones son más efectivas en la administración del suministro de agua que otras. Este aspecto deberá incluirse en la medida de lo posible en el análisis de datos y en los reportes.

7.5 Utilización de los Datos para Clasificar los Sistemas

Al utilizar el análisis de la calidad del agua y los datos de la inspección sanitaria, los sistemas cubiertos por la evaluación pueden clasificarse según la contaminación encontrada y la causa más probable, lo que no sólo permite concentrar nuestra atención en las áreas de mayor interés como los suministros individuales o fuentes urbanas, sino también permite evaluar la situación nacional en cuanto a problemas de diseño, construcción, operación o mantenimiento. En consecuencia, posibilita desarrollar una estrategia de mejoramiento regional y/o nacional. En la tabla 7.4 se resume un ejemplo de evaluación en Ghana.

Categoría	Descripción	Sistemas evaluados
Categoría 1	Sin contaminación	Barakese directo; Owabi directo; Berekum; Kpandu
Categoría 2	Contaminación causada por problemas locales	Accra MPZ/ HPZ; Bolgatanga; Cabo Costa; Ho; Takoradi; Tamale; Tema
Categoría 3	Contaminación por fallas del suministro y problemas locales	Accra LPZ; Kpong directo; Keta; Kumasi Nivel superior; Obuasi; Sekondi; Sunyani; Weijja directo
Categoría 4	Contaminación ocasionada por irregularidades mayúsculas del suministro	Kibi; Koforidua; Navrongo; Nkawkaw; Shama/ Elmina

Tabla 7.4 Clasificación de los sistemas de una evaluación realizada en Ghana, 1999

7.6 Suministro de Agua en el Hogar

Al analizar la calidad del agua en el hogar, se pueden realizar una variedad de análisis sencillos, teniendo cuidado de decidir con qué propósito se diseña el análisis y qué es lo que se evaluará. El análisis más obvio será valorar si el agua de consumo humano muestra indicios de contaminación. Las causas de las irregularidades pueden analizarse mediante los mismos enfoques que se utilizan para las fuentes puntuales.

Al evaluar la calidad del agua almacenada y utilizada en el hogar en comparación con la fuente donde se obtuvo el agua, también hay que valorar la importancia de la re-contaminación. Ésta puede evaluarse mejor si se analizan las muestras tomadas en una fuente, de un recipiente de recolección o del almacenamiento de las aguas domésticas para poder identificar dónde ocurre la contaminación durante la cadena del agua y saber si el

tratamiento del agua en el hogar limita la contaminación en el punto de consumo. El análisis de la calidad del agua casera también indicará donde hay que enfocarnos más para diseñar una estrategia de intervención: Ejemplo, si las fuentes puntuales son las indicadas, pero la calidad del agua doméstica es pobre, la respuesta mas apropiada está sin dudas encaminada al nivel casero, en vez del mejoramiento de la fuente.

7.7 Análisis más Detallado de los Datos de Calidad Química

Además de los análisis básicos descritos en la sección 7.1, un estudio estadístico más detallado de los datos arrojados por los parámetros químicos incrementaría también el valor de los resultados. La creciente variedad de datos producidos por las evaluaciones de los niveles 2 y 3 se presta a un análisis más detallado, en especial los datos de los estudios hidrogeológicos y cuencas, auditorias de tratamiento y análisis de riesgos. En estas evaluaciones de mayor nivel, la recopilación de datos sobre el cloruro también podría ser de utilidad. El análisis de la proporción nitrato: cloruro es una herramienta útil para determinar si el nitrato proviene de materia fecal. Algunos posibles análisis se discuten brevemente en esta sección, pero si desea emprender un análisis estadístico más detallado, se les insta a los usuarios del manual a consultar a Helsel y Hirsh, cuyos datos aparecen en la Bibliografía, Anexo 4.

En el análisis de los datos químicos de las evaluaciones del nivel 1 se pueden usar los análisis paramétricos y no paramétricos. Los análisis paramétricos pueden aplicarse cuando no hay valores extremos significativos, ya sean muy altos o muy bajos, como aquellos que estén debajo del límite de detección. Los análisis útiles pueden incluir investigaciones para saber si la concentración de nitrato es mayor en los pozos perforados en las áreas urbanas o en las áreas rurales, lo que puede determinarse a través de un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) auxiliados de un software estadístico estándar. En el caso que existan valores extremos, pueden utilizarse pruebas que sean equivalentes a los análisis paramétricos, como la prueba Kruskal-Wallis, el cual es el equivalente no paramétrico de una prueba ANOVA.

Existe un número de análisis útiles que pueden realizarse a los datos químicos recopilados como parte de las evaluaciones del nivel 1. La selección de las pruebas idóneas en parte depende de la naturaleza de los datos, pero la mayoría de los análisis probablemente constan de comparaciones entre la concentración media o mediana de diversos grupos; por ende, ANOVA y Kruskal-Wallis son pruebas de gran utilidad. Algunos parámetros pueden presentar una relación estrecha, como el arsénico & hierro y posiblemente el arsénico & fluoruro u otros metales. En estos casos, quizá lo más indicado es aplicar la Correlación de Pearson, pero si los datos no siguen una distribución normal, entonces se podría echar mano de una Correlación de Rangos Spearman. Sólo el nitrato sirve para compararlo con los datos microbianos y quizá requiera de una Correlación de Rangos Spearman por la probabilidad que los datos microbianos presenten una distribución anormal y valores extremos. Es poco probable que el análisis estadístico de los datos de inspección química y sanitaria sean de utilidad, puesto que las inspecciones sanitarias fueron diseñadas para identificar los riesgos que pudieran conducir a una contaminación microbiana, sin cubrir todos los aspectos ambientales relevantes de la contaminación química. Los principales tipos de análisis de parámetros químicos se resumen en la tabla 7.5.

Comparación	Parámetros (Evaluaciones del Nivel 1)				
	Arsénico	Fluoruro	Hierro	Nitrato	Cobre/ Cromo / Manganeso
Entre tecnologías	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Entre regiones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Entre zonas urbanas y rurales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Profundidad de las bocatomas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Mantos freáticos poco	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

profundos vs. profundos					
Manto superficial Vs. freático	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipo acuífero	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Correlación entre parámetros	Sí Con hierro y probablemente fluoruro y otros metales	Probablemente con arsénico	Sí con arsénico y otros metales	No	Sí con hierro y probablemente con arsénico
Correlación con datos microbianos	No	No	No	Sí	No

Tabla 7.5: Tipos de análisis de los datos de calidad química

Anexo 1.
Formatos de Reporte

A1. Hoja de Reporte Diario: Datos Microbiológicos

Conglomerado No:

Nombre del Conglomerado:

Fecha:

Analista:

Muestra No.	Fuente de la muestra	Código de la fuente No.	Puntaje SI	Tiempo	Color	Turbidez TU	Cloro mg/l		pH	TTC cfu/100ml	FS cfu/100ml
							Libre	Total			

Observaciones
 Firma del analista

A2. Hoja de Reporte Diario: Datos Químicos

Conglomerado No:

Nombre del Conglomerado:

Fecha:

Analista:

Muestra No.	Fuente de la muestra	Código de la Fuente No.	Tiempo	Nitrato mg/l	Hierro mg /l	Conductividad μ S/ cm	Arsénico mg/l	Fluoruro mg/l	Cu/ Cr/ Mn mg/l	

Observaciones
Firma del Analista

A3. Informe Final de la Evaluación

A.3.1. Lista de contenidos sugeridos

Introducción

- Descripción general del país
- Desglose de la disponibilidad de fuentes de agua según el tipo de tecnología y región
- Descripción del diseño de la encuesta

Ubicación

- Descripción de las grandes áreas empleadas en el diseño de la encuesta
- Descripción de los conglomerados identificados (incluyendo tecnologías encontradas)
- Mapa del país que muestre las áreas grandes y los conglomerados

Parámetros cualitativos y medios de análisis

- Nivel de evaluación emprendido (1,2 ó 3)
- Parámetros incluidos en el estudio
- Descripción de los métodos utilizados en el análisis
- Procedimientos de control y aseguramiento de la calidad
- Formatos de inspección sanitaria empleados

Resultados

- Por cada tipo de tecnología:
 - Parámetros microbiológicos y afines
 - Inspección sanitaria
 - Análisis físico y químico
 - Variaciones geográficas

Discusiones e implicaciones o hallazgos

- Panorama global de la calidad del agua
 - Microbiología
 - Estado sanitario de las fuentes de agua
 - Físico y químico
- Diferencia en la calidad del agua entre los tipos de tecnologías
- Diferencia en la calidad del agua entre las distintas regiones
- Operación y mantenimiento de las acciones de protección sanitaria por tecnología y/ o región
- Otros posibles factores causales que influyen en la calidad (por ejemplo: acuíferos, clima, enfoque administrativo, etc.).
- Necesidad de desarrollar un monitoreo rutinario

Conclusiones y recomendaciones

- Seguridad del agua potable
- Intervenciones claves necesarias para mejorar/ mantener la seguridad
- Futuro desarrollo de la capacidad de monitoreo

Anexos

Anexo 2:
Formatos de Inspección Sanitaria y Evaluación de Riesgos de Contaminación

I. Tipo de Instalación ACUEDUCTO

1. Información General : Conglomerado No:
: Nombre del Conglomerado:
2. Nombre de la comunidad :
3. Fecha de Visita. :
4. ¿Muestras tomadas de agua? No de Muestra.

II Información Especifica del Diagnostico de la Evaluación

	Riesgo	Muestra No
(Indique la estación de muestreo donde se identificó el riesgo)		
1. ¿Fugas en el grifo?	S/ N	.....
2. ¿Se acumula agua superficial alrededor del grifo?	S/ N	.....
3. ¿ Hay alguna zona erosionada colina arriba del grifo?	S/ N	.....
4. ¿Hay tubería expuesta a la intemperie cerca del grifo?	S/ N	.....
5. ¿Hay excretas humanas en el suelo a 10 m del grifo?	S/ N	.....
6. ¿Hay alguna alcantarilla a 30 m del grifo?	S/ N	.....
7. ¿Se interrumpió el servicio del grifo en los últimos 10 días?	S/ N	.....
8. ¿Existen indicios de fuga en la tubería principal del distrito?	S/ N	.....
9. ¿Ha reportado la comunidad alguna rotura en la última semana?	S/ N	.....
10. ¿La tubería madre está expuesta a la intemperie en algún punto del distrito?	S/ N	.....
	Puntaje Total de Riesgos	... /10

Puntaje de riesgo: 9-10 = Muy alto; 6-8 = Alto; 3-5 = Medio; 0-3 = Bajo

III Resultados y Recomendaciones:

Se observaron los siguientes puntos importantes de riesgo: (No. en la lista 1-10)

Firma del Inspector:

Observaciones:

I. Tipo de Instalación ACUEDUCTO CON TANQUE DE RESERVA

1. Información General : Conglomerado No:
: Nombre del Conglomerado:
2. Nombre de la comunidad :
3. Fecha de Visita :
4. ¿Muestras tomadas de agua? No. de Muestra.

II Información Especifica del Diagnostico de la Evaluación

	Riesgo	Muestra No
(Indique la estación de muestreo donde se identificó el riesgo)		
1. ¿Gotean los grifos en las estaciones de muestreo ?	S/ N	.....
2. ¿Se acumula agua alrededor de las estaciones de muestreo ?	S/ N	.....
3. ¿Hay alguna zona erosionada colina arriba de la estación de muestreo?	S/ N	.....
4. ¿ las estaciones de muestreo ? S/ N		
5. ¿Hay excretas humanas en el suelo a 10 m del grifo?	S/ N	.....
6. ¿Hay alguna alcantarilla o letrina a 30 m de la estación de muestreo?	S/ N	.....
7. ¿Se interrumpió el servicio en la estación de muestreo en los últimos 10 días?	S/ N	.....
8. ¿Hay indicios de fuga en la estación de muestreo?	S/ N	.....
9. ¿Han reportado los usuarios alguna rotura durante la última semana?	S/ N	.....
10. ¿La tubería madre está expuesta a la intemperie en la estación de muestreo?	S/ N	.....
11. ¿El tanque de reserva está fracturado o gotea?	S/ N	.....
12. ¿Los respiraderos o la tapa de inspección son insalubres?	S/ N	.....
	Puntaje Total de Riesgos	.../12

Puntaje de riesgo: 10-12 = Muy alto; 8-10 = Alto; 5-7 = Medio; 2-4 = Bajo; 0-1 = Muy Bajo

III Resultados y Recomendaciones:

Se observaron los siguientes puntos importantes de riesgo: (No. en la lista. 1-12)

Firma del Inspector:

Observaciones:

I. Tipo de Instalación ACUEDUCTO ALIMENTADO POR GRAVEDAD

1. Información General : Conglomerado No:
: Nombre del Conglomerado:
2. Nombre de la comunidad :
3. Fecha de Visita :
4. ¿Muestras tomadas de agua? No. de Muestra

II Información Especifica del Diagnostico de la Evaluación

	Riesgo	Muestra No
(Indique la estación de muestreo donde se identificó el riesgo)		
1. ¿Goteo de la tubería entre la fuente y el tanque de almacenamiento?	S/ N	.....
2. ¿ El tanque de almacenamiento está rajado, dañado o tiene fugas?	S/ N	.....
3. ¿Los respiraderos y las tapas del tanque están dañados o abiertos?	S/ N	.....
4. ¿Gotea algún grifo?	S/ N	.....
5. ¿Se acumula agua alrededor del grifo?	S/ N	.....
6. ¿Hay alguna zona erosionada colina arriba del grifo?	S/ N	.....
7. ¿ Hay tuberia expuesta a la intemperie cerca del grifo?	S/ N	.....
8. ¿Hay excretas humanas en el suelo a 10 m del grifo?	S/ N	.....
9. ¿ Se interrumpió el servicio del grifo en los últimos 10 días?	S/ N	.....
10. ¿Hay indicios de fuga en la tubería madre del sistema?	S/ N	.....
11. ¿Ha reportado la comunidad roturas en la tubería la última semana?	S/ N	.....
12. ¿La tubería madre está expuesta a la intemperie en algún punto del sistema?	S/ N	.....
	Puntaje Total de Riesgos	.... /12

Puntaje de riesgo: 10-12 = Muy alto; 8-10 = Alto; 5-7 = Medio; 2-4 = Bajo; 0-1 = Muy Bajo

III Resultados y Recomendaciones:

Se observaron los siguientes puntos importantes de riesgo: (No. en la lista 1-12)

Firma del Inspector de Salud/ Asistente:

Observaciones:

I. Tipo de Instalación PEFORACIÓN PROFUNDA CON BOMBEO MOTORIZADO

1. Información General : Conglomerado No:
: Nombre del Conglomerado:
2. Nombre de la comunidad :
3. Fecha de Visita :
4. ¿Muestras tomadas de agua? Muestra No. FC/100 ml.

II Información Especifica del Diagnostico de la Evaluación

- | | Riesgo |
|---|---------------|
| 1. ¿Hay alguna letrina o alcantarilla a 100 m de la caseta de bombeo? | S/ N |
| 2. ¿La letrina más cercana no está alcantarillada? | S/ N |
| 3. ¿Hay alguna otra fuente de contaminación a 50 m? | S/ N |
| 4. ¿Hay algun pozo destapado a 100 m (de la fuente)? | S/ N |
| 5. ¿El drenaje alrededor de la caseta de bombo está defectuoso? | S/ N |
| 6. ¿ La cerca está dañada, permitiendo así la entrada de animales? | S/ N |
| 7. ¿El piso de la caseta de bombeo es permeable al agua? | S/ N |
| 8. ¿El agua forma charcas en la caseta de bombeo? | S/ N |
| 9. ¿La tapa del pozo es insalubre? | S/ N |

Puntaje Total de Riesgos/9

Puntaje de riesgo: 7-9 = Alto; 3-6 = Medio; 0-2 = Bajo

III Resultados y Recomendaciones:

Se observaron los siguientes puntos importantes de riesgo: (No. en la lista 1-9)

Firma del Inspector de Salud/ Asistente:

Observaciones:

I. Tipo de Instalación POZO PERFORADO CON BOMBA MANUAL

1. Información General : Conglomerado No :
: Nombre del Conglomerado :
2. Nombre de la comunidad :
3. Fecha de Visita :
4. ¿Muestra tomada de agua? Muestra No. FC/ 100 ml

II Información Especifica del Diagnostico de la Evaluación

	Riesgo
1. ¿Hay alguna letrina a 10 m del pozo perforado?	S/ N
2. ¿Hay alguna letrina colina arriba del pozo?	S/ N
3. ¿Hay alguna otra fuente de contaminación a 10 m del pozo? (Ejemplo: cría de animales, cultivo, caminos, industria, etc.)	S/ N
4. ¿El delantal está dañado, permitiendo inundaciones a 2 m del pozo?	S/ N
5. ¿El canal del delantal está rajado, quebrado o necesita limpieza?	S/ N
6. ¿Cerca inexistente o dañada?	S/ N
7. ¿El desagüe mide menos de 1 m de radio?	S/ N
8. ¿Se acumula el agua derramada en el área del delantal del pozo?	S/ N
9. ¿El delantal del pozo está quebrado o dañado?	S/ N
10. ¿La bomba manual está floja en punto de unión con el delantal del pozo?	S/ N
Puntaje Total de Riesgos	.../10
Puntaje de riesgo: 9-10 = Muy alto; 6-8 = Alto; 3-5 = Medio; 0-3 = Bajo	

III Resultados y Recomendaciones:

Se observaron los siguientes puntos importantes de riesgo: (No. en la lista. 1-10)

Firma del Inspector de Salud/ Asistente:

Observaciones:

I. Tipo de Instalación MANANTIAL PROTEGIDO

1. Información General : Conglomerado No:
: Nombre del Conglomerado:
2. Nombre de la comunidad:
3. Fecha de Visita :
4. ¿Muestra tomada de agua? Muestra No. FC/ 100 ml

II Información Especifica del Diagnostico de la Evaluación

	Riesgo
1. ¿La fuente está desprotegida?	S/ N
2. ¿La mampostería protectora está dañado?	S/ N
3. El relleno detrás del muro de contención está desgastado?	S/ N
4. ¿El agua derramada inunda el área de recolección?	S/ N
5. ¿Cerca inexistente o dañada?	S/ N
6. ¿Pueden los animales tener acceso a 10 m del manantial?	S/ N
7. ¿Hay alguna letrina colina arriba y/ o a 30 m de la fuente?	S/ N
8. ¿Se acumula el agua superficial colina arriba de la fuente?	S/ N
9. ¿Zanja de desvío inexistente o no funciona?	S/ N
10. ¿Hay alguna otra fuente de contaminación colina arriba? (Por ejemplo: desperdicios sólidos)	S/ N
Puntaje Total de Riesgos	..../10
Puntaje de riesgo: 9-10 = Muy alto; 6-8 = Alto; 3-5 = Medio; 0-3 = Bajo	

III Resultados y Recomendaciones:

Se observaron los siguientes puntos importantes de riesgo: (No. en la lista 1-10)

Firma del Inspector de Salud/ Asistente:

Observaciones:

I. Tipo de Instalación POZO EXCAVADO CON BOMBA MANUAL/ CABRESTANTE

1. Información General : Conglomerado No:
: Nombre del Conglomerado:
2. Nombre de la comunidad :
3. Fecha de Visita :
4. ¿Muestra tomada de agua? Muestra No. FC/100 ml.....

II Información Especifica del Diagnostico de Evaluación

	Riesgo
1. ¿Hay alguna letrina a 10 m del pozo?	S/ N
2. ¿La letrina más cercana está colina arriba del pozo?	S/ N
3. ¿Hay alguna otra fuente de contaminación a 10 m del pozo? (Por ejemplo: crianza de animales, cultivo, caminos, industrias, etc.)	S/ N
4. ¿El drenaje está dañado, permitiendo así inundaciones a 2 m del pozo?	S/ N
5. ¿El canal de drenaje está rajado, quebrado o necesita limpieza?	S/ N
6. ¿Cerca inexistente o dañada?	S/ N
7. ¿El cemento alrededor de la tapa del pozo mide menos de 1 m de radio?	S/ N
8. ¿Se acumula el agua derramada en el área del delantal?	S/ N
9. ¿Hay alguna grieta en el embaldosado?	S/ N
10. ¿La bomba manual está floja en punto de unión con el pozo?	S/ N
11. ¿La tapa del pozo es insalubre?	S/ N

Puntaje Total de Riesgos/11

Puntaje de riesgo: 9-11 = Muy alto; 6-8 = Alto; 3-5 = Medio; 0-3 = Bajo

III Resultados y Recomendaciones:

Se observaron los siguientes puntos importantes de riesgo: (No. en la lista. 1-11)

Firma del Inspector de Salud/ Asistente:

Observaciones:

I. Tipo de Instalación PLANTA DE TRATAMIENTO

Información General : Conglomerado No:
: Nombre del Conglomerado:

Fecha del sondeo : _____

Inspector : _____

Nombre de la planta : _____

Antigüedad de la Planta : _____

Capacidad del diseño (m³): _____ Producción actual (m³/ día): _____

¿Hay alguna cerca alrededor de la planta? S/ N ¿La cerca está en buenas condiciones? S/ N ¿Hay guardias de seguridad? S/ N/ Día / Noche

II. Fuente (Encierre una): Reservorio Arroyo Río Pozo Otro
(Nota: Si se utiliza más de un recurso, márkuelos con un círculo)

III Toma de Agua

Condiciones de los trabajos de bocatoma Acceptable Promedio Pobre

¿Las obras de toma de agua están dañados? S/ N

(Por ejemplo: el concreto está rajado)

¿Hay desgaste alrededor de la toma de agua? S/ N

¿La cámara separadora o criba está obstruida con basura? S/ N

IV Procesos de tratamiento (Enumere todos los utilizados):

Proceso 1: Proceso 4:

Proceso 2: Proceso 5:

Proceso 3: Proceso 6:

Sedimentación:

No. de tanques de sedimentación: _____ Frecuencia de desenfangado: _____

Apariencia final del agua (Por ejemplo: clara, oscura/ turbia, partículas visibles etc.): _____

Filtración

No. de filtros: _____

Marcha del filtro (tiempo): _____

Profundidad del arena: _____

Ritmo de filtración: _____

Profundidad de la grava: _____

Batida de aire S/ N Ritmo _____

Duración: _____

Desinfección

Dosis de desinfección: _____

Método de dosificación: _____

Tanques de agua clara

No. de tanques: _____

Capacidad por tanque: _____

¿Hay algún tanque con fuga? S/ N

¿Los tanques están tapados y cerrados adecuadamente? S/ N

¿La parte interior del tanque está limpia? S/ N

¿Los respiraderos y caños de rebose están protegidos con cedazos? S/ N

Registros de las pruebas de control del proceso

1. Pruebas de recipientes	Sí	No	Frecuencia: _____
2. pH	Sí	No	Frecuencia: _____
3. Cloro libre	Sí	No	Frecuencia: _____
4. Color	Sí	No	Frecuencia: _____
5. Turbidez	Sí	No	Frecuencia: _____
6. Coliformes termo tolerantes	Sí	No	Frecuencia: _____

Registro

1. Consumo químico	Aceptable	Pobre	Actualizado: _____
2. Pruebas de control del proceso	Aceptable	Pobre	Actualizada: _____
3. Calidad bacteriológica	Aceptable	Pobre	Actualizada: _____
4. Cloro residual	Aceptable	Pobre	Actualizada: _____

XIII. Personal

1. No. del personal actual: _____ Permanente _____ Ocasional _____

2. Nivel de educación del operador principal: _____

3. Años que el operador ha trabajado en esta planta: _____

4. Total de años de experiencia del operador en el tratamiento de agua: _____

XIV Problemas registrados en:1. Los procesos de tratamiento: _____
(Enumere los procesos y explique los problemas)2. Quejas del cliente: _____
(Indique cuántas quejas, la naturaleza de éstas y la frecuencia)

Firma del Inspector:

Observaciones:

Inspección en la Calidad del Agua Doméstica

Conglomerado No: Nombre del Conglomerado: Nombre de la comunidad: Fuente de agua:

1. ¿El agua potable se mantiene en un recipiente separado? (Pida que se lo muestren)

Sí

No

2. ¿Se mantiene el recipiente de agua potable arriba del piso y lejos de la contaminación?

Sí

No

3. ¿Los recipientes de agua tienen una boca / abertura angosta?

Sí

No

4. ¿Los recipientes tienen tapa/ cubierta?

Sí

No

5. ¿Se encuentran en un lugar apropiado a la hora de una visita?

Sí

No

6. ¿Cómo se saca el agua del recipiente?

Vertida

En taza

Con otro utensilio

7. ¿El utensilio que se utiliza para sacar agua del contenedor está limpio?

Sí

No

8. ¿El utensilio que se utiliza para sacar agua del recipiente, se mantiene lejos de las superficies y guardado de forma higiénica?

Sí

No

9. ¿Qué tan a menudo se limpia el recipiente?

Diariamente

Mensualmente

Nunca

Semanalmente

Pocas veces

10. ¿Cómo se limpia el recipiente?
.....

11. ¿Está limpia la parte interior del vaso usado para beber?

Sí

No

12. ¿Está limpia la parte exterior del vaso usado para beber?

Sí

No

B1. Formulario de Evaluación Rápida de Riesgo Ambiental

Conglomerado No:

Nombre del Conglomerado:

Nombre de la comunidad /plan

Por favor utilice las hojas en blanco para agregar cualquier información adicional al contestar las preguntas. En la medida de lo posible, indique la ubicación de la fuente de contaminación en una fotocopia del mapa o en el croquis del mismo (se adjunta un ejemplo). Llene las casillas que aparecen a continuación o márquelas según corresponda.

1. ¿La fuente de agua tiene algún problema de contaminación conocido?					Si	No
2. ¿La fuente de agua tiene alguno de los siguientes problemas en la calidad del agua?						
Color	S/ N	Turbidez	S/ N	Coliformes	S/ N	Algas
3. Enumere algún otro problema de contaminación						

4. ¿Si existe algún problema, cuando ocurre?												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Color
S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	
a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Turbidez
S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	
a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Coliformes
S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	
a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Hierro
S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	
a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Algas
S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	S/ N	
a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	a.m. p.m.	

5. Para cada una de las siguientes fuentes POTENCIALES de contaminación indique si está presente (Si/ No) y su distancia con respecto de la fuente de agua?

Fuente Potencial de contaminación (Véase el dorso para la orientaciones sobre su clasificación)	S	L	Distancia de la fuente			
			<50 m	<500 m	<1 km	<5 Km
Residencial						
• Establecimiento (ciudad/ aldea/ usurpación)						
• Construcción						
Actividad agrícola						
• Ganado						
• Cosecha						
• Almacenamiento químico						
• Acuicultura						
Actividad industrial						
• Procesamiento de alimentos						
• Textil						

• Curtiduría						
• Cervecería						
• Aceite/ petróleo (incluyendo cocheras)						
• Carnicería (matadero)						
• Minería						
• Química						
Varios						
• Deforestación						
• Erosión						
• Otros (especifique)						

Anexo 3:
Formularios del Control de Calidad de Datos Microbiológicos

C1. Formato de Evaluación de la Técnica Aséptica

Factores en el Control de Calidad	Valoración	Observaciones
1) ¿Se limpió el kit y los aparatos (incluyendo el incubador)?	Sí No	
2) ¿Se almacenan los medios en un lugar oscuro y preferiblemente fresco?	Sí No	
3) ¿Los medios estaban frescos y no contaminados?	Sí No	
4) ¿Se colocó la almohadilla en la petri-placa de manera apropiada?	Placas: Falla:	
5) ¿Si la almohadilla no se colocó bien en la placa, utilizó el personal pinzas esterilizadas para sustituir la placa?	Placas: Falla:	
6) ¿Se esterilizaron los aparatos de filtración y los porta-muestras antes de cada análisis y se hizo la operación de forma correcta?	Pruebas: Falla:	
7) ¿Se dejaron los aparatos de filtración y los porta-muestras durante 5 minutos después de la esterilización?	Pruebas: Falla:	
8) ¿Se esterilizaron las pinzas antes de usarlas, inclusive cuando se manipularon?	Pruebas: Falla:	
9) ¿Se mantienen las pinzas lejos de contaminación cuando se utilizan?	Pruebas: Falla:	
10) ¿Los filtros estaban sellados antes de usarse?	Pruebas: Falla:	
11) ¿Manipuló el filtro algún miembro del personal?	Pruebas: Falla:	
12) ¿Se colocó el filtro en la almohadilla correctamente?	Pruebas: Falla:	
13) ¿Se lavó el porta-muestra antes de tomar la muestra?	Pruebas: Falla:	
14) ¿El personal solo estudió las colonias amarillas del filtro?	Placas: Falla:	
15) ¿El personal hizo la determinación correcta del número de Coliformes por cada 100 ml?	Placas: Falla:	

C2. Tabla de Control de Calidad de Pruebas Microbiológicas (95% fiabilidad e intervalos de conteo 0-100)

Conteo 1	Conteo 2	Conteo 1	Conteo 2	Conteo 1	Conteo 2
0	0-5	34	19-53	68	47-93
1	0-7	35	20-54	69	47-95
2	0-9	36	21-55	70	48-96
3	0-11	37	22-56	71	49-97
4	0-12	38	22-58	72	50-98
5	0-14	39	23-59	73	51-99
6	1-16	40	24-60	74	52-100
7	1-17	41	25-61	75	52-102
8	2-19	42	26-63	76	53-103
9	2-20	43	26-64	77	54-104
10	3-22	44	27-65	78	55-105
11	3-23	45	28-66	79	56-106
12	4-24	46	29-67	80	57-107
13	5-26	47	29-69	81	58-108
14	5-27	48	30-70	82	58-110
15	6-28	49	31-71	83	59-111
16	6-30	50	32-72	84	60-112
17	7-31	51	33-73	85	61-113
18	8-32	52	33-75	86	62-114
19	8-34	53	34-76	87	63-115
20	9-35	54	35-77	88	63-117
21	10-36	55	36-78	89	64-118
22	10-38	56	37-79	90	65-119
23	11-39	57	38-80	91	66-120
24	12-40	58	38-82	92	67-121
25	13-41	59	39-83	93	68-122
26	13-43	60	40-84	94	69-123
27	14-44	61	41-85	95	69-125
28	15-45	62	42-86	96	70-126
29	16-47	63	42-88	97	71-127
30	16-48	64	43-89	98	72-128
31	17-49	65	44-90	99	73-129
32	18-50	66	45-91	100	74-130
33	19-52	67	46-92		