



# **I MASTER DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO**

**Curso 2010/2011**



## **ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y SALUBRIDAD DE LAS AGUAS DESTINADAS A CONSUMO HUMANO EN LAS REGIONES DE QUÍNARA Y TOMBALÍ, GUINEA-BISSAU**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

**Rocío Aranzazu Baquero Noriega**

**14 de octubre de 2011**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	3
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	5
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	6
1.1. Pertinencia del proyecto	7
1.2. Sobre la contraparte técnica	9
<b>2. OBJETIVOS</b>	10
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	11
3.1. Área de estudio	11
3.2. Diseño del estudio	11
3.3. Análisis de aguas	14
3.4. Análisis de la eficacia de la lejía y el método SODIS	18
3.5. Propuesta de recomendaciones y protocolo de seguimiento	19
<b>4. RESULTADOS OBTENIDOS</b>	21
4.1. Parámetros físico-químicos	21
4.2. Parámetros microbiológicos	113
4.3. Parámetros parasitológicos	146
4.4. Eficacia de los métodos de desinfección analizados	150
4.5. Propuesta de recomendaciones	159
4.6. Protocolo de seguimiento	160
<b>5. BREVE CURRÍCULUM DEL EQUIPO</b>	161
<b>6. DOSSIER FOTOGRÁFICO</b>	163

## RESUMEN

El agua potable es esencial para la salud humana y uno de los derechos humanos económicos, sociales y culturales básicos reconocido por Naciones Unidas (ONU). La buena salud es un factor decisivo para el bienestar de las personas, las familias y las comunidades y, a la vez, un requisito imprescindible para un desarrollo humano con equidad. Estudios recientes relacionan negativamente el buen acceso al agua potable con la pobreza y la mortalidad infantil y concluyen que, a día de hoy, las personas más empobrecidas son quienes más sufren la mala calidad del agua a nivel mundial. Los sectores más vulnerables que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. Las enfermedades transmitidas por el agua son especialmente importantes, dada su alta capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas. La gran mayoría de los problemas de salud relacionados con el agua se deben a la contaminación ocasionada por microorganismos (bacterias, virus, protozoos), aunque también existe un número considerable de problemas graves de salud asociados a la contaminación química (natural o no) del agua de consumo. Existen una gran variedad de métodos físicos y químicos para la desinfección del agua destinada al consumo humano, pero no todos ellos son localmente implementables a un coste razonable, ya sea por el instrumental, los reactivos o los materiales requeridos.

El presente estudio muestra resultados de dos campañas de trabajo de campo en Guinea-Bissau, la primera se realizó desde el 13 de agosto al 25 de septiembre de 2010 y la segunda del 12 de septiembre al 1 de octubre de 2011. En la primera campaña se obtuvieron 60 analíticas completas de 33 parámetros físico-químicos y seis indicadores microbiológicos de las aguas para consumo humano en 20 tabankas de las regiones de Quínara y Tombalí. En la segunda, un análisis de dos métodos de desinfección de aguas comúnmente utilizados, desinfección mediante el uso de lejía comercial y el método SODIS o método combinado de radiación ultravioleta y calor proveniente del sol, la confirmación sistemática de la presencia de *Vibrio cholerae* en la zona de estudio y muestras para mejorar el inventario parasitológico iniciado en la primera campaña.

A la vista de los resultados obtenidos y solamente teniendo en cuenta los parámetros microbiológicos, según la normativa actual y las recomendaciones de la OMS, las muestras de agua analizadas no serían aptas para el consumo humano, ya que contienen patógenos en concentraciones muy elevadas, debido a una elevada contaminación fecal, humana y animal. La contaminación detectada en los análisis de los parámetros físico-químicos no es muy elevada en las muestras, salvo excepciones. Dado que algunos parámetros físico-químicos pueden tener su origen en las características del terreno, sería imprescindible disponer de información detallada de la hidrogeología de la zona de estudio para diseñar un plan de seguimiento de la calidad del agua de consumo. Es importante considerar la necesidad de realizar una

analítica completa en época seca, porque es muy probable que los niveles de los diversos indicadores de contaminación cambien de manera considerable.

Dadas las altas cargas microbiológicas de las aguas en las zonas de estudio, los métodos empleados no parecen suficientes para potabilizar el agua, aunque la lejía mejora su calidad. Es aún necesario disponer de la información parasitológica de la zona, para valorar la eficacia real de los métodos y proponer los tratamientos más apropiados.

Con respecto a los proyectos enfocados en el abastecimiento de agua potable en Guinea-Bissau, se sugiere tener en cuenta un protocolo de condiciones previas para la construcción de infraestructuras que incluya un cuaderno de prescripciones técnicas (características de lo que se construye, el método utilizado y la calidad tanto de los materiales como del producto final), que incluya el análisis de la calidad del agua extraída del pozo, así como la necesidad de realizar un seguimiento periódico de la calidad de las aguas durante el tiempo que el pozo esté en funcionamiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente estudio ha sido financiado por la Universidad de Castilla-La Mancha y la Fundación de Castilla-La Mancha, mediante la II y III Convocatoria de Ayudas en Cooperación para el Desarrollo para profesores y PAS de la UCLM, cursos 2009-2010 y 2010-2011 respectivamente; el V Programa de Prácticas y Proyectos de Cooperación al Desarrollo, curso 2009-2010 y una beca para la realización del Trabajo Fin de Master para alumnos del I Master de Cooperación Para el Desarrollo de la UCLM, curso 2010-2011.

Es importante resaltar que esta memoria recoge el esfuerzo de un reducido pero gran equipo de trabajo. Gracias a Graciela G. Nicola, Susana Teixeira, Marta Rodríguez-Rey, Eloy Vidales del Castillo, María Millán, Elena Molinero, Papapas, Mercedes Subirats y Guillermo Esteban, por hacer que las ideas cobren forma. Seguimos trabajando.



## 1. INTRODUCCIÓN

El agua potable<sup>1</sup> es esencial para la salud humana y uno de los derechos humanos económicos, sociales y culturales básicos reconocido por Naciones Unidas (ONU). La buena salud es un factor decisivo para el bienestar de las personas, las familias y las comunidades y, a la vez, un requisito imprescindible para un desarrollo humano con equidad. Sin embargo, el optimista lema “*Agua limpia para un mundo sano*”, está todavía muy lejos de hacerse realidad, sobre todo si observamos qué ocurre en los países en desarrollo, donde unas 10.000 personas mueren cada día por enfermedades evitables, como la diarrea, en su mayoría niños menores de cinco años, según los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estudios recientes relacionan negativamente el buen acceso al agua potable con la pobreza y la mortalidad infantil y concluyen que, a día de hoy, las personas más empobrecidas son quienes más sufren la mala calidad del agua a nivel mundial. El acceso insuficiente al agua potable, además de provocar enfermedad y muerte, conduce al empobrecimiento y a la reducción de las oportunidades para miles de personas. Sin agua potable las comunidades y los países no pueden salir de la pobreza y la enfermedad y es impensable un desarrollo sostenible. Se puede relacionar directamente la mejora de la calidad del agua con la reducción de los costes de atención en salud, el aumento de la asistencia a la escuela y la productividad laboral, claros beneficios para el desarrollo humano. Sin embargo, según el último informe de Naciones Unidas (ONU) y la OMS sobre el estado del saneamiento y el agua potable en los países en desarrollo, de reciente aparición (2010, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/glaas](http://www.who.int/water_sanitation_health/glaas)), casi el 50% de la población de los países en desarrollo, 2.500 millones de personas, carecen de instalaciones mejoradas de saneamiento y más de 884 millones de personas todavía utilizan fuentes de agua no potable. O lo que es lo mismo, el 17% de la población mundial no tiene acceso al agua potable y el 58% carece de saneamiento ambiental básico.

Los sectores más vulnerables que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. Las enfermedades transmitidas por el agua son especialmente importantes, dada su alta capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas. La gran mayoría de los problemas de salud relacionados con el agua se deben a la contaminación ocasionada por microorganismos (bacterias, virus, protozoos), aunque también existe un número considerable de problemas graves de salud asociados a la contaminación química (natural o no) del agua de consumo. Las aguas fecales, los fertilizantes agrícolas y otros contaminantes, así como sustancias naturales, se filtran a las masas acuáticas y provocan eutrofización, salinización y contaminación de grandes cantidades de agua, especialmente en los países en desarrollo, donde las infraestructuras de

<sup>1</sup> Aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida y resulta adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

saneamiento son inadecuadas. La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos, como las bacterias, durante el tratamiento del agua y debe utilizarse siempre que exista sospecha de que el agua está expuesta a algún foco de contaminación, especialmente la fecal.

Existen una gran variedad de métodos físicos y químicos para la desinfección del agua destinada al consumo humano, pero no todos ellos son localmente implementables a un coste razonable, ya sea por el instrumental, los reactivos o los materiales requeridos. De todos ellos, los más sencillos son la cloración, la ebullición y la desinfección por el método SODIS o de desinfección solar del agua, que básicamente consiste en la desinfección por acción combinada de luz ultravioleta y temperatura (<http://www.sodis.ch/index>). Por otro lado, hay que tener en cuenta que los consumidores evalúan la calidad del agua de consumo basándose principalmente en sus sentidos. Los componentes microbianos, químicos y físicos del agua pueden afectar a su aspecto, olor o sabor y el consumidor evaluará su calidad y aceptabilidad basándose en estos criterios. Aunque es posible que estas sustancias no produzcan ningún efecto directo sobre la salud, los consumidores pueden considerar que el agua muy turbia, con mucho color, o que tiene un sabor u olor desagradable es insalubre y rechazarla. Igualmente, los consumidores pueden evitar consumir agua tratada por el sabor residual del método utilizado. Es por tanto sensato conocer las percepciones del consumidor y tenerlas en cuenta, a la hora de implementar de forma eficaz los sistemas de desinfección y abastecimiento de agua de consumo. Así mismo, los cambios en el aspecto, olor y sabor del agua de consumo de un sistema de abastecimiento pueden señalar cambios en la calidad del agua sin tratar o deficiencias en las operaciones de tratamiento y ser utilizadas como indicadores en el seguimiento de su calidad.

## **1.1. PERTINENCIA DEL PROYECTO**

Cuando faltan cuatro años para que finalice el plazo fijado para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y sólo unos meses para su revisión, aún queda mucho trabajo por realizar. En particular, la meta establecida en el Objetivo 7, relacionado con la sostenibilidad del medio ambiente, fija en el 2015 la reducción a la mitad del porcentaje de personas sin acceso sostenible a agua potable y a servicios básicos de saneamiento. Sin embargo, según Naciones Unidas, en el mundo hay más de 1.100 millones de personas (el 17% de la población mundial) que no tienen acceso a ella y otros 2.600 millones (el 58%) que carecen de saneamiento ambiental básico, con marcadas diferencias geográficas. Por este motivo el Plan Director de la Cooperación Española 2009-2012, considera el agua una de las prioridades sectoriales de la política para el desarrollo, vinculada además, con los sectores de educación y salud, desarrollo rural y lucha contra el hambre, género en desarrollo y sostenibilidad ambiental, lucha contra el cambio climático y hábitat. En línea con este Plan Director, el Plan Estratégico de Cooperación de Castilla-La Mancha Horizonte 2011, define como uno de los sectores de actuación preferente todo aquello que tenga relación con el acceso al agua potable y saneamiento básico.

África tiene la cifra más baja de cobertura total de abastecimiento de agua de todo el mundo; sólo el 62% de la población tiene acceso a un abastecimiento de agua mejorado y la situación es mucho peor en las zonas rurales, donde la cobertura es de apenas el 47%. Esa cifra se basa en estimaciones de países que representan al 96% de la población total del continente. Dentro del continente africano y en el mundo, Guinea Bissau, es uno de los países más pobres con un IDH (Índice de Desarrollo Humano de Naciones Unidas), para el año 2010 de 164 (de 169 países), por lo que está destacado como prioridad geográfica en el Plan Director de la Cooperación Española 2009-2012. Al sur de este país, se encuentran las regiones Quínara y Tombalí, poblaciones rurales donde no existe luz eléctrica y el acceso al agua es reducido y no de buena calidad. Los índices de analfabetismo son elevados, especialmente entre las mujeres. Existe una gran diversidad de etnias y por tanto también lingüística, sin embargo el criollo es la lengua que unifica el habla y es el idioma oficioso de todo el país. Se considera beneficiarios/as directos/as del presente proyecto a la totalidad de la población de las tabankas de Quínara y Tombalí.

La intervención realizada se suma a las que ACPD está realizando en el país desde el año 2006, bajo el objetivo general de “*Contribuir a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las Regiones de Quínara y Tombalí, en Guinea Bissau*”, para lo que se están ejecutando en la actualidad diversos proyectos relacionados principalmente con la sanidad pública y la educación.



**Foto 1.** Entrevista con los técnicos de la contraparte DIVUTEC.

## **1.2. SOBRE LA CONTRAPARTE TÉCNICA**

Asamblea de Cooperación por La Paz (ACPP <http://www.acpp.com/>) creada en 1990, se define como “una organización sin ánimo de lucro, laica, independiente y defensora

de los valores democráticos desde una opción de justicia social y económica” que trabaja con el objetivo de ”contribuir a la formación de una ciudadanía con sentido crítico, interés por lo que pasa en su entorno y compromiso en la construcción de un mundo más equitativo y solidario”. Esta ONGD opera a nivel nacional, con delegaciones en todas las comunidades autónomas, e internacional, con una importante presencia en África Occidental. En su delegación de Guinea-Bissau cuenta con cinco expatriados y cuatro técnicos locales que gestionan diversos proyectos desde 2006, principalmente en el ámbito de la salud y la educación. Las contrapartes locales con las que trabaja ACPP son DIVUTEC (Associação Guineense de Estudos e Divulgação de Tecnologias Apropriadas), ALTERNAG (Associação Guineense de Estudos e Alternativas) y EAPP (Estrutura de Apoio a Produção Popular), además del Ministerio de Salud Pública (tanto en el nivel central como a través de las direcciones regionales del sur del país). Entre los principales financiadores de los proyectos en el país gestionados por ACPP se encuentra la AECID, la Unión Europea, la Diputación Provincial de Albacete y el Ayuntamiento de Toledo.

## 2. OBJETIVOS

El **Objetivo Específico** del presente proyecto era analizar la calidad y salubridad de las aguas destinadas a consumo humano en las regiones de Quínara y Tombalí, localizadas al sur de Guinea-Bissau, de las que no se tenía ninguna información al respecto, para, en caso necesario, diseñar futuras intervenciones que garanticen la mejora de su calidad. El estudio se llevó a cabo en las tabankas (pueblos) donde desde 2006 y con apoyo de Asamblea de Cooperación Por la Paz (ACPP), se vienen construyendo pozos vinculados a diversas infraestructuras sanitarias y centros escolares con financiación de la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID), Comisión Europea, Fondo Mundial, y por la cooperación descentralizada española (Diputación Provincial de Albacete, Ayuntamientos castellano-manchegos, etc.). Los objetivos parciales del proyecto fueron los siguientes:

**Objetivo 1.** *Obtener analíticas completas sobre los parámetros físico-químicos, microbiológicos y parasitarios de las aguas para consumo humano de la Región de Quínara y Tombalí.* El resultado esperado a la finalización de este objetivo es la obtención de analíticas completas sobre los parámetros físico-químicos, microbiológicos y parasitológicos de las aguas para uso humano de la Región de Quínara y Tombalí (Resultado 1).

**Objetivo 2.** *Analizar la eficacia de distintos métodos de desinfección de las aguas destinadas a consumo humano en las Regiones de Quínara y Tombalí.* El resultado esperado a la finalización de este objetivo es la obtención de una valoración de la eficacia comparada entre la utilización de lejía comercial y el método SODIS, para la desinfección de las aguas de consumo humano (Resultado 2).

**Objetivo 3.** *Formular una propuesta de futuras recomendaciones para la mejora de la calidad y salubridad de las aguas destinadas a consumo humano en las Regiones de Quínara y Tombalí.* El resultado esperado a la finalización de este objetivo es la elaboración de una propuesta de futuras recomendaciones para la mejora de la calidad y salubridad de las aguas destinadas a consumo humano en las regiones de estudio (Resultado 3).

**Objetivo 4.** *Diseñar un protocolo de seguimiento de la calidad y salubridad de las aguas de las Regiones de Quínara y Tombalí.* El resultado esperado a la finalización de este objetivo es la elaboración de un protocolo de seguimiento de la calidad del agua de consumo en las regiones de estudio a partir de los resultados obtenidos (Resultado 4).

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Área de estudio (Objetivo 1 y 2)**

Guinea-Bissau limita al norte con Senegal, al sur y al este con Guinea y al oeste con el océano Atlántico, donde se hallan sus islas Bijagós. Durante la época colonial fue colonia portuguesa, formando parte de la denominada Guinea Portuguesa. Al independizarse, se agregó el nombre de su capital, Bissau, al nombre oficial del país para evitar confusiones entre ésta y la República de Guinea.

Guinea-Bissau ocupa una superficie de 36125 km<sup>2</sup>. La mayor parte del país es una llanura costera baja y pantanosa. El territorio se va elevando gradualmente hasta formar una zona con forma de meseta en el este. La altura máxima se encuentra hacia el sureste y alcanza los 310 m. Hay numerosos ríos meandriiformes que cruzan el país de oeste a este y forman amplios estuarios cerca de sus desembocaduras. Casi todos son navegables y sirven como importantes arterias para el transporte. El territorio del país se divide en dos ecorregiones: manglar en la costa y mosaico de selva y sabana en el interior.

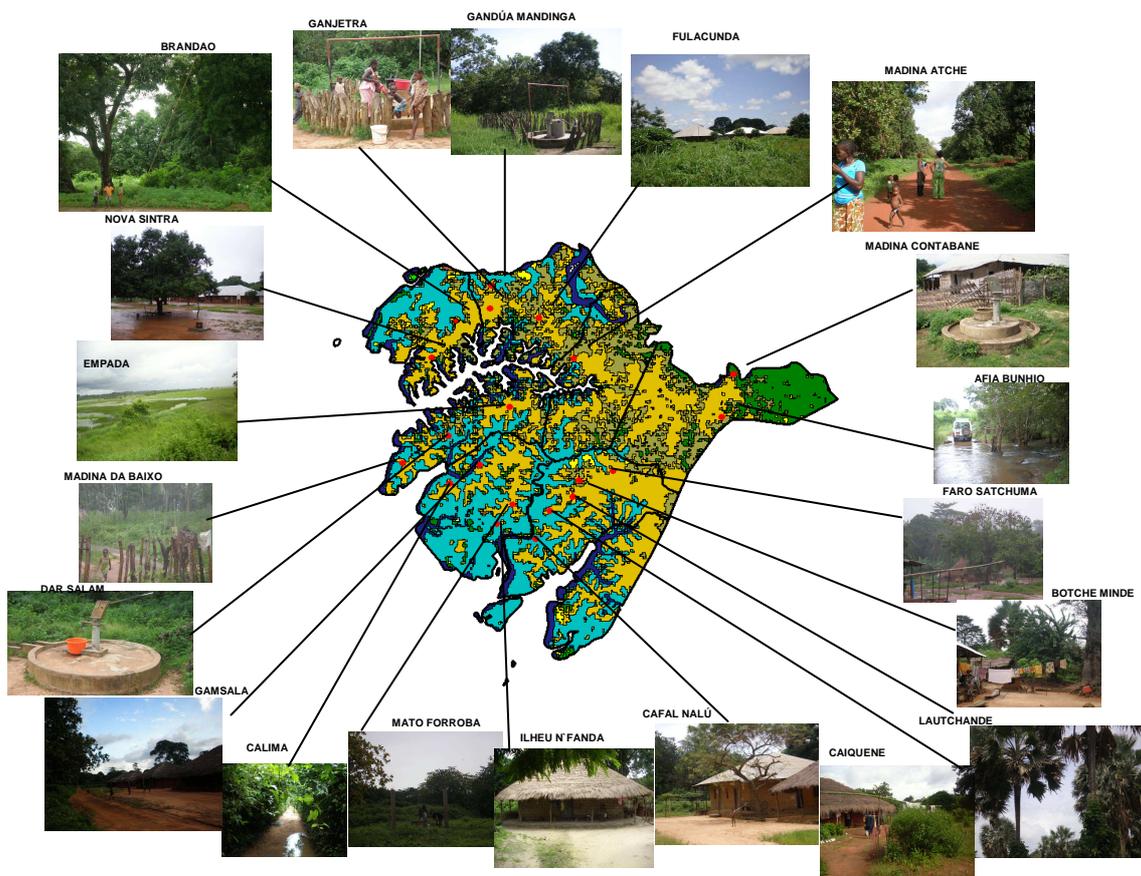
El clima es tropical, con una temperatura cuyo promedio anual es de 25 °C. La estación de las lluvias tiene lugar de junio a noviembre y el promedio de precipitaciones es de 2184 mm.

Guinea-Bissau está dividida en ocho regiones y un sector autónomo. Estos a su vez están subdivididos en treinta y siete sectores. Las regiones son: Bafatá, Biombo, Bissau (la capital), Bolama, Cacheu, Gabú, Oio, Quinara y Tombalí.

El presente estudio se desarrolló en veinte tabankas de las regiones de Quínara y Tombalí (Figura 3.1). En Quínara se realizó el estudio en nueve tabankas: Ganjetra, Novasintra, Brandao, Gandúa Mandinga, Fulacunda, Madina Atche, Empada, Madina da Baixo y Dar Salam. En Tombalí se seleccionaron once tabankas: Madina Contabane, Calima, Gamsala, Afia Bunhio, Botchi Minde, Ilheu N'Fanda, Mato Forroba, Fora Sadjuma, Caiquene, Kafal Nalú y Lautchande.

#### **3.2. Diseño del muestreo (Objetivo 1 y 2)**

La toma de datos se realizó en dos campañas de campo durante la época de lluvias de dos años consecutivos. La primera campaña comenzó el 13 de agosto y finalizó el 24 de septiembre de 2010. La segunda, comenzó el 12 de septiembre y terminó el 1 de octubre de 2011.



**Figura 3.1.** Mapa de la zona de estudio indicando la localización de las 20 tabankas.



**Foto 2.** Diseño del trabajo de campo de la primera campaña, en la oficina de ACPP en Bissau.

Como fase inicial en las dos campañas, se ajustaron los protocolos de análisis a las condiciones locales y se diseñó el protocolo de muestreo teniendo en cuenta la accesibilidad de las zonas (dado que el periodo de ejecución coincidió con la estación de lluvias y muchos de los caminos no eran transitables) y la representatividad de las muestras en cada una de las dos regiones.

Para la primera campaña se seleccionaron nueve tabankas en la región de Quínara y once en la región de Tombalí (Figura 3.1). En cada una de ellas, se recogieron tres tipos de muestra de agua procedente de:

- 1) pozos construidos por ACPP y asociados a una Unidad Básica de Salud (USB)
- 2) pozos tradicionales o con bomba de uso habitual por parte de la población local
- 3) agua almacenada en las casas procedente de pozo

Se realizaron 60 analíticas completas en las 20 tabankas seleccionadas. En cada tabanka se recogieron las tres muestras de agua citadas y cuatro muestras de agua procedente de las casas, para determinar la presencia y tipo de parásitos.



**Foto 3.** Obtención de un muestra de agua.

Para la segunda campaña, se seleccionaron 10 tabankas de entre las 20 muestreadas el año anterior, seis en Quínara (Brandao, Empada, Fulacunda, Ganjetra, Madina Hatche y Nova Sintra) y cuatro en Tombalí (Afia Bunhio, Botche Mende, Madina Contabane y Mato Forroba). En cada una de ellas se tomaron muestras para

analizar los parámetros microbiológicos y parasitarios, así como para evaluar los métodos de desinfección propuestos.

### 3.3. Análisis de aguas (Objetivo 1)

Los métodos utilizados debían garantizar unos resultados fiables y comparables, por ello los protocolos de análisis fueron los estándar para cada sustancia, con las modificaciones sugeridas por la Directiva 98/83/CE. Se obtuvo información sobre 33 parámetros físico-químicos relevantes definidos por la OMS: alcalinidad-m ( $\text{mg l}^{-1} \text{CaCO}_3$ ), alcalinidad-p ( $\text{mg l}^{-1} \text{Ca CO}_3$ ), aluminio ( $\text{mg l}^{-1} \text{Al}$ ), amonio ( $\text{mg l}^{-1} \text{NH}_4$ ), amoniaco ( $\text{mg l}^{-1} \text{NH}_3$ ), boro ( $\text{mg l}^{-1} \text{B}$ ), bromo ( $\text{mg l}^{-1} \text{Br}_2$ ), cianuro ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cn}$ ), cinc ( $\text{mg l}^{-1} \text{Zn}$ ), cloro libre ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cl}_2$ ), cloro ligado ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cl}_2$ ), cloro total ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cl}_2$ ), cloruro ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cl}^-$ ), cobre libre ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cu}$ ), cobre ligado ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cu}$ ), cobre total ( $\text{mg l}^{-1} \text{Cu}$ ), dureza ( $\text{mg l}^{-1} \text{CaCO}_3$ ), fluoruro  $\text{mg l}^{-1}$  ( $\text{mg l}^{-1} \text{F}$ ), fosfato ( $\text{mg l}^{-1} \text{PO}_4$ ), fósforo ( $\text{mg l}^{-1} \text{P}$ ), hierro ( $\text{mg l}^{-1} \text{Fe}$ ), manganeso ( $\text{mg l}^{-1} \text{Mn}$ ), molibdato ( $\text{mg l}^{-1} \text{MoO}_4$ ), molibdeno ( $\text{mg l}^{-1} \text{Mo}$ ), nitrito ( $\text{mg l}^{-1} \text{NO}_2$ ), potasio ( $\text{mg l}^{-1} \text{K}$ ), sulfato ( $\text{mg l}^{-1} \text{SO}_4$ ), sulfuro ( $\text{mg l}^{-1} \text{S}$ ), sólidos disueltos totales (TDS,  $\text{mg l}^{-1}$ ), pH, conductividad ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) y temperatura ( $^\circ\text{C}$ ). La temperatura, conductividad, pH y TDS se midieron *in situ* con equipos portátiles. El resto de parámetros se analizó con un espectrofotómetro portátil Lovibond.

Las diferencias en las concentraciones de cada parámetro entre los tipos de muestra analizados, se realizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA). Con el objetivo de ver si existían tendencias claras en la composición físico-química de las aguas dentro del área de estudio, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Este análisis permite reducir las variables a un número menor de factores que retienen la mayor parte de la varianza de la matriz original y es especialmente apropiado cuando existen altas correlaciones entre las variables analizadas, como ocurre en nuestro estudio. De esta manera, se obtuvieron nuevas variables que eran una combinación lineal de las originales e independientes entre sí. Posteriormente, estas nuevas variables se relacionaron con algunas variables descriptivas de las características de los pozos, que pudieran estar relacionadas con los resultados observados. Estas variables fueron la profundidad de los pozos, la presencia de letrinas en las tabankas y su distancia a los pozos analizados, la existencia de revestimientos y bombas de los pozos, así como el nivel freático. La comparación posterior de los factores de correlación entre tipos de muestras se llevó a cabo mediante análisis de la varianza (ANOVA).

Los requisitos de normalidad de las distribuciones y de homogeneidad de las varianzas se verificaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. El nivel de significación para todas las pruebas estadísticas se estableció en  $\alpha = 0.05$ . Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa estadístico STATISTICA 6.1.



**Foto 4.** Estima de la profundidad de un pozo asociado a una USB.

Con respecto a los parámetros microbiológicos, y también siguiendo las recomendaciones de la OMS, se valoró la presencia de enterococos y estreptococos fecales, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Clostridium perfringens*, *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp., *Plesiomonas* spp., cianobacterias y bacterias fototrofas. Para ello se emplearon los kits P/A de MICROKIT (<http://www.laboratoriosmicrokit.com>), que han sido validados en España comparando durante años los datos de decenas de laboratorios mediante análisis clásico por filtración de membrana y los resultados obtenidos mediante esta técnica. Es un método sencillo y rápido de manejar, ahorrando el uso de aparatos de filtración y permitiendo el análisis microbiológico del agua en el campo sin necesidad de laboratorio. Para cada análisis se emplearon 100 ml del agua de muestra. Los kits se incubaron en la oscuridad a temperatura ambiente durante 24-72 h. Las concentraciones relativas de cada parámetro microbiológico se estimaron según tres categorías (baja, media y alta) según la intensidad del color. Para la segunda campaña, se valoró la presencia de *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Clostridium perfringens*, *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp., *Plesiomonas* spp.

Se realizaron recuentos duplicados de colonias de coliformes en las 60 muestras de agua (120 placas en total) de la primera campaña y en las 10 muestras (20 placas en total), de la segunda. En cada caso se añadió con una pipeta estéril 1 ml del agua de muestra en el centro de una placa Compact-Dry-Plate, dejando embeber el medio deshidratado y cerrando la placa posteriormente. Las placas se incubaron a temperatura ambiente (aproximadamente 35-37 °C) y se contaron todas las colonias aparecidas a las 24, 48 y 72 horas después de la siembra. Si en alguna revisión el recuento superaba las 500 colonias se daba por finalizado, consignándolo como

“>500”. Posteriormente en España se sembrarán de nuevo en medios específicos para afinar la identificación microbiológica.



**Foto 5.** Análisis microbiológico. Viraje y categorías de color para *V. cholerae* (arriba) y *E. coli* (abajo).

Durante la segunda campaña, aquellas muestras que dieron positivo en el kits P/A de MICROKIT para *Vibrio cholerae* se sembraron en medios específicos TCBS VIBRIO AGAR con un doble objetivo, por un lado se pretendió realizar una estima de abundancia a través del recuento de colonias y por otro, confirmar que la bacteria encontrada es *V. cholerae* y no otras especies del género *Vibrio* presentes en la zona, como *V. mimicus* o *V. parahaemolyticus*. El medio de siembra es de color verde y la identificación de las colonias es colorimétrica: las formadas por *V. cholerae* son de pequeño tamaño y crecen teñidas de amarillo, al tiempo que viran el medio a amarillo por fermentación de la sacarosa que contiene; el crecimiento de *V. mimicus* origina colonias de gran tamaño anaranjadas y tiñe el medio de amarillo y *V. parahaemolyticus* mantiene el medio verde y crece en colonias azulverdosas.

Por último se está tratando de determinar la presencia y tipo de parásitos presentes en las aguas. Durante la primera campaña se trajeron dos réplicas de cada muestra de agua, una sin añadirle ningún producto fijador o conservador y otra fijada con formalina al 1%. Todas ellas se analizaron en el Servicio de Microbiología del Hospital Carlos III de Madrid, a partir de colecciones de comparación, atlas,

bibliografía específica y contando con especialistas en microbiología y parasitología. Las muestras que tuvieron cantidad suficiente de sedimento se cultivaron en medio SS (agar selectivo para *Salmonella* spp. y *Shigella* spp.) y TCBS (agar selectivo para *Vibrio* spp.). Para identificar otros protozoos y helmintos en las muestras se realizó un análisis microscópico. Dado que el método de obtención de las muestras no arrojó resultados adecuados, en la segunda campaña se cambió el protocolo. De cada localidad de estudio se dejaron decantar tres litros de agua durante 48 horas, transcurridos los cuales se recogía medio litro de sedimento. Este sedimento se separó en dos réplicas una sin fijar y otra fijada con sulfato férrico al 10%. También se recogieron muestras de suelo con el fin de poder definir la presencia de estructuras parasitarias, básicamente helmintianas (huevos y larvas). Las muestras están siendo analizadas por el mismo equipo del Hospital Carlos III de Madrid y por especialistas de la Universidad de Valencia.

Finalmente, se evaluó si las muestras de agua analizadas cumplían los requisitos básicos de calidad y salubridad según recomienda la OMS y la Directiva 98/83/CE.



**Foto 6.** Recogida de muestras de agua para el análisis parasitológico.

### 3.4. Análisis de la eficacia de la lejía y el método SODIS para la desinfección de aguas (Objetivo 2)

Este objetivo se abordó exclusivamente durante la segunda campaña. Para ello, en cada una de las 10 tabankas seleccionadas, se analizó la calidad microbiológica de las muestras y su carga de parásitos antes y después de la aplicación de los dos tratamientos seleccionados. De este modo y siguiendo las recomendaciones de la OMS, se valorará la presencia de *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Aeromonas* spp., y *Pseudomonas* spp., *Plesiomonas* spp y *Vibrio cholerae* y se recogieron dos réplicas de agua sedimentada durante 48 horas, una sin fijar y otra fijada con sulfato férrico al 10%.

Para valorar la eficacia de la desinfección con lejía se utilizó el método estándar, consistente en verter 3 gotas de lejía comercial al 4,5% por cada litro de agua y esperar un mínimo de 30 minutos antes de beberla. Los análisis de eficacia se hicieron transcurridas 12 horas después de la adición de la lejía.



**Foto 7.** Poster divulgativo del método de desinfección utilizando la lejía, expuesto al público en la entrada de una USB.

Para valorar la eficacia del método SODIS, se siguieron las indicaciones del Instituto Federal Suizo de Ciencias y Tecnologías del Agua (Eawag, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch), <http://www.sodis.ch/index>). El método consiste en utilizar de forma combinada la radiación ultravioleta y el calor proveniente del sol. Para ello deben llenarse botellas de PET o vidrio transparente con el agua que se quiera desinfectar y exponerlas al sol, durante al menos 6 horas. Cuando la nubosidad es mayor al 50%, es necesario exponer las botellas durante dos días consecutivos. Es posible mejorar la eficacia del tratamiento

si las botellas se exponen a la luz solar mediante superficies reflectoras como calaminas de aluminio o hierro corrugado.

Si el agua resultante estuviera dentro de los parámetros de potabilidad, se pensaba realizar una encuesta para valorar el grado de aceptación y sostenibilidad de cada método, basada en los costes asociados a la implementación del método, el trabajo requerido y la valoración de las preferencias organolépticas de las poblaciones locales.



**Foto 8.** Etiqueta de una botella de agua mineral fabricada en PET.

Estaba previsto complementar esta valoración con una visita breve a Senegal, para asistir a un encuentro organizado por Eawag y su contraparte local, Eau-Vie-Environnement (EVE), con los representantes de otros países africanos donde se está incorporando exitosamente el método SODIS (<http://www.sodisafricanet.org/>, <http://www.sodisea.org/>). Sin embargo, el evento ha sido temporalmente aplazado y no fue posible contactar con los técnicos locales para hacer la visita durante la segunda campaña de este estudio.

### **3.5. Propuesta de recomendaciones y protocolo de seguimiento (Objetivos 3 y 4)**

La información obtenida en el Objetivo 1 ya ha sido utilizada como parte de la identificación de nuevas formulaciones de proyectos. Además, se está elaborando una propuesta de recomendaciones para la mejora de la calidad y salubridad de las aguas destinadas a consumo humano en las regiones de estudio, para la que es

imprescindible incorporar la totalidad de los resultados de la segunda campaña. Cuando toda la información esté disponible, podrá diseñarse un protocolo de seguimiento que con su aplicación garantice el control regular de la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, con objeto de comprobar si éstas cumplen los requisitos básicos de calidad y salubridad.



**Foto 9.** Recogida y clasificación de muestras de suelo para análisis de parásitos.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

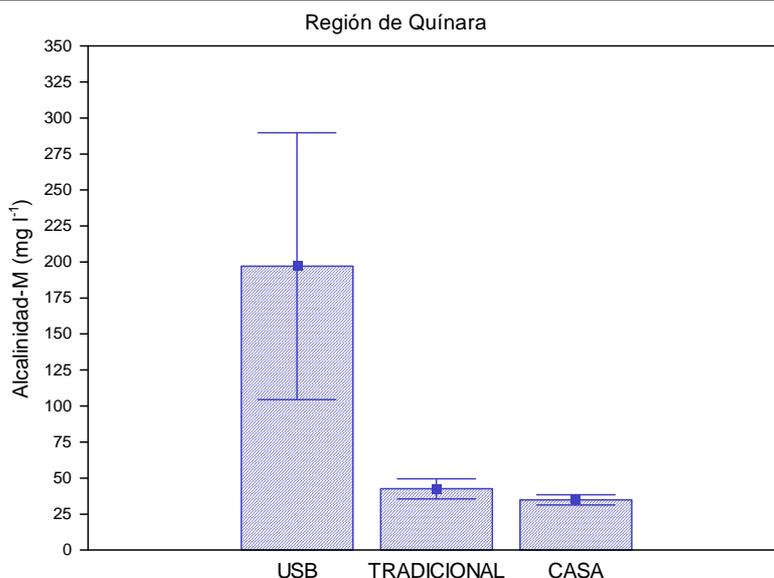
En la primera campaña del presente estudio se obtuvieron 60 analíticas completas de 33 parámetros físico-químicos y seis indicadores microbiológicos de las aguas para consumo humano en 20 tabankas de las regiones de Quínara (9) y Tombalí (11). En la segunda, un análisis de dos métodos de desinfección de aguas comúnmente utilizados, la confirmación sistemática de la presencia de *Vibrio cholerae* en la zona de estudio y muestras para mejorar el inventario parasitológico comenzado el año anterior.

Los análisis realizados han proporcionando información básica sobre las características del agua de consumo, el nivel de diferentes fuentes de contaminación y las propiedades organolépticas. El análisis parasitológico de la primera campaña se ha realizado en el Servicio de Microbiología del Hospital Carlos III de Madrid, contando con especialistas en microbiología y parasitología. El de la segunda campaña está en proceso, contando además con especialistas de la Universidad de Valencia.

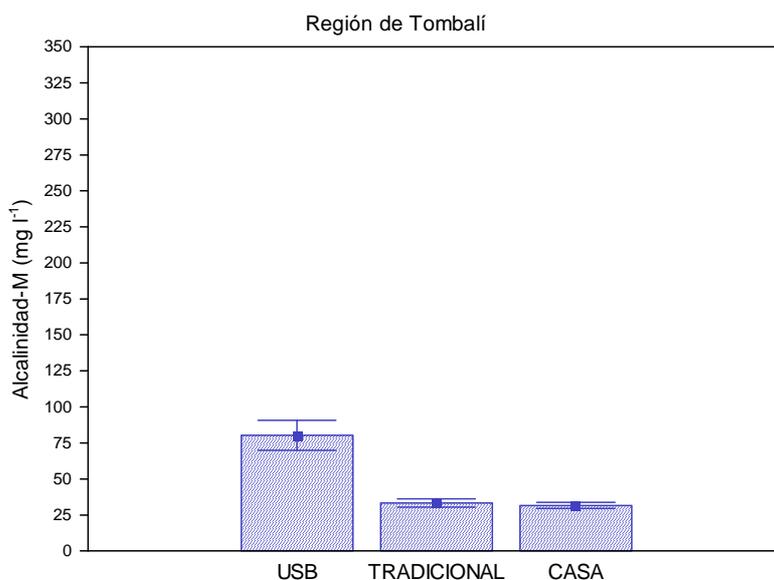
### 4.1. Parámetros físico-químicos (Resultado 1)

Para 25 de los 33 parámetros físico-químicos analizados, la OMS y la Directiva 98/83/CE establecen valores de referencia correspondientes a sustancias químicas cuya presencia en el agua de consumo puede afectar a la salud. Entre 2 y 15% de las muestras analizadas mostraron concentraciones superiores a los valores de referencia. Cabe destacar que muchas muestras alcanzaron concentraciones cercanas al valor de referencia, por tanto es muy probable que en condiciones de menor caudal, en época seca, superen los niveles considerados como críticos por afectar a la salud humana o a la aceptación del agua de consumo. Por ello, convendría realizar una analítica completa similar en la época del año donde aparezcan los niveles de caudal menores. En el caso del pH, uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, el 95% de las muestras alcanzó valores por debajo del rango considerado como óptimo para aguas de consumo. Es llamativo también el resultado del análisis del hierro, puesto que las concentraciones del 70% de las muestras superaron el valor de referencia. El hierro está presente de manera natural en las aguas subterráneas, pero su presencia también puede deberse a la corrosión de los sistemas de distribución del agua. En cualquier caso, el exceso de hierro afecta a la potabilidad del agua. Cabe destacar que de manera general las concentraciones mayores de los parámetros analizados aparecieron en las muestras procedentes de pozos asociados a una USB. Es también interesante subrayar los valores altos que alcanzaron en estos pozos los parámetros relacionados con la concentración de sales en el agua (potasio, dureza, alcalinidad, sólidos disueltos totales, conductividad), en relación a los pozos tradicionales y las muestras de las casas. Esto puede influir en la palatabilidad del agua de consumo y su aceptación por el consumidor.

<b>PARÁMETRO: Alcalinidad</b>
Parámetro organoléptico.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: no tiene, Directiva 98/83/CE: no tiene
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> la alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en solución y, en menor grado, por los boratos, fosfatos y silicatos, que puedan estar presentes en la muestra. Las aguas subterráneas relativamente antiguas que discurren por estratos arenosos constituyen una buena excepción, en donde la alcalinidad también se halla relacionada con los silicatos disueltos. La alcalinidad suele tener su origen en el sistema carbonato, debido a que el bióxido de carbono y los bicarbonatos forman parte del metabolismo de los organismos vivos, aeróbicos o anaeróbicos, donde quiera que haya agua, materia orgánica y unas condiciones mínimas de supervivencia.</p> <p>La corrosión interna de tuberías y accesorios puede repercutir directamente en la concentración de algunos componentes del agua por disolución parcial de los materiales que componen los sistemas de tratamiento y distribución, depósitos, tuberías, válvulas y bombas, como el plomo y el cobre. El control de la corrosión conlleva el seguimiento de muchos parámetros, como las concentraciones de calcio, bicarbonato, carbonato y oxígeno disuelto, así como del pH, ya que sus concentraciones afectan a la velocidad de corrosión de algunos metales.</p>
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> influye en la palatabilidad del agua y en su aceptación para consumo de las poblaciones locales.
<p><b>RESULTADOS:</b></p> <p><u>Alcalinidad-M:</u> las concentraciones de alcalinidad-M oscilaron entre 19 y 840 mg l<sup>-1</sup>. Las concentraciones medias en los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara mostraron diferencias significativas, siendo los valores de las muestras de pozos asociados a las USB superiores al resto (ANOVA, <math>F_{2,24} = 2.91</math>, <math>p &lt; 0.05</math>), con valores que oscilaron entre 34 y 840 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.1, Tabla 4.1). En la región de Tombalí las concentraciones de las muestras de agua procedentes de pozos asociados a una USB también fueron significativamente superiores al resto de muestras (ANOVA, <math>F_{2,30} = 18.99</math>, <math>p &lt; 0.001</math>), aunque los valores medios fueron menores que en Quínara, oscilando entre 32 y 80 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.2, Tabla 4.2).</p>

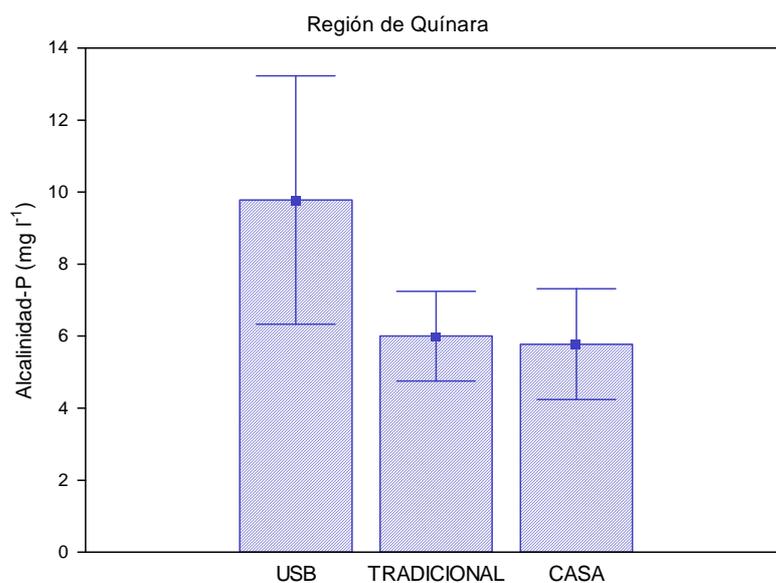


**Figura 4.1.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de alcalinidad-M en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.

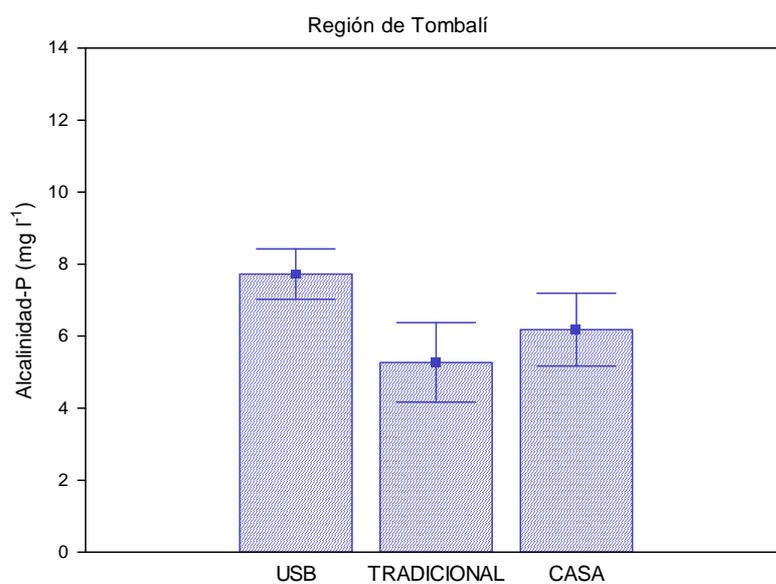


**Figura 4.2.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de alcalinidad-M en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

**Alcalinidad-P:** un 20% de las muestras mostraron valores muy bajos inferiores a 5 mg l<sup>-1</sup>. En el resto las concentraciones oscilaron entre 5 y 35 mg l<sup>-1</sup>. Las diferencias en las concentraciones medias de alcalinidad-P entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.3, Tabla 4.1). En la región de Tombalí los niveles fueron similares entre los tipos de muestras, alcanzando valores medios comprendidos entre 5 y 8 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.4, Tabla 4.2).



**Figura 4.3.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de alcalinidad-P en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.4.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de alcalinidad-P en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

**Tabla 4.1.** Concentración de Alcalinidad-M y Alcalinidad-P en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

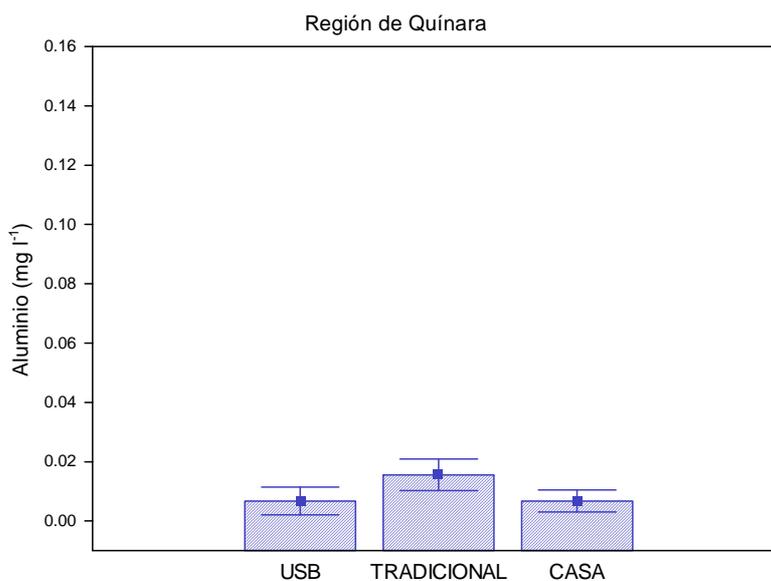
<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>ALCALINIDAD-M (CaCO<sub>3</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>ALCALINIDAD-P (CaCO<sub>3</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	26.00	11.00
Brandao	Tradicional	35.00	9.00
Brandao	USB	470.00	35.00
Dar Salam	Casa	33.00	<5
Dar Salam	Tradicional	43.00	<5
Dar Salam	USB	48.00	<5
Empada	Casa	21.00	7.00
Empada	Tradicional	21.00	5.00
Empada	USB	840.00	12.00
Fulacunda	Casa	26.00	7.00
Fulacunda	Tradicional	53.00	8.00
Fulacunda	USB	39.00	7.00
Gandúa Mandinga	Casa	29.00	<5
Gandúa Mandinga	Tradicional	31.00	6.00
Gandúa Mandinga	USB	107.00	10.00
Ganjetra	Casa	48.00	7.00
Ganjetra	Tradicional	90.00	<5
Ganjetra	USB	44.00	<5
Madina Atche	Casa	47.00	9.00
Madina Atche	Tradicional	26.00	9.00
Madina Atche	USB	34.00	7.00
Madina da Baixo	Casa	37.00	<5
Madina da Baixo	Tradicional	54.00	7.00
Madina da Baixo	USB	142.00	10.00
Novasintra	Casa	47.00	11.00
Novasintra	Tradicional	30.00	10.00
Novasintra	USB	50.00	7.00

**Tabla 4.2.** Concentración de Alcalinidad-M y Alcalinidad-P en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

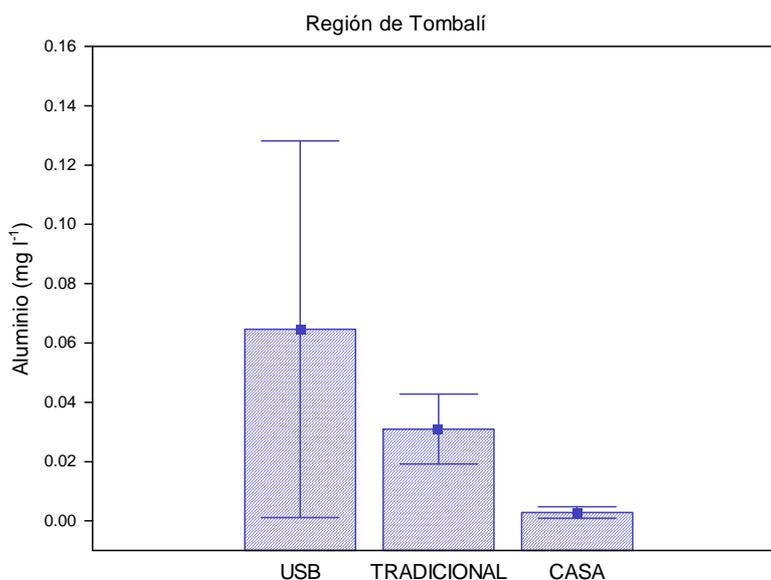
<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>ALCALINIDAD M (CaCO<sub>3</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>ALCALINIDAD P (CaCO<sub>3</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	35.00	6.00
Afia Bunhio	Tradicional	25.00	<5
Afia Bunhio	USB	129.00	6.00
Botchi Minde	Casa	44.00	8.00
Botchi Minde	Tradicional	50.00	6.00
Botchi Minde	USB	89.00	8.00
Cafal Nalu	Casa	19.00	8.00
Cafal Nalu	Tradicional	34.00	10.00
Cafal Nalu	USB	92.00	9.00
Caiquene	Casa	36.00	8.00
Caiquene	Tradicional	42.00	<5
Caiquene	USB	64.00	6.00
Calima	Casa	32.00	<5
Calima	Tradicional	36.00	9.00
Calima	USB	38.00	6.00
Fora Sadjuma	Casa	33.00	<5
Fora Sadjuma	Tradicional	31.00	5.00
Fora Sadjuma	USB	85.00	6.00
Gamsala	Casa	30.00	5.00
Gamsala	Tradicional	27.00	7.00
Gamsala	USB	23.00	6.00
Ilheu N`Fanda	Casa	36.00	10.00
Ilheu N`Fanda	Tradicional	42.00	8.00
Ilheu N`Fanda	USB	63.00	13.00
Lautchande	Casa	24.00	7.00
Lautchande	Tradicional	38.00	6.00
Lautchande	USB	111.00	6.00
Madina Contabane	Casa	25.00	9.00
Madina Contabane	Tradicional	20.00	<5
Madina Contabane	USB	129.00	10.00
Mato Forroba	Casa	34.00	7.00
Mato Forroba	Tradicional	21.00	7.00
Mato Forroba	USB	61.00	9.00

<b>PARÁMETRO: Aluminio</b>
Parámetro relacionado con la distribución del agua (tratamientos y tuberías, problemas organolépticos)
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: no tiene, Directiva 98/83/CE: < 0.2 mg l <sup>-1</sup>
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> el aluminio es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua, para reducir el color, la turbidez y el contenido de materia orgánica y de microorganismos.
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> la principal vía de exposición al aluminio de la población general es el consumo de alimentos, sobre todo de los que contienen compuestos de aluminio utilizados como aditivos alimentarios. Al parecer, el ser humano absorbe mal el aluminio y sus compuestos, aunque la tasa y grado de absorción no se han estudiado adecuadamente para todos los sectores de la población. El grado de absorción del aluminio es función de varios parámetros, como el tipo de sal de aluminio administrada, el pH (que influye en la especiación y solubilidad del aluminio), la biodisponibilidad y factores nutricionales.</p> <p>Hay escasos indicios de que la ingestión de aluminio por vía oral produzca toxicidad aguda en el ser humano, a pesar de la frecuente presencia del elemento en alimentos, agua de consumo y numerosos antiácidos. Se ha sugerido la hipótesis de que la exposición al aluminio es un factor de riesgo para el desarrollo o aparición temprana de la enfermedad de Alzheimer en el ser humano. La monografía de la OMS de 1997 sobre el aluminio de la serie Criterios de Salud Ambiental (CSA) concluye que la correlación positiva entre el aluminio del agua de consumo y la enfermedad de Alzheimer, detectada en varios estudios epidemiológicos, no se puede descartar totalmente. No obstante, es preciso plantear reservas importantes respecto de la inferencia de una relación causal, dado que estos estudios no han tenido en cuenta factores de confusión demostrados ni la ingesta total de aluminio de todas las fuentes. En su conjunto, los riesgos relativos de enfermedad de Alzheimer por exposición a concentraciones de aluminio en el agua de consumo mayores que 100 mg l<sup>-1</sup>, según determinan estos estudios, son bajos.</p> <p>La presencia de aluminio en concentraciones mayores que 0,1–0,2 mg l<sup>-1</sup> suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del flóculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro. Por lo tanto, es importante optimizar los procesos de tratamiento con el fin de reducir al mínimo la presencia de residuos de aluminio en el sistema de abastecimiento.</p>

**RESULTADOS:** el 67% de las muestras presentaron valores muy bajos inferiores a  $0.01 \text{ mg l}^{-1}$ . Del resto, solamente una de ellas alcanzó una concentración superior al valor de referencia. Los valores fluctuaron entre  $0.01$  y  $0.7 \text{ mg l}^{-1}$ . En la región de Quínara se alcanzaron valores medios muy bajos, que no presentaron diferencias entre los tres tipos de muestras analizadas (Figura 4.5, Tabla 4.3). En cambio, en la región de Tombalí los valores medios fueron algo superiores en las muestras procedentes de pozos asociados a las USB, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura 4.6, Tabla 4.4).



**Figura 4.5.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de aluminio en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.6.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de aluminio en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.

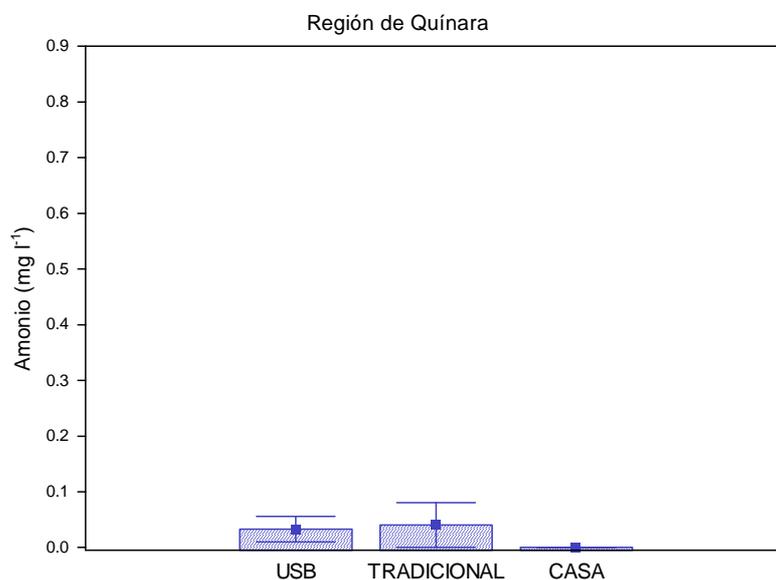
**Tabla 4.3.** Concentración de Aluminio en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>ALUMINIO (Al, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.01
Brandao	Tradicional	0.0400
Brandao	USB	0.0400
Dar Salam	Casa	<0.01
Dar Salam	Tradicional	<0.01
Dar Salam	USB	<0.01
Empada	Casa	<0.01
Empada	Tradicional	<0.01
Empada	USB	<0.01
Fulacunda	Casa	0.0300
Fulacunda	Tradicional	0.0200
Fulacunda	USB	<0.01
Gandúa Mandinga	Casa	0.0200
Gandúa Mandinga	Tradicional	0.0300
Gandúa Mandinga	USB	<0.01
Ganjetra	Casa	<0.01
Ganjetra	Tradicional	<0.01
Ganjetra	USB	<0.01
Madina Atche	Casa	0.0100
Madina Atche	Tradicional	0.0200
Madina Atche	USB	<0.01
Madina da Baixo	Casa	<0.01
Madina da Baixo	Tradicional	<0.01
Madina da Baixo	USB	<0.01
Novasintra	Casa	<0.01
Novasintra	Tradicional	0.0300
Novasintra	USB	0.0200

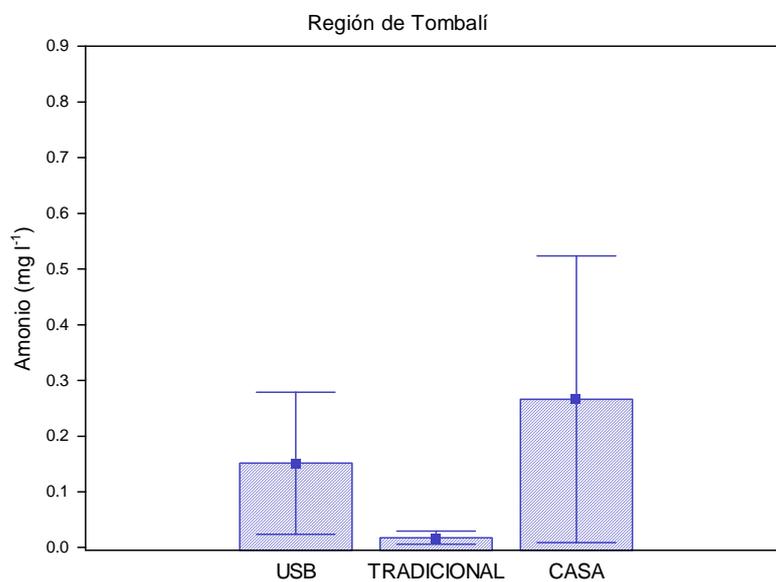
**Tabla 4.4.** Concentración de Aluminio en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

REGIÓN DE TOMBALÍ		
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	ALUMINIO (Al, mg l <sup>-1</sup> )
Afia Bunhio	Casa	<0.01
Afia Bunhio	Tradicional	0.1000
Afia Bunhio	USB	<0.01
Botchi Minde	Casa	<0.01
Botchi Minde	Tradicional	<0.01
Botchi Minde	USB	<0.01
Cafal Nalu	Casa	<0.01
Cafal Nalu	Tradicional	<0.01
Cafal Nalu	USB	<0.01
Caiquene	Casa	<0.01
Caiquene	Tradicional	<0.01
Caiquene	USB	<0.01
Calima	Casa	<0.01
Calima	Tradicional	<0.01
Calima	USB	<0.01
Fora Sadjuma	Casa	0.0200
Fora Sadjuma	Tradicional	0.0200
Fora Sadjuma	USB	0.0100
Gamsala	Casa	<0.01
Gamsala	Tradicional	0.0100
Gamsala	USB	0.7000
Ilheu N' Fanda	Casa	0.0100
Ilheu N' Fanda	Tradicional	0.0500
Ilheu N' Fanda	USB	<0.01
Lautchande	Casa	<0.01
Lautchande	Tradicional	0.0800
Lautchande	USB	<0.01
Madina Contabane	Casa	<0.01
Madina Contabane	Tradicional	0.0800
Madina Contabane	USB	<0.01
Mato Forroba	Casa	<0.01
Mato Forroba	Tradicional	<0.01
Mato Forroba	USB	<0.01

<b>PARÁMETRO: Amoniaco y Amonio</b>
Parámetros relacionados con residuos animales y aguas residuales (compuestos nitrogenados)
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: puede ocasionar problemas de sabor y olor a concentraciones mayores que 35 y 1.5 mg l <sup>-1</sup> , respectivamente. Directiva 98/83/CE: 0.5 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el amoniaco es uno de los principales productos del metabolismo de los mamíferos, por lo que la presencia de este producto en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales. Es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales, así como de la desinfección con cloramina. También pueden producir contaminación con amoniaco los revestimientos de tuberías con mortero de cemento.</p> <p>Las concentraciones naturales en aguas subterráneas y superficiales suelen ser menores que 0.2 mg l<sup>-1</sup>, pero las aguas subterráneas anaerobias pueden contener hasta 3 mg l<sup>-1</sup> y la ganadería intensiva puede generar concentraciones mucho mayores en aguas superficiales.</p> <p>La presencia de amoniaco puede reducir la eficiencia de la desinfección, ocasionar la formación de nitrito en sistemas de distribución, obstaculizar la eliminación de manganeso mediante filtración y producir problemas organolépticos.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> la presencia de amoniaco en el agua de consumo no tiene repercusiones inmediatas sobre la salud y sólo se observan efectos toxicológicos a exposiciones superiores a 200 mg kg<sup>-1</sup> del peso corporal.</p> <p>La concentración correspondiente al umbral olfativo del amoniaco a pH alcalino es de aproximadamente 1.5 mg l<sup>-1</sup> y se ha sugerido un umbral gustativo de 35 mg l<sup>-1</sup> para el catión amonio. Estas concentraciones de amoniaco no tienen repercusión directa sobre la salud.</p>
<p><b>RESULTADOS:</b> el 83% de las muestras alcanzaron valores muy bajos inferiores a 0.02 mg l<sup>-1</sup>. El resto presentó concentraciones entre 0.09 y 2.84 mg l<sup>-1</sup>. El 5% de las muestras mostró valores por encima del valor de referencia. Las concentraciones medias en la región de Quínara fueron muy bajas (Figura 4.7, Tabla 4.5). En cambio, en la región de Tombalí los valores aumentaron en las muestras de los pozos asociados a las USB y las casas, con promedios de 0.15 y 0.27 mg l<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 4.8, Tabla 4.6).</p>



**Figura 4.7.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de amonio en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.8.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de amonio en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

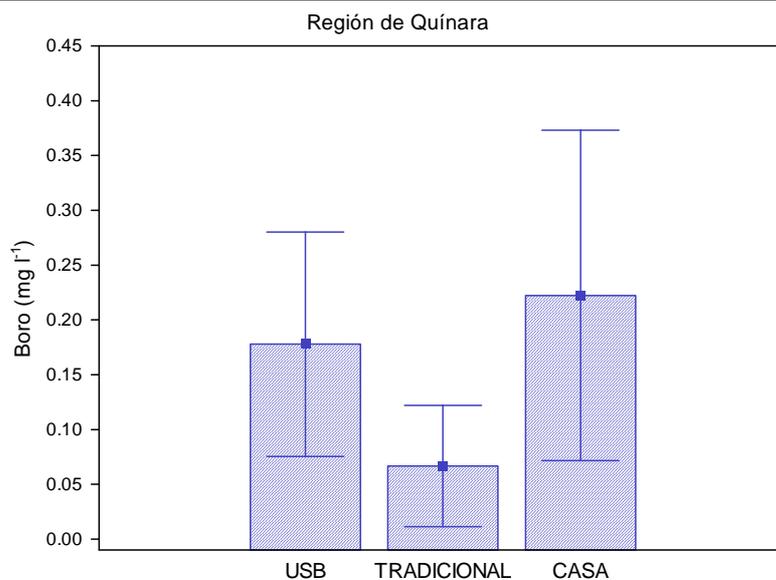
**Tabla 4.5.** Concentración de Amonio y Amoniaco en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>AMONIO (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>AMONIACO (NH<sub>3</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.02	<0.02
Brandao	Tradicional	<0.02	<0.02
Brandao	USB	<0.02	<0.02
Dar Salam	Casa	<0.02	<0.02
Dar Salam	Tradicional	<0.02	<0.02
Dar Salam	USB	<0.02	<0.02
Empada	Casa	<0.02	<0.02
Empada	Tradicional	<0.02	<0.02
Empada	USB	0.1935	0.1830
Fulacunda	Casa	<0.02	<0.02
Fulacunda	Tradicional	<0.02	<0.02
Fulacunda	USB	<0.02	<0.02
Gandúa Mandinga	Casa	<0.02	<0.02
Gandúa Mandinga	Tradicional	<0.02	<0.02
Gandúa Mandinga	USB	<0.02	<0.02
Ganjetra	Casa	<0.02	<0.02
Ganjetra	Tradicional	0.3612	0.3416
Ganjetra	USB	<0.02	<0.02
Madina Atche	Casa	<0.02	<0.02
Madina Atche	Tradicional	<0.02	<0.02
Madina Atche	USB	<0.02	<0.02
Madina da Baixo	Casa	<0.02	<0.02
Madina da Baixo	Tradicional	<0.02	<0.02
Madina da Baixo	USB	<0.02	<0.02
Novasintra	Casa	<0.02	<0.02
Novasintra	Tradicional	<0.02	<0.02
Novasintra	USB	0.1032	0.0976

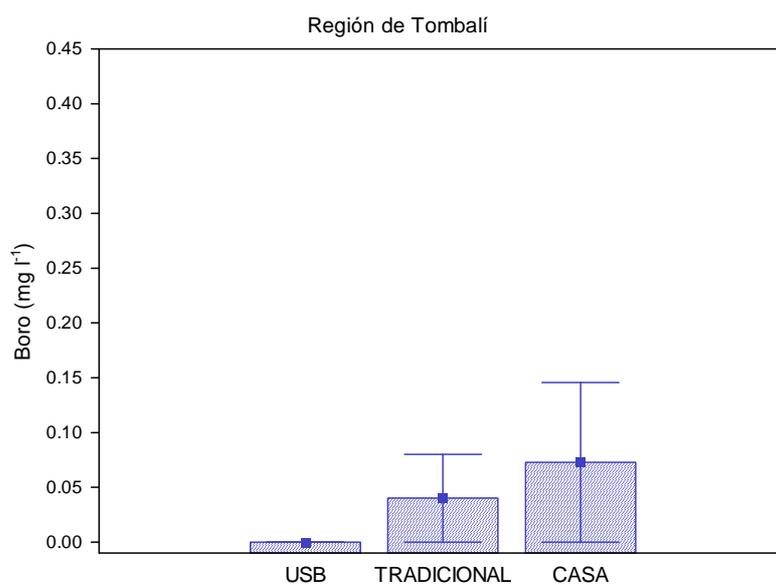
**Tabla 4.6.** Concentración de Amonio y Amoniaco en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>AMONIO (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>AMONIACO (NH<sub>3</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	<0.02	<0.02
Afia Bunhio	Tradicional	<0.02	<0.02
Afia Bunhio	USB	<0.02	<0.02
Botchi Minde	Casa	2.838	2.684
Botchi Minde	Tradicional	<0.02	<0.02
Botchi Minde	USB	<0.02	<0.02
Cafal Nalu	Casa	<0.02	<0.02
Cafal Nalu	Tradicional	0.1032	0.0976
Cafal Nalu	USB	0.1419	0.1342
Caiquene	Casa	0.0903	0.0854
Caiquene	Tradicional	0.0903	0.0854
Caiquene	USB	0.1032	0.0976
Calima	Casa	<0.02	<0.02
Calima	Tradicional	<0.02	<0.02
Calima	USB	<0.02	<0.02
Fora Sadjuma	Casa	<0.02	<0.02
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.02	<0.02
Fora Sadjuma	USB	<0.02	<0.02
Gamsala	Casa	<0.02	<0.02
Gamsala	Tradicional	<0.02	<0.02
Gamsala	USB	<0.02	<0.02
Ilheu N`Fanda	Casa	<0.02	<0.02
Ilheu N`Fanda	Tradicional	<0.02	<0.02
Ilheu N`Fanda	USB	1.419	1.342
Lautchande	Casa	<0.02	<0.02
Lautchande	Tradicional	<0.02	<0.02
Lautchande	USB	<0.02	<0.02
Madina Contabane	Casa	<0.02	<0.02
Madina Contabane	Tradicional	<0.02	<0.02
Madina Contabane	USB	<0.02	<0.02
Mato Forroba	Casa	<0.02	<0.02
Mato Forroba	Tradicional	<0.02	<0.02
Mato Forroba	USB	<0.02	<0.02

<b>PARÁMETRO: Boro</b>
Parámetro relacionado con jabones o detergentes y aguas residuales
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 0.05 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 1 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> la mayor exposición al boro de la población general es mediante el consumo de alimentos, ya que se encuentra naturalmente en muchas plantas comestibles.</p> <p>Los compuestos de boro se utilizan en la fabricación de vidrio, jabones y detergentes, y también como ignífugos.</p> <p>El boro se encuentra de forma natural en aguas subterráneas, pero su presencia en aguas superficiales con frecuencia es consecuencia del vertido de efluentes de aguas residuales tratadas por su utilización con ciertos detergentes.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> Las exposiciones tanto breves como prolongadas de animales de laboratorio al ácido bórico o al bórax por vía oral han demostrado, invariablemente, su toxicidad para el aparato reproductor masculino. Se han observado lesiones testiculares en ratas, ratones y perros a los que se suministró ácido bórico en los alimentos o en el agua de consumo. También se ha demostrado experimentalmente su embriotoxicidad en ratas, ratones y conejos. Los resultados negativos de numerosas pruebas de mutagenia indican que el ácido bórico y el bórax no son genotóxicos. En estudios a largo plazo en ratones y ratas, el ácido bórico y el bórax no aumentaron la incidencia de tumores.</p>
<p><b>RESULTADOS:</b> el 85% de las muestras alcanzaron valores muy bajos inferiores a 0.1 mg l<sup>-1</sup>. El resto presentó concentraciones entre 0.1 y 1.2 mg l<sup>-1</sup>. El 15% de las muestras mostró valores por encima del valor de referencia. Las concentraciones medias en los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara mostraron diferencias, siendo los valores de las muestras de pozos asociados a las USB y las de las casas superiores al resto (Figura 4.9, Tabla 4.7). En la región de Tombalí las concentraciones fueron mucho menores, oscilando entre 0.04 y 0.07 mg l<sup>-1</sup>. En las muestras procedentes de pozos asociados a una USB el boro alcanzó concentraciones mínimas menores a 0.1 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.10, Tabla 4.8).</p>



**Figura 4.9.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de boro en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.10.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de boro en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

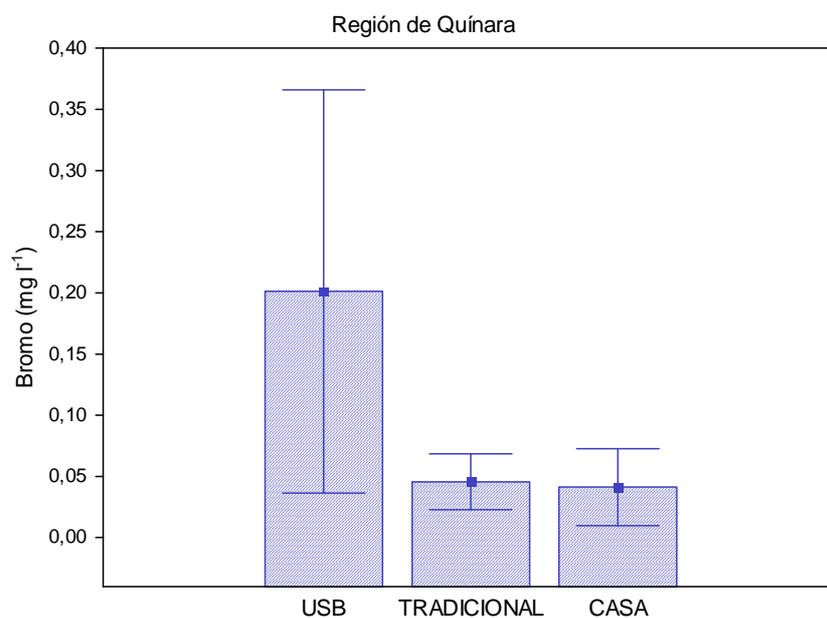
**Tabla 4.7.** Concentración de Boro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>BORO (Bo, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.1
Brandao	Tradicional	<0.1
Brandao	USB	<0.1
Dar Salam	Casa	<0.1
Dar Salam	Tradicional	<0.1
Dar Salam	USB	<0.1
Empada	Casa	<0.1
Empada	Tradicional	<0.1
Empada	USB	<0.1
Fulacunda	Casa	<0.1
Fulacunda	Tradicional	<0.1
Fulacunda	USB	0.6000
Gandúa Mandinga	Casa	0.8000
Gandúa Mandinga	Tradicional	0.1000
Gandúa Mandinga	USB	<0.1
Ganjetra	Casa	1.2000
Ganjetra	Tradicional	0.5000
Ganjetra	USB	0.8000
Madina Atche	Casa	<0.1
Madina Atche	Tradicional	<0.1
Madina Atche	USB	0.2000
Madina da Baixo	Casa	<0.1
Madina da Baixo	Tradicional	<0.1
Madina da Baixo	USB	<0.1
Novasintra	Casa	<0.1
Novasintra	Tradicional	<0.1
Novasintra	USB	<0.1

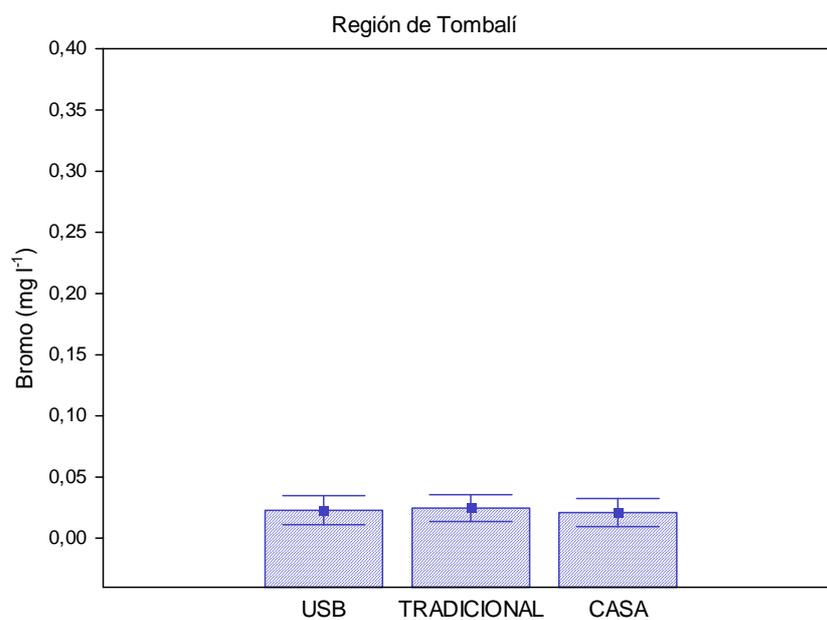
**Tabla 4.8.** Concentración de Boro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>BORO (Bo, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	<0.1
Afia Bunhio	Tradicional	<0.1
Afia Bunhio	USB	<0.1
Botchi Minde	Casa	<0.1
Botchi Minde	Tradicional	<0.1
Botchi Minde	USB	<0.1
Cafal Nalu	Casa	<0.1
Cafal Nalu	Tradicional	<0.1
Cafal Nalu	USB	<0.1
Caiquene	Casa	<0.1
Caiquene	Tradicional	<0.1
Caiquene	USB	<0.1
Calima	Casa	<0.1
Calima	Tradicional	<0.1
Calima	USB	<0.1
Fora Sadjuma	Casa	<0.1
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.1
Fora Sadjuma	USB	<0.1
Gamsala	Casa	<0.1
Gamsala	Tradicional	<0.1
Gamsala	USB	<0.1
Ilheu N`Fanda	Casa	<0.1
Ilheu N`Fanda	Tradicional	0.4000
Ilheu N`Fanda	USB	<0.1
Lautchande	Casa	<0.1
Lautchande	Tradicional	<0.1
Lautchande	USB	<0.1
Madina Contabane	Casa	<0.1
Madina Contabane	Tradicional	<0.1
Madina Contabane	USB	<0.1
Mato Forroba	Casa	0.8000
Mato Forroba	Tradicional	<0.1
Mato Forroba	USB	<0.1

<b>PARÁMETRO: Bromo</b>
Parámetro relacionado con el tratamiento y purificación del agua.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 0.01 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 0.01 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> El bromato de sodio y el bromato de potasio son oxidantes potentes que se utilizan principalmente en neutralizantes de permanentes y en el teñido de tejidos con colorantes al azufre.</p> <p>El bromato de potasio también se utiliza como oxidante para la maduración de la harina en la molienda, en el tratamiento de la cebada para la elaboración de cerveza y en productos de pasta de pescado, aunque se ha concluido que no es adecuado utilizar bromato de potasio en la elaboración de alimentos.</p> <p>Normalmente, el agua no contiene bromato, pero puede formarse durante la ozonización si el agua contiene ion bromuro. En determinadas condiciones, también puede formarse bromato en las soluciones concentradas de hipoclorito que se utilizan para desinfectar el agua de consumo.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el bromato es mutágeno tanto <i>in vitro</i> como <i>in vivo</i>. A pesar de no haber indicios suficientes de la capacidad cancerígena del bromato de potasio en las personas, sí hay pruebas suficientes de su capacidad cancerígena en animales de experimentación, debiendo ser considerado, por tanto, como posiblemente cancerígeno para el ser humano. Actualmente no hay pruebas suficientes para determinar el modo de acción cancerígena del bromato de potasio. La observación de tumores en estadios relativamente tempranos y la respuesta positiva del bromato en diversos estudios de genotoxicidad sugieren que el modo de acción predominante en dosis bajas se debe a la reactividad con el ADN. Aunque algunas pruebas sugieren que puede haber una relación no lineal entre la dosis y la respuesta de reactividad con el ADN en tumores renales.</p>
<p><b>RESULTADOS:</b> el 68% de las muestras analizadas mostró valores muy bajos inferiores a 0.05 mg l<sup>-1</sup>. El resto alcanzó concentraciones comprendidas entre 0.04 y 1.50 mg l<sup>-1</sup>. El valor de referencia para el bromato en la OMS y la Directiva 98/83/CE es de 0.01 mg l<sup>-1</sup>. Según esto, el 32% de las muestras de agua alcanzarían concentraciones por encima del valor de referencia. Como se trata de compuestos químicos algo distintos, el resultado debe interpretarse con cautela. Las diferencias en las concentraciones medias de bromo entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.11, Tabla 4.9). En la región de Tombalí los niveles fueron similares entre los tipos de muestras, alcanzando valores inferiores a la región de Quínara cercanos a 0.02 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.12, Tabla 4.10).</p>



**Figura 4.11.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de bromo en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.12.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de bromo en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

**Tabla 4.9.** Concentración de Bromo en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>BROMO (Br, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.05
Brandao	Tradicional	0.07
Brandao	USB	1.50
Dar Salam	Casa	<0.05
Dar Salam	Tradicional	<0.05
Dar Salam	USB	<0.05
Empada	Casa	<0.05
Empada	Tradicional	0.20
Empada	USB	<0.05
Fulacunda	Casa	0.09
Fulacunda	Tradicional	<0.05
Fulacunda	USB	0.26
Gandúa Mandinga	Casa	0.28
Gandúa Mandinga	Tradicional	<0.05
Gandúa Mandinga	USB	0.05
Ganjetra	Casa	<0.05
Ganjetra	Tradicional	<0.05
Ganjetra	USB	<0.05
Madina Atche	Casa	<0.05
Madina Atche	Tradicional	0.10
Madina Atche	USB	<0.05
Madina da Baixo	Casa	<0.05
Madina da Baixo	Tradicional	<0.05
Madina da Baixo	USB	<0.05
Novasintra	Casa	<0.05
Novasintra	Tradicional	0.04
Novasintra	USB	<0.05

**Tabla 4.10.** Concentración de Bromo en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>BROMO (Br, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	<0.05
Afia Bunhio	Tradicional	<0.05
Afia Bunhio	USB	0.08
Botchi Minde	Casa	<0.05
Botchi Minde	Tradicional	0.06
Botchi Minde	USB	0.10
Cafal Nalu	Casa	<0.05
Cafal Nalu	Tradicional	<0.05
Cafal Nalu	USB	<0.05
Caiquene	Casa	<0.05
Caiquene	Tradicional	<0.05
Caiquene	USB	<0.05
Calima	Casa	<0.05
Calima	Tradicional	<0.05
Calima	USB	<0.05
Fora Sadjuma	Casa	0.07
Fora Sadjuma	Tradicional	0.06
Fora Sadjuma	USB	0.07
Gamsala	Casa	<0.05
Gamsala	Tradicional	<0.05
Gamsala	USB	<0.05
Ilheu N`Fanda	Casa	0.05
Ilheu N`Fanda	Tradicional	0.05
Ilheu N`Fanda	USB	<0.05
Lautchande	Casa	0.11
Lautchande	Tradicional	0.10
Lautchande	USB	<0.05
Madina Contabane	Casa	<0.05
Madina Contabane	Tradicional	<0.05
Madina Contabane	USB	<0.05
Mato Forroba	Casa	<0.05
Mato Forroba	Tradicional	<0.05
Mato Forroba	USB	<0.05

<b>PARÁMETRO: Cianuro</b>
Parámetro de origen natural y relacionado con contaminación industrial.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 0,07 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 0,05 mg l <sup>-1</sup>
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> puede haber presencia de cianuro en algunos alimentos, particularmente en algunos países en desarrollo y en ocasiones en el agua de consumo, principalmente por contaminación industrial. El cianuro se elimina del agua con dosis altas de cloro.
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el cianuro tiene una toxicidad aguda sobre los organismos. En algunas poblaciones se observaron efectos en el tiroides y, en particular, en el sistema nervioso, como consecuencia del consumo prolongado de yuca procesada inadecuadamente, que contenía concentraciones altas de cianuro.
<b>RESULTADOS:</b> todas las muestras analizadas salvo una mostraron valores muy bajos, inferiores a 0.01 mg l <sup>-1</sup> (Tabla 4.11 y Tabla 4.12).



**Foto 10.** Análisis físico-químico y microbiológico de muestras de agua.

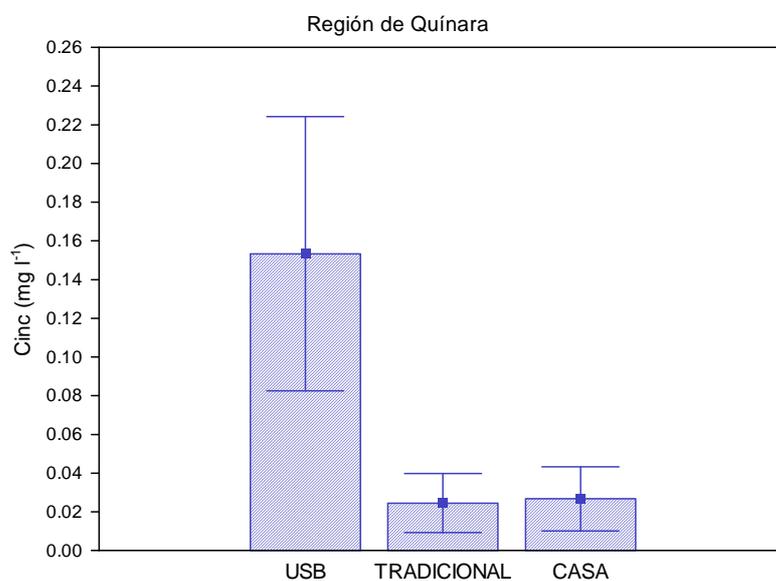
**Tabla 4.11.** Concentración de Cianuro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>CIANURO (Cn)</b>
Brandao	Casa	<0.01
Brandao	Tradicional	<0.01
Brandao	USB	<0.01
Dar Salam	Casa	<0.01
Dar Salam	Tradicional	<0.01
Dar Salam	USB	<0.01
Empada	Casa	<0.01
Empada	Tradicional	<0.01
Empada	USB	<0.01
Fulacunda	Casa	<0.01
Fulacunda	Tradicional	<0.01
Fulacunda	USB	<0.01
Gandúa Mandinga	Casa	<0.01
Gandúa Mandinga	Tradicional	<0.01
Gandúa Mandinga	USB	<0.01
Ganjetra	Casa	<0.01
Ganjetra	Tradicional	<0.01
Ganjetra	USB	<0.01
Madina Atche	Casa	<0.01
Madina Atche	Tradicional	<0.01
Madina Atche	USB	<0.01
Madina da Baixo	Casa	<0.01
Madina da Baixo	Tradicional	<0.01
Madina da Baixo	USB	<0.01
Novasintra	Casa	<0.01
Novasintra	Tradicional	<0.01
Novasintra	USB	<0.01

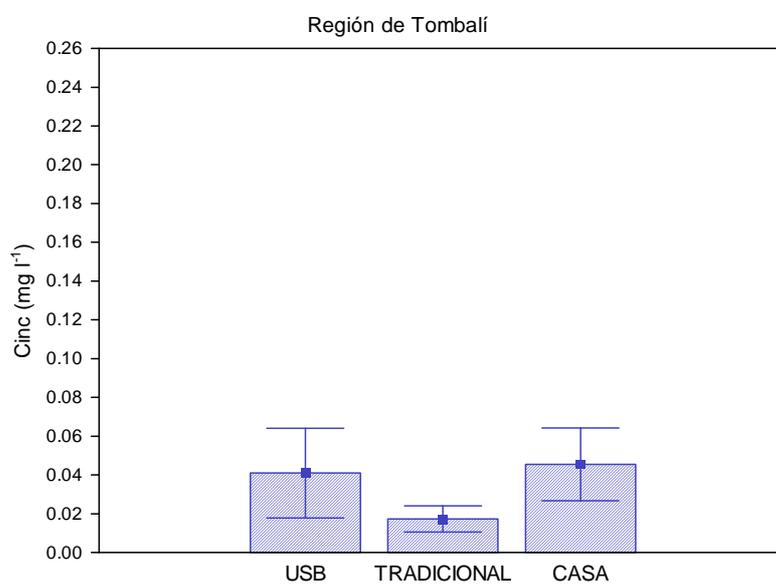
**Tabla 4.12.** Concentración de Cianuro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>CIANURO (Cn)</b>
Afia Bunhio	Casa	<0.01
Afia Bunhio	Tradicional	<0.01
Afia Bunhio	USB	<0.01
Botchi Minde	Casa	<0.01
Botchi Minde	Tradicional	<0.01
Botchi Minde	USB	<0.01
Cafal Nalu	Casa	<0.01
Cafal Nalu	Tradicional	<0.01
Cafal Nalu	USB	<0.01
Caiquene	Casa	<0.01
Caiquene	Tradicional	<0.01
Caiquene	USB	<0.01
Calima	Casa	<0.01
Calima	Tradicional	<0.01
Calima	USB	<0.01
Fora Sadjuma	Casa	<0.01
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.01
Fora Sadjuma	USB	<0.01
Gamsala	Casa	<0.01
Gamsala	Tradicional	<0.01
Gamsala	USB	<0.01
Ilheu N`Fanda	Casa	<0.01
Ilheu N`Fanda	Tradicional	<0.01
Ilheu N`Fanda	USB	0.03
Lautchande	Casa	<0.01
Lautchande	Tradicional	<0.01
Lautchande	USB	<0.01
Madina Contabane	Casa	<0.01
Madina Contabane	Tradicional	<0.01
Madina Contabane	USB	<0.01
Mato Forroba	Casa	<0.01
Mato Forroba	Tradicional	<0.01
Mato Forroba	USB	<0.01

<b>PARÁMETRO: Cinc</b>
Parámetro relacionado con la distribución del agua
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 3 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: no tiene
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> el cinc es un oligoelemento esencial que se encuentra en prácticamente todos los alimentos y en el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos. Generalmente, la principal fuente de cinc son los alimentos. Aunque las concentraciones de cinc en aguas superficiales y subterráneas no suelen sobrepasar 0.01 y 0.05 mg l <sup>-1</sup> , respectivamente, en el agua de grifo puede haber concentraciones mayores como consecuencia de la disolución del cinc de las tuberías y otros materiales de fontanería galvanizados antiguos.
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> las necesidades diarias de cinc en un hombre adulto son de 15 a 20 mg/día y no deben sobrepasar el 1 mg/kg de peso corporal. El cinc confiere al agua un sabor astringente indeseable y su umbral gustativo (como sulfato de cinc) es de aproximadamente 4 mg l <sup>-1</sup> . El agua de consumo con concentraciones de cinc mayores que 3 mg l <sup>-1</sup> puede resultar ya inaceptable para los consumidores. Con concentraciones de cinc mayores que 3–5 mg l <sup>-1</sup> puede tener un color opalino y producir una película oleosa al hervir.
<b>RESULTADOS:</b> el 55% de las muestras mostró concentraciones bajas menores a 0.02 mg l <sup>-1</sup> . En el resto, las concentraciones oscilaron entre 0.02 y 0.53 mg l <sup>-1</sup> . Ninguna muestra superó el valor de referencia. Las concentraciones medias en los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara mostraron diferencias significativas, siendo los valores de los pozos asociados a las USB superiores al resto (ANOVA, F <sub>2,24</sub> = 2.95, p< 0.05) (Figura 4.13, Tabla 4.13). En la región de Tombalí las concentraciones de las muestras de agua procedentes de pozos tradicionales fueron algo menores al resto, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura 4.14, Tabla 4.14).



**Figura 4.13.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de cinc en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.14.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de cinc en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

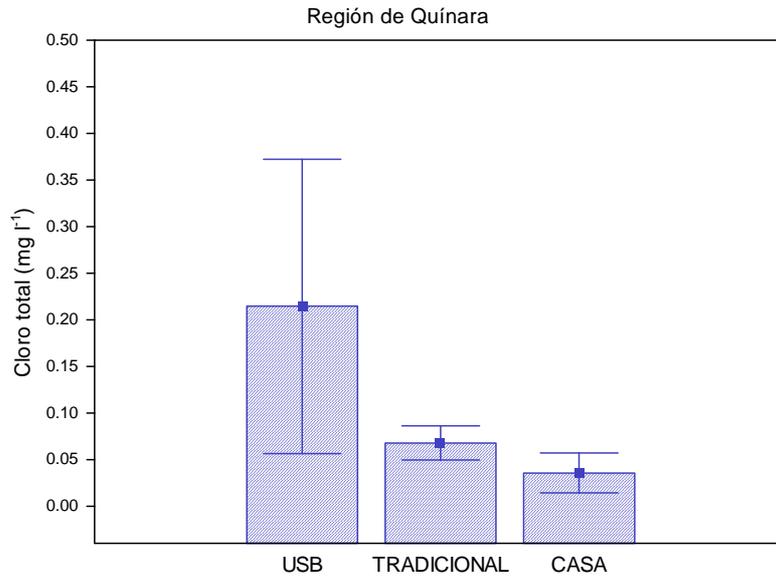
**Tabla 4.13.** Concentración de Cinc en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>CINC (Zn)</b>
Brandao	Casa	0.0800
Brandao	Tradicional	0.0200
Brandao	USB	0.5100
Dar Salam	Casa	<0.02
Dar Salam	Tradicional	<0.02
Dar Salam	USB	<0.02
Empada	Casa	<0.02
Empada	Tradicional	<0.02
Empada	USB	0.5300
Fulacunda	Casa	0.0200
Fulacunda	Tradicional	<0.02
Fulacunda	USB	0.0900
Gandúa Mandinga	Casa	<0.02
Gandúa Mandinga	Tradicional	<0.02
Gandúa Mandinga	USB	0.0900
Ganjetra	Casa	<0.02
Ganjetra	Tradicional	<0.02
Ganjetra	USB	<0.02
Madina Atche	Casa	0.1400
Madina Atche	Tradicional	0.1300
Madina Atche	USB	0.1200
Madina da Baixo	Casa	<0.02
Madina da Baixo	Tradicional	<0.02
Madina da Baixo	USB	0.0400
Novasintra	Casa	<0.02
Novasintra	Tradicional	0.0700
Novasintra	USB	<0.02

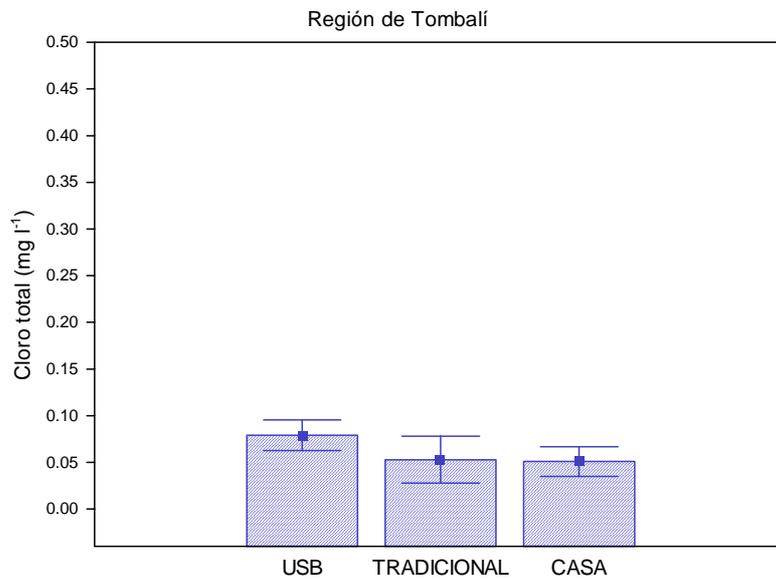
**Tabla 4.14.** Concentración de Cinc en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>CINC (Zn)</b>
Afia Bunhio	Casa	0.1600
Afia Bunhio	Tradicional	0.0500
Afia Bunhio	USB	0.1100
Botchi Minde	Casa	0.1100
Botchi Minde	Tradicional	0.0300
Botchi Minde	USB	0.0300
Cafal Nalu	Casa	0.1300
Cafal Nalu	Tradicional	<0.02
Cafal Nalu	USB	<0.02
Caiquene	Casa	<0.02
Caiquene	Tradicional	<0.02
Caiquene	USB	<0.02
Calima	Casa	0.0800
Calima	Tradicional	0.0300
Calima	USB	0.2500
Fora Sadjuma	Casa	<0.02
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.02
Fora Sadjuma	USB	0.0300
Gamsala	Casa	<0.02
Gamsala	Tradicional	0.0200
Gamsala	USB	0.0300
Ilheu N`Fanda	Casa	0.0200
Ilheu N`Fanda	Tradicional	<0.02
Ilheu N`Fanda	USB	<0.02
Lautchande	Casa	<0.02
Lautchande	Tradicional	<0.02
Lautchande	USB	<0.02
Madina Contabane	Casa	<0.02
Madina Contabane	Tradicional	0.0600
Madina Contabane	USB	<0.02
Mato Forroba	Casa	<0.02
Mato Forroba	Tradicional	<0.02
Mato Forroba	USB	<0.02

<b>PARÁMETRO: Cloro</b>
Parámetro relacionado con la distribución, tratamiento y purificación del agua.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 5 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: no tiene
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> el cloro se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas y es el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos.
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> no se han observado efectos adversos específicos en personas y animales relacionados con la exposición al cloro en el agua de consumo. La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo de concentraciones de cloro bastante menores que 5 mg l <sup>-1</sup> y algunas incluso pueden detectar hasta 0,3 mg l <sup>-1</sup> . Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 a 1,0 mg l <sup>-1</sup> , aumenta la probabilidad de que algunos consumidores encuentren desagradable el sabor del agua.
<b>RESULTADOS:</b> un 23% de las muestras mostraron concentraciones de cloro total muy bajas inferiores a 0.01 mg l <sup>-1</sup> . El resto alcanzó valores comprendidos entre 0.01 y 1.47 mg l <sup>-1</sup> , estando todas por debajo del valor de referencia. Las concentraciones de cloro libre fueron muy bajas en casi la mitad de las muestras, alcanzando el 48% valores inferiores a 0.01 mg l <sup>-1</sup> . El resto osciló entre 0.02 y 1.43 mg l <sup>-1</sup> . Solamente una muestra presentó una concentración superior al valor de referencia para cloro. En un 48% de las muestras totales se detectó cloro ligado, de las que el 17% mostró concentraciones inferiores a 0.01 mg l <sup>-1</sup> , oscilando el resto entre 0.01 y 0.27 mg l <sup>-1</sup> . Las diferencias en las concentraciones medias de cloro total entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.15, Tabla 4.15). En cambio, en la región de Tombalí los valores fueron muy similares entre las muestras, con valores medios cercanos a 0.05 mg l <sup>-1</sup> (Figura 4.16, Tabla 4.16).



**Figura 4.15.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de cloro total en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.16.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de cloro total en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

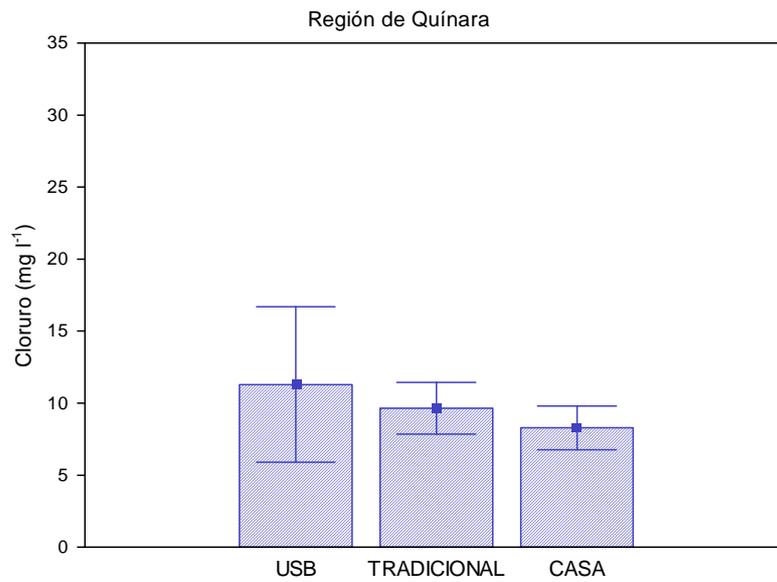
**Tabla 4.15.** Concentración de Cloro libre, ligado y total en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>				
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>COLORO LIBRE (Cl, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COLORO LIGADO (Cl, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COLORO TOTAL (Cl, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.01	-	<0.01
Brandao	Tradicional	0.1100	-	0.1100
Brandao	USB	1.4300	0.0300	1.4700
Dar Salam	Casa	0.0200	0.0100	0.0300
Dar Salam	Tradicional	<0.01	-	0.0200
Dar Salam	USB	<0.01	-	<0.01
Empada	Casa	<0.01	-	0.0200
Empada	Tradicional	<0.01	-	<0.01
Empada	USB	0.0400	0.0400	0.0800
Fulacunda	Casa	0.1000	0.1000	0.2000
Fulacunda	Tradicional	0.0500	0.1100	0.1600
Fulacunda	USB	0.0300	0.1100	0.1400
Gandúa Mandinga	Casa	<0.01	-	<0.01
Gandúa Mandinga	Tradicional	0.0400	0.0000	0.0500
Gandúa Mandinga	USB	0.0300	0.0100	0.0400
Ganjetra	Casa	<0.01	<0.01	<0.01
Ganjetra	Tradicional	<0.01	<0.01	<0.01
Ganjetra	USB	<0.01	<0.01	<0.01
Madina Atche	Casa	<0.01	-	0.0200
Madina Atche	Tradicional	<0.01	-	0.0700
Madina Atche	USB	<0.01	-	<0.01
Madina da Baixo	Casa	0.0200	-	<0.01
Madina da Baixo	Tradicional	0.0700	0.0200	0.0900
Madina da Baixo	USB	0.0500	0.0600	0.1100
Novasintra	Casa	0.0700	-	0.0500
Novasintra	Tradicional	0.1600	-	0.1100
Novasintra	USB	0.0300	-	0.0900

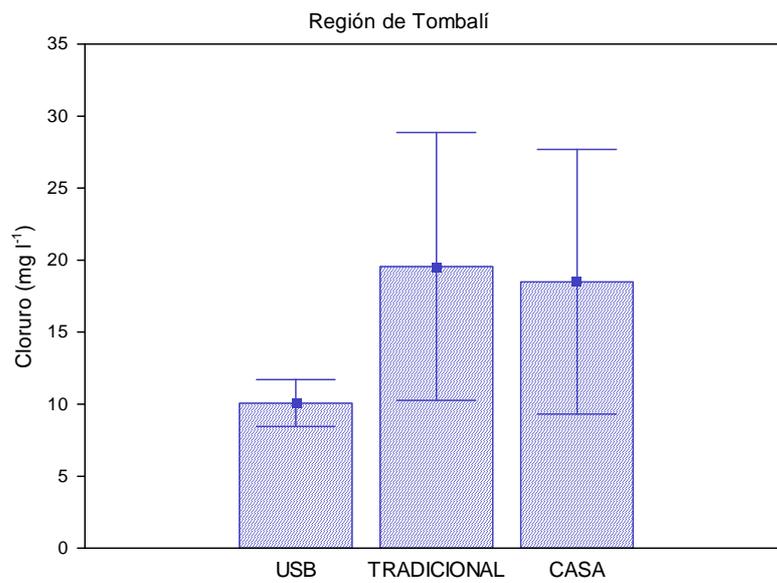
**Tabla 4.16.** Concentración de Cloro libre, ligado y total en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMABALÍ</b>				
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>COLORO LIBRE (Cl, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COLORO LIGADO (Cl, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COLORO TOTAL (Cl, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	<0.01	-	<0.01
Afia Bunhio	Tradicional	0.0200	0.2700	0.2900
Afia Bunhio	USB	0.0200	0.0200	0.0400
Botchi Minde	Casa	<0.01	-	<0.01
Botchi Minde	Tradicional	0.0400	0.0300	0.0700
Botchi Minde	USB	0.0700	0.1300	0.2000
Cafal Nalu	Casa	0.0300	0.0200	0.0500
Cafal Nalu	Tradicional	<0.01	-	0.0400
Cafal Nalu	USB	<0.01	0.1000	0.1200
Caiquene	Casa	<0.01	-	0.0100
Caiquene	Tradicional	<0.01	-	<0.01
Caiquene	USB	0.0200	0.1000	0.1200
Calima	Casa	0.0800	0.0200	0.1000
Calima	Tradicional	0.0300	0.0100	0.0400
Calima	USB	0.0200	0.0400	0.0600
Fora Sadjuma	Casa	<0.01	-	<0.01
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.01	-	<0.01
Fora Sadjuma	USB	<0.01	-	0.0500
Gamsala	Casa	0.0900	0.0500	0.1500
Gamsala	Tradicional	<0.01	-	0.0700
Gamsala	USB	0.0700	-	0.0500
Ilheu N`Fanda	Casa	0.0200	0.0200	0.0300
Ilheu N`Fanda	Tradicional	<0.01	-	<0.01
Ilheu N`Fanda	USB	<0.01	-	0.1100
Lautchande	Casa	0.0900	0.0200	0.1100
Lautchande	Tradicional	0.0400	0.0100	0.0500
Lautchande	USB	0.0400	0.0100	0.0500
Madina Contabane	Casa	<0.01	-	0.0200
Madina Contabane	Tradicional	<0.01	-	<0.01
Madina Contabane	USB	<0.01	-	0.0700
Mato Forroba	Casa	0.0200	0.0600	0.0900
Mato Forroba	Tradicional	<0.01	-	0.0200
Mato Forroba	USB	<0.01	-	<0.01

<b>PARÁMETRO: Cloruro</b>
Parámetro relacionado con contaminación industrial y aguas residuales.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 250 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 250 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas. La fuente principal de exposición de las personas al cloruro es la adición de sal a los alimentos y la ingesta procedente de esta fuente generalmente excede en gran medida a la del agua de consumo.</p> <p>Este ion ingresa al agua en forma natural mediante el lavado que la lluvia realiza sobre el suelo, sin embargo, como la superficie de contacto entre el agua y los materiales del suelo es relativamente baja en las aguas superficiales, la concentración de cloruros en el agua tiende a ser también relativamente baja, salvo que esta haya sido afectada por eventos antrópicos.</p> <p>En las aguas subterráneas, en donde la superficie de contacto entre el agua y los materiales del subsuelo es mucho mayor, la concentración de ion cloruro suele estar directamente relacionada con la litología predominante y/o con el tiempo de permanencia del agua en el acuífero.</p> <p>Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo. No obstante, el cloruro en altas concentraciones confiere un sabor salado al agua y las bebidas. Hay diversos umbrales gustativos para el anión cloruro en función del catión asociado: los correspondientes al cloruro sódico, potásico y cálcico están en el intervalo de 200 a 300 mg l<sup>-1</sup>. A concentraciones superiores a 250 mg l<sup>-1</sup> es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro, pero algunos consumidores pueden acostumbrarse al sabor que produce en concentraciones bajas.</p>
<p><b>RESULTADOS:</b> las concentraciones de cloruro oscilaron entre 0.7 y 111 mg l<sup>-1</sup>, estando todas por debajo de los valores de referencia. Los valores medios en los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no mostraron diferencias significativas, fluctuando entre 8.3 y 11.3 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.17, Tabla 4.17). En la región de Tombalí las concentraciones de las muestras de agua procedentes de pozos asociados a una USB fueron inferiores al resto de las muestras, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los valores medios fueron mayores en general en esta región, oscilando entre 10.1 y 19.6 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.18, Tabla 4.18).</p>



**Figura 4.17.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de cloruro en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.18.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de cloruro en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

**Tabla 4.17.** Concentración de Cloruro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

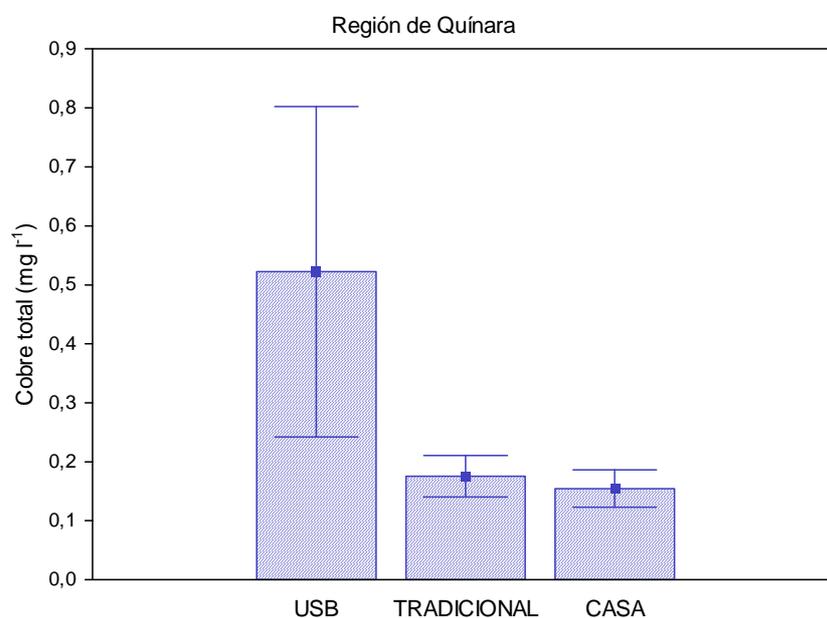
<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>CLORURO (Cl<sup>-</sup>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	15.70
Brandao	Tradicional	15.30
Brandao	USB	18.70
Dar Salam	Casa	9.50
Dar Salam	Tradicional	16.50
Dar Salam	USB	3.40
Empada	Casa	11.40
Empada	Tradicional	12.70
Empada	USB	0.70
Fulacunda	Casa	13.80
Fulacunda	Tradicional	4.60
Fulacunda	USB	10.10
Gandúa Mandinga	Casa	5.10
Gandúa Mandinga	Tradicional	4.60
Gandúa Mandinga	USB	3.60
Ganjetra	Casa	4.20
Ganjetra	Tradicional	6.80
Ganjetra	USB	2.70
Madina Atche	Casa	3.20
Madina Atche	Tradicional	2.20
Madina Atche	USB	5.10
Novasintra	Casa	4.40
Novasintra	Tradicional	15.00
Novasintra	USB	5.40

**Tabla 4.18.** Concentración de Cloruro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

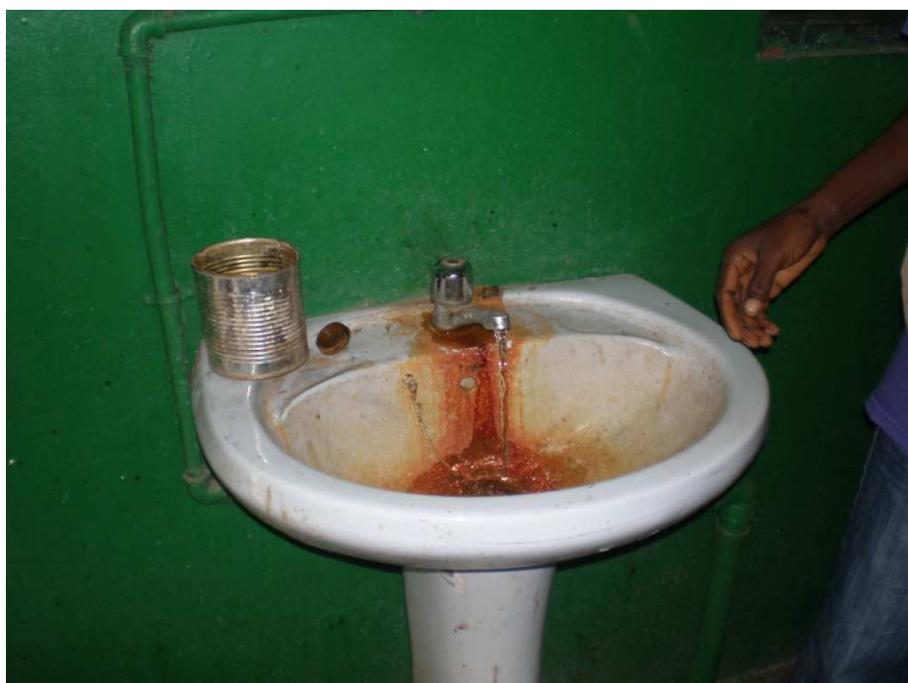
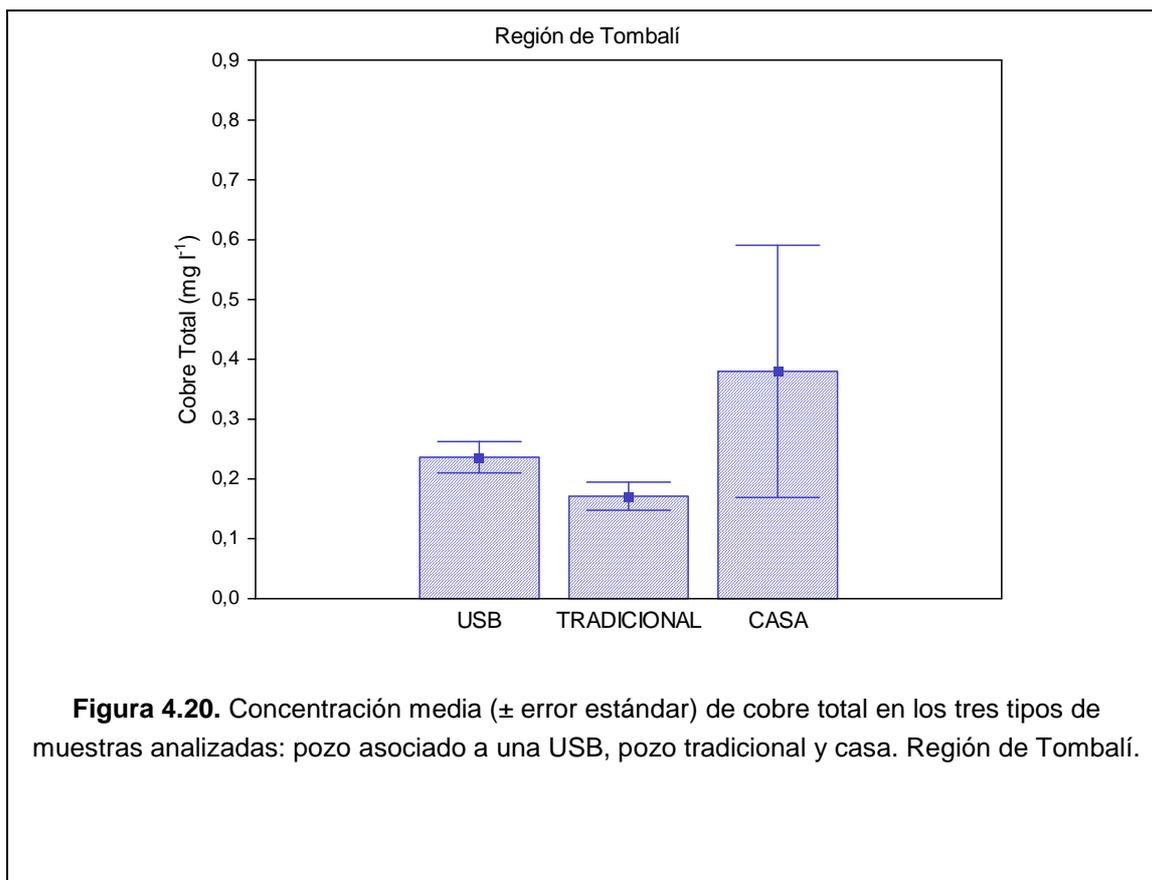
REGIÓN DE TOMBALÍ		
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	CLORURO (Cl <sup>-</sup> , mg l <sup>-1</sup> )
Afia Bunhio	Casa	20.50
Afia Bunhio	Tradicional	18.70
Afia Bunhio	USB	15.30
Botchi Minde	Casa	100.00
Botchi Minde	Tradicional	111.00
Botchi Minde	USB	4.60
Cafal Nalu	Casa	11.30
Cafal Nalu	Tradicional	11.50
Cafal Nalu	USB	10.70
Caiquene	Casa	7.70
Caiquene	Tradicional	6.60
Caiquene	USB	5.70
Calima	Casa	6.90
Calima	Tradicional	8.40
Calima	USB	6.40
Fora Sadjuma	Casa	3.30
Fora Sadjuma	Tradicional	3.30
Fora Sadjuma	USB	7.10
Gamsala	Casa	10.20
Gamsala	Tradicional	10.20
Gamsala	USB	21.20
Ilheu N' Fanda	Tradicional	21.80
Ilheu N' Fanda	USB	15.60
Lautchande	Casa	8.70
Lautchande	Tradicional	7.00
Lautchande	USB	7.20
Madina Contabane	Casa	11.90
Madina Contabane	Tradicional	10.60
Madina Contabane	USB	12.10
Madina da Baixo	Casa	7.30
Madina da Baixo	Tradicional	9.10
Madina da Baixo	USB	52.00
Mato Forroba	Casa	4.50
Mato Forroba	Tradicional	6.10
Mato Forroba	USB	5.00

<b>PARÁMETRO: Cobre</b>
Parámetro relacionado con la distribución del agua (tratamientos y tuberías, problemas organolépticos)
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 2 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 2 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el cobre es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo. Tiene muchos usos comerciales: se utiliza para fabricar tuberías, válvulas y accesorios de fontanería, así como en aleaciones y revestimientos. En ocasiones se añade sulfato de cobre pentahidratado a las aguas superficiales para el control de algas. Las concentraciones de cobre en el agua de consumo varían mucho y la fuente principal más frecuente es la corrosión de tuberías de cobre interiores. Las concentraciones suelen ser bajas en muestras de agua corriente o que se ha dejado correr prolongadamente, mientras que en muestras de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo son más variables y suelen ser considerablemente más altas (con frecuencia &gt;1 mg l<sup>-1</sup>). La concentración de cobre en el agua tratada suele aumentar durante su distribución, sobre todo en sistemas con pH ácido o en aguas con concentración alta de carbonato, con pH alcalino. El cobre en el agua puede aumentar la corrosión de accesorios de acero y hierro galvanizados.</p> <p>Las fuentes principales de exposición al cobre en los países desarrollados son los alimentos y el agua. El consumo de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo de sistemas de distribución con tuberías o accesorios de cobre puede hacer aumentar considerablemente la exposición diaria total al cobre, especialmente en lactantes alimentados con leche maternizada en polvo reconstituida con agua de grifo.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el límite máximo aceptable de ingesta por vía oral para adultos resulta dudoso, pero es probable que sea del orden de 2 ó 3 miligramos al día. Los datos sobre los efectos gastrointestinales del cobre deben emplearse con precaución, ya que la concentración del cobre ingerido influye más en los efectos observados que la masa total o dosis ingerida durante 24 horas. Hay ciertas dudas respecto a los efectos del cobre a largo plazo en poblaciones sensibles, como los portadores del gen de la enfermedad de Wilson o los afectados por otros trastornos metabólicos de la homeostasis del cobre.</p> <p>Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud. Cuando la concentración de cobre del agua es mayor que 1 mg l<sup>-1</sup>, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles mayores que 5 mg l<sup>-1</sup>, el cobre también tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado.</p>

**RESULTADOS:** las muestras analizadas alcanzaron concentraciones de cobre total comprendidas entre 0.07 y 2.74 mg l<sup>-1</sup>. Solamente el 3% de las muestras presentó valores por encima del valor de referencia para cobre total. Las concentraciones de cobre libre fueron muy bajas, alcanzando el 72% de las muestras valores inferiores a 0.05 mg l<sup>-1</sup>. El resto osciló entre 0.05 y 1.56 mg l<sup>-1</sup>. Solamente en un 30% de las muestras se detectó cobre ligado, con concentraciones entre 0.03 y 2.16 mg l<sup>-1</sup>. Las diferencias en las concentraciones medias de cobre total entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.19, Tabla 4.19). En cambio, en la región de Tombalí los valores mayores aparecieron en las muestras procedentes del agua almacenada en las casas, aunque estas diferencias tampoco fueron estadísticamente significativas (Figura 4.20, Tabla 4.20).



**Figura 4.19.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de cobre total en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Foto 11.** Manchas producidas como resultado de la corrosión de tuberías.

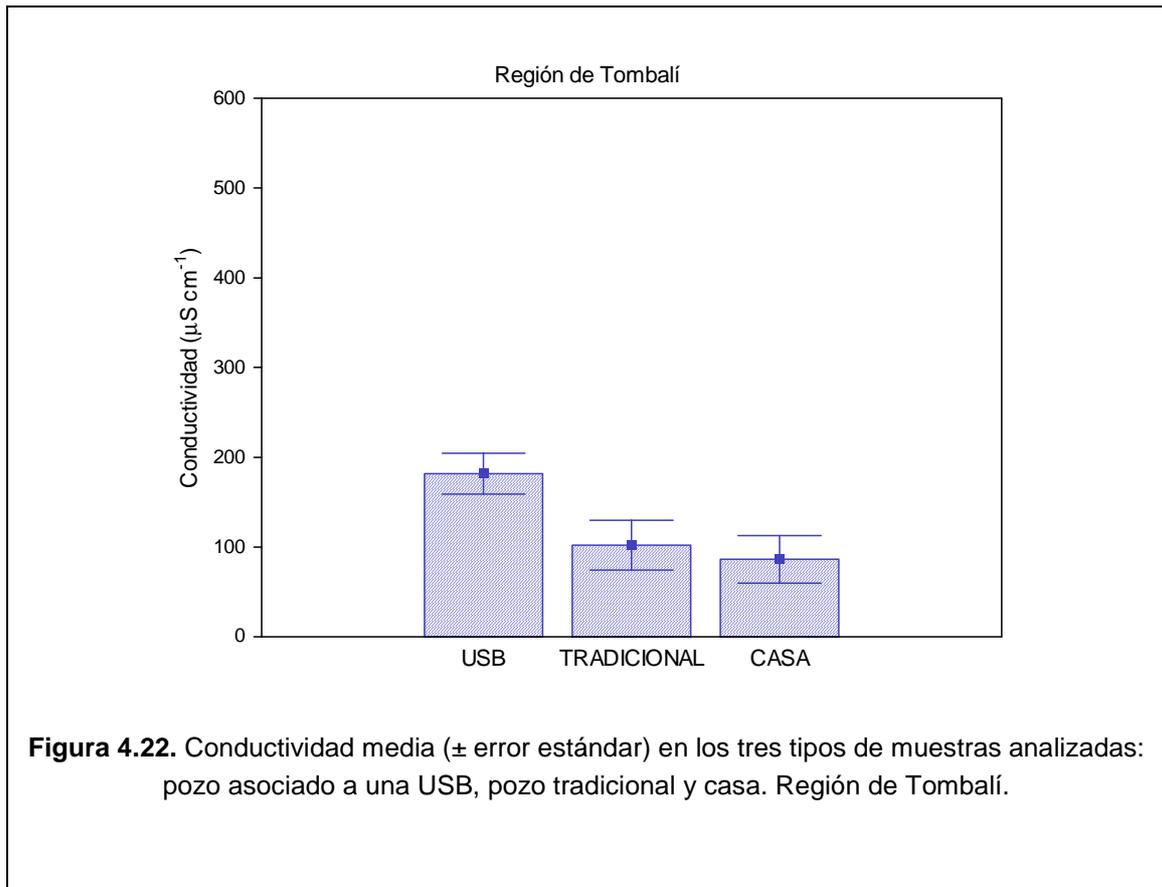
**Tabla 4.19.** Concentración de Cobre libre, ligado y total en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>				
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>COBRE LIBRE (Cu, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COBRE LIGADO (Cu, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COBRE TOTAL (Cu, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.05	-	0.11
Brandao	Tradicional	<0.05	-	0.18
Brandao	USB	1.56	1.18	<b>2.74</b>
Dar Salam	Casa	0.12	0.17	0.29
Dar Salam	Tradicional	<0.05	-	0.34
Dar Salam	USB	<0.05	-	0.28
Empada	Casa	<0.05	-	0.09
Empada	Tradicional	<0.05	-	0.08
Empada	USB	0.32	0.18	0.50
Fulacunda	Casa	0.07	0.09	0.16
Fulacunda	Tradicional	0.11	0.09	0.20
Fulacunda	USB	<0.05	-	0.17
Gandúa Mandinga	Casa	0.07	0.19	0.26
Gandúa Mandinga	Tradicional	0.06	0.18	0.25
Gandúa Mandinga	USB	0.09	0.25	0.34
Ganjetra	Casa	<0.05	-	0.07
Ganjetra	Tradicional	<0.05	-	0.19
Ganjetra	USB	<0.05	-	0.12
Madina Atche	Casa	<0.05	<0.05	<0.05
Madina Atche	Tradicional	<0.05	<0.05	<0.05
Madina Atche	USB	<0.05	-	0.17
Madina Contabane	Casa	<0.05	-	<0.05
Madina da Baixo	Casa	<0.05	-	0.22
Madina da Baixo	Tradicional	<0.05	-	0.26
Madina da Baixo	USB	0.06	0.18	0.22
Novasintra	Casa	<0.05	-	0.19
Novasintra	Tradicional	<0.05	-	0.08
Novasintra	USB	0.05	0.11	0.16

**Tabla 4.20.** Concentración de Cobre libre, ligado y total en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>				
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>COBRE LIBRE (Cu, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COBRE LIGADO (Cu, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>COBRE TOTAL (Cu, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	0.05	0.13	0.18
Afia Bunhio	Tradicional	<0.05	-	0.13
Afia Bunhio	USB	0.08	0.23	0.31
Botchi Minde	Casa	0.30	2.16	2.46
Botchi Minde	Tradicional	<0.05	-	0.28
Botchi Minde	USB	<0.05	-	0.31
Cafal Nalu	Casa	0.17	0.10	0.32
Cafal Nalu	Tradicional	0.07	0.03	0.10
Cafal Nalu	USB	<0.05	-	0.20
Caiquene	Casa	<0.05	-	0.15
Caiquene	Tradicional	0.08	0.15	0.22
Caiquene	USB	<0.05	-	0.11
Calima	Casa	<0.05	-	0.36
Calima	Tradicional	<0.05	-	0.25
Calima	USB	<0.05	-	0.39
Fora Sadjuma	Casa	<0.05	-	0.15
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.05	-	0.17
Fora Sadjuma	USB	<0.05	-	0.30
Gamsala	Casa	<0.05	-	<0.05
Gamsala	Tradicional	<0.05	-	0.21
Gamsala	USB	<0.05	-	0.12
Ilheu N`Fanda	Casa	0.10	0.05	0.14
Ilheu N`Fanda	Tradicional	<0.05	-	0.20
Ilheu N`Fanda	USB	<0.05	-	0.23
Lautchande	Casa	<0.05	-	0.27
Lautchande	Tradicional	<0.05	-	0.13
Lautchande	USB	<0.05	0.21	0.26
Madina Contabane	Tradicional	<0.05	-	0.19
Madina Contabane	USB	<0.05	-	0.19
Mato Forroba	Casa	<0.05	-	0.15
Mato Forroba	Tradicional	<0.05	-	<0.05
Mato Forroba	USB	<0.05	-	0.18

<b>PARÁMETRO: Conductividad</b>								
Parámetro relacionado con la concentración de sales disueltas.								
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: no tiene, Directiva 98/83/CE: 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$								
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> la conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura a la cual se realiza la medición.								
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> se relaciona con la palatabilidad y la aceptación del agua de consumo por las poblaciones locales.								
<b>RESULTADOS:</b> los valores de conductividad oscilaron entre 21.7 y 1449.0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ , quedando todos por debajo del valor de referencia. En la región de Quínara los valores de las muestras de pozos asociados a las USB alcanzaron valores significativamente superiores al resto (ANOVA, $F_{2,24} = 2.71$ , $p < 0.05$ ), presentando un valor medio de 354.2 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Figura 4.21, Tabla 4.21). En la región de Tombalí la conductividad media de las muestras de agua procedentes de pozos asociados a una USB también fue significativamente superior al resto de muestras (ANOVA, $F_{2,30} = 3.60$ , $p < 0.05$ ), aunque los valores fueron algo menores que en Quínara, oscilando entre 63.4 y 317.0 $\text{mg l}^{-1}$ (Figura 4.22, Tabla 4.22).								
<p style="text-align: center;">Región de Quínara</p> <table border="1"> <caption>Data for Figura 4.21: Conductividad media (± error estándar) en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.</caption> <thead> <tr> <th>Tipo de muestra</th> <th>Conductividad media (<math>\mu\text{S cm}^{-1}</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>USB</td> <td>354.2</td> </tr> <tr> <td>TRADICIONAL</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>CASA</td> <td>~80</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de muestra	Conductividad media ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	USB	354.2	TRADICIONAL	~100	CASA	~80
Tipo de muestra	Conductividad media ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )							
USB	354.2							
TRADICIONAL	~100							
CASA	~80							
<b>Figura 4.21.</b> Conductividad media ( $\pm$ error estándar) en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.								



**Foto 12.** Medida *in situ* de la conductividad del agua.

**Tabla 4.21.** Conductividad en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

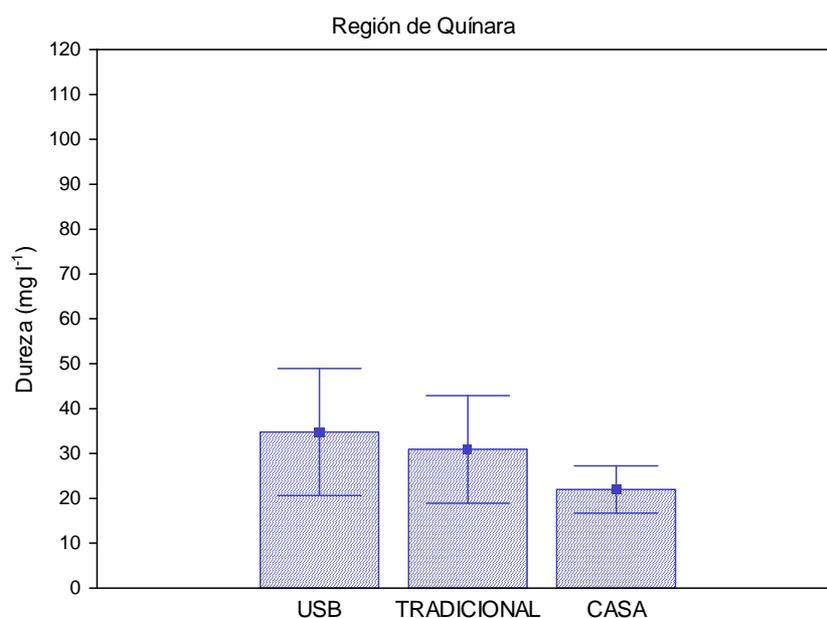
<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>
Brandao	Casa	91.20
Brandao	Tradicional	78.00
Brandao	USB	1449.00
Dar Salam	Casa	123.50
Dar Salam	Tradicional	131.10
Dar Salam	USB	27.13
Empada	Casa	65.60
Empada	Tradicional	70.60
Empada	USB	664.00
Fulacunda	Casa	145.30
Fulacunda	Tradicional	328.00
Fulacunda	USB	102.10
Gandúa Mandinga	Casa	25.78
Gandúa Mandinga	Tradicional	25.46
Gandúa Mandinga	USB	200.60
Ganjetra	Casa	45.10
Ganjetra	Tradicional	132.40
Ganjetra	USB	43.70
Madina Atche	Casa	59.70
Madina Atche	Tradicional	24.15
Madina Atche	USB	48.70
Madina da Baixo	Casa	52.70
Madina da Baixo	Tradicional	50.90
Madina da Baixo	USB	552.00
Novasintra	Casa	95.80
Novasintra	Tradicional	78.10
Novasintra	USB	100.20

**Tabla 4.22.** Conductividad en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

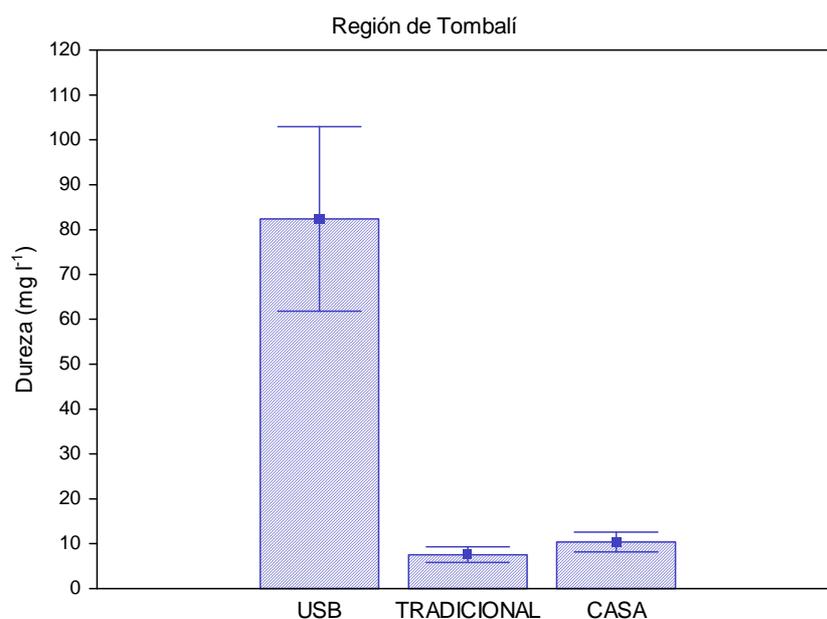
<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>
Afia Bunhio	Casa	30.80
Afia Bunhio	Tradicional	63.10
Afia Bunhio	USB	241.10
Botchi Minde	Casa	248.80
Botchi Minde	Tradicional	283.30
Botchi Minde	USB	161.30
Cafal Nalu	Casa	21.70
Cafal Nalu	Tradicional	43.50
Cafal Nalu	USB	218.10
Caiquene	Casa	37.50
Caiquene	Tradicional	31.30
Caiquene	USB	102.60
Calima	Casa	46.60
Calima	Tradicional	53.10
Calima	USB	63.40
Fora Sadjuma	Casa	29.86
Fora Sadjuma	Tradicional	25.21
Fora Sadjuma	USB	205.90
Gamsala	Casa	41.70
Gamsala	Tradicional	70.20
Gamsala	USB	236.60
Ilheu N`Fanda	Casa	264.10
Ilheu N`Fanda	Tradicional	282.70
Ilheu N`Fanda	USB	139.30
Lautchande	Casa	44.50
Lautchande	Tradicional	84.60
Lautchande	USB	214.80
Madina Contabane	Casa	115.10
Madina Contabane	Tradicional	111.40
Madina Contabane	USB	317.00
Mato Forroba	Casa	68.50
Mato Forroba	Tradicional	73.70
Mato Forroba	USB	100.20

<b>PARÁMETRO: Dureza</b>
Parámetro organoléptico.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: no tiene, Directiva 98/83/CE: no tiene
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> la dureza es una propiedad que refleja la presencia de metales alcalinotérreos en el agua, es el resultado de la disolución y lavado de los minerales que componen el suelo y las rocas. De estos elementos, el calcio y el magnesio constituyen los principales alcalinotérreos en aguas continentales, mientras que el bario y el estroncio se presentan, adicionalmente a los anteriores, en cuerpos de agua con algún tipo de asociación marina. También puede expresarse como cantidad equivalente de carbonato cálcico. Aunque la dureza en el agua es una de las principales características de las aguas subterráneas (mayor grado de mineralización) y/o de la afectación de aguas continentales por aguas marinas, ésta también puede estar asociada a los vertimientos de aguas residuales, como por ejemplo, a las aguas residuales agrícolas.</p> <p>El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg l<sup>-1</sup>, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios. Otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg l<sup>-1</sup>, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías.</p> <p>La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada.</p> <p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> se ha demostrado la existencia de una relación inversa estadísticamente significativa entre la dureza del agua de consumo y las enfermedades cardiovasculares. Existen también algunos indicios de que las aguas muy blandas pueden producir un efecto adverso en el equilibrio mineral, pero no se dispone de estudios detallados para su evaluación.</p> <p>El grado de dureza del agua puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor y a la formación de incrustaciones. La aceptabilidad por la población del grado de dureza del agua puede variar en gran medida de una comunidad a otra, en función de las condiciones locales. Los consumidores, en particular, notarán probablemente los cambios de la dureza del agua. El valor del umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg l<sup>-1</sup>, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg l<sup>-1</sup>.</p>

**RESULTADOS:** solamente un 10% de las muestras mostraron valores muy bajos inferiores a 2 mg l<sup>-1</sup>. En el resto las concentraciones oscilaron entre 2 y 190 mg l<sup>-1</sup>. Las concentraciones medias en los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara fueron muy similares, oscilando entre 22 y 35 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.23, Tabla 4.23). En cambio, en la región de Tombalí los valores de las muestras de agua procedentes de pozos asociados a una USB fueron significativamente superiores al resto de muestras (ANOVA, F<sub>2,30</sub>= 12.53, p< 0.001), alcanzando un promedio de 82 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.24, Tabla 4.24).



**Figura 4.23.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de dureza en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.24.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de dureza en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

**Tabla 4.23.** Dureza en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

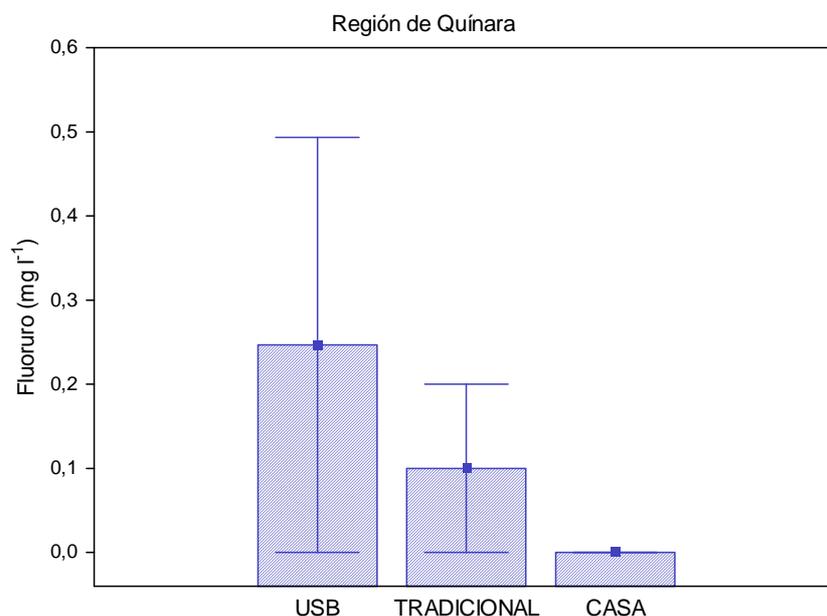
<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>DUREZA (mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	20.00
Brandao	Tradicional	18.00
Brandao	USB	4.00
Dar Salam	Casa	43.00
Dar Salam	Tradicional	35.00
Dar Salam	USB	19.00
Empada	Casa	8.00
Empada	Tradicional	7.00
Empada	USB	2.00
Fulacunda	Casa	30.00
Fulacunda	Tradicional	96.00
Fulacunda	USB	29.00
Gandúa Mandinga	Casa	<2.00
Gandúa Mandinga	Tradicional	<2.00
Gandúa Mandinga	USB	140.00
Ganjetra	Casa	19.00
Ganjetra	Tradicional	88.00
Ganjetra	USB	15.00
Madina Atche	Casa	16.80
Madina Atche	Tradicional	7.20
Madina Atche	USB	13.80
Madina da Baixo	Casa	13.00
Madina da Baixo	Tradicional	11.00
Madina da Baixo	USB	48.00
Novasintra	Casa	48.00
Novasintra	Tradicional	16.00
Novasintra	USB	42.00

**Tabla 4.24.** Dureza en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

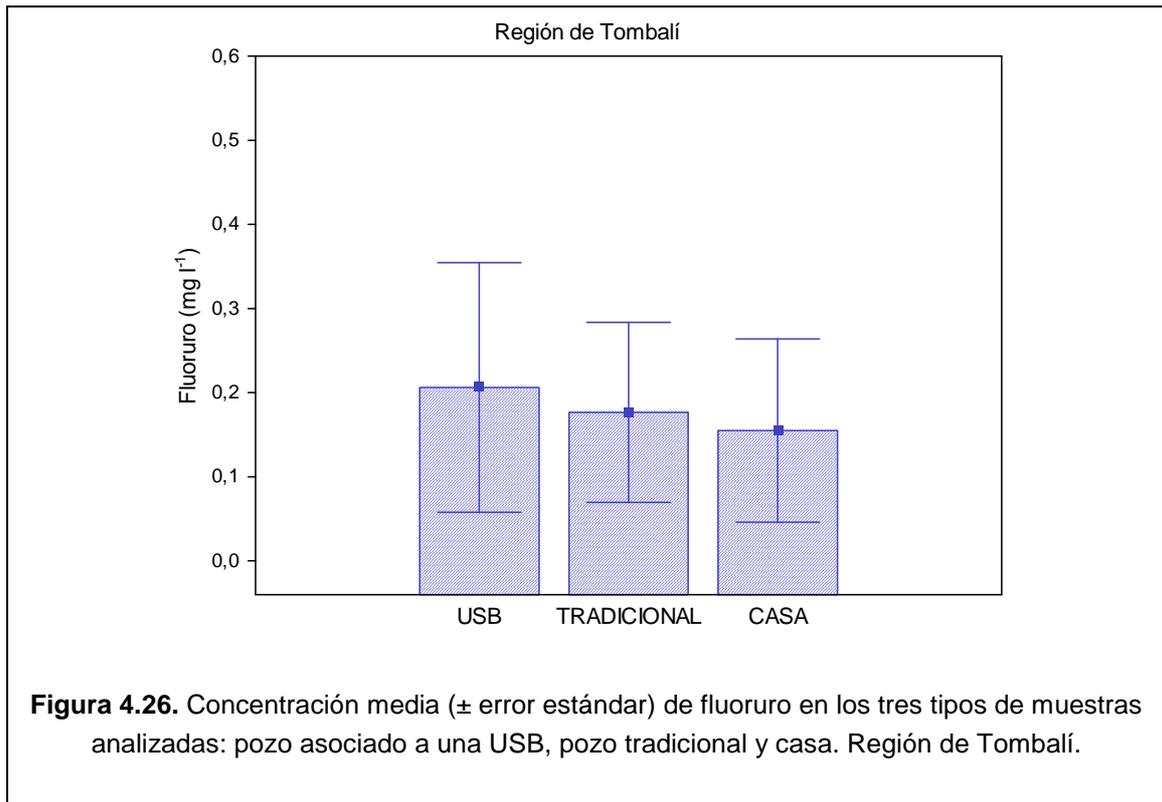
<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>DUREZA (mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	15.00
Afia Bunhio	Tradicional	8.00
Afia Bunhio	USB	150.00
Botchi Minde	Casa	12.00
Botchi Minde	Tradicional	10.00
Botchi Minde	USB	180.00
Cafal Nalu	Casa	<2.00
Cafal Nalu	Tradicional	<2.00
Cafal Nalu	USB	190.00
Caiquene	Casa	4.00
Caiquene	Tradicional	<2.00
Caiquene	USB	33.00
Calima	Casa	10.00
Calima	Tradicional	11.00
Calima	USB	19.00
Fora Sadjuma	Casa	2.00
Fora Sadjuma	Tradicional	<2.00
Fora Sadjuma	USB	90.00
Gamsala	Casa	11.00
Gamsala	Tradicional	12.00
Gamsala	USB	12.00
Ilheu N' Fanda	Casa	25.00
Ilheu N' Fanda	Tradicional	18.00
Ilheu N' Fanda	USB	33.00
Lautchande	Casa	8.00
Lautchande	Tradicional	8.00
Lautchande	USB	30.00
Madina Contabane	Casa	19.00
Madina Contabane	Tradicional	10.00
Madina Contabane	USB	130.00
Mato Forroba	Casa	8.00
Mato Forroba	Tradicional	6.00
Mato Forroba	USB	39.00

<b>PARÁMETRO: Fluoruro</b>
Parámetro de origen natural.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 1.5 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 1.5 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el contenido de flúor de la corteza terrestre es aproximadamente 0.3 g/kg y se encuentra en forma de fluoruros en diversos minerales, por lo que la mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural.</p> <p>Los minerales inorgánicos que contienen fluoruro tienen diversas aplicaciones industriales, como la producción de aluminio. También pueden liberarse al medio ambiente fluoruros procedentes de rocas que contienen fosfato empleadas en la fabricación de fertilizantes fosfatados, estos depósitos de fosfato contienen un 4% de flúor aproximadamente.</p> <p>La exposición diaria al fluoruro depende principalmente de la zona geográfica. En la mayoría de las circunstancias, los alimentos parecen ser la principal fuente de ingesta de fluoruro, mientras que la aportación procedente del agua de consumo y de los dentífricos es menor. En zonas con concentraciones relativamente altas, especialmente en aguas subterráneas, el agua de consumo adquiere mayor importancia como fuente de fluoruro. También puede ser significativa la ingesta en zonas donde se usa carbón con alto contenido en fluoruro en recintos cerrados.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> se han llevado a cabo muchos estudios epidemiológicos sobre los posibles efectos adversos resultantes de la ingestión prolongada de fluoruro a través del agua de consumo. Estos estudios demuestran claramente que el fluoruro afecta principalmente a los tejidos óseos (huesos y dientes). En muchas regiones con un índice alto de exposición al fluoruro, éste es una causa significativa de morbilidad. Las concentraciones bajas protegen, sobre todo a los niños, de las caries dentales. Estos efectos protectores aumentan al aumentar la concentración de fluoruro en el agua de consumo hasta aproximadamente 2 mg l<sup>-1</sup>, siendo la concentración mínima necesaria para producir el efecto protector 0.5 mg l<sup>-1</sup> aproximadamente. No obstante, el fluoruro también puede producir un efecto adverso en el esmalte dental y puede provocar fluorosis dental leve en concentraciones de 0.9 a 1.2 mg l<sup>-1</sup> en el agua de consumo, en función de la ingesta.</p> <p>Las ingestas elevadas de fluoruro pueden producir efectos más graves en los tejidos óseos. Se ha concluido que existe un claro riesgo adicional de efectos óseos adversos si la ingesta total es de 14 mg/día y existen indicios que sugieren un incremento del riesgo de efectos adversos en el esqueleto cuando la ingesta total de fluoruro supera los 6 mg/día aproximadamente.</p>

**RESULTADOS:** únicamente se pudo analizar este parámetro en 36 de las 60 muestras de agua. La mitad de las muestras mostraron valores muy bajos inferiores a  $0.05 \text{ mg l}^{-1}$ . Ninguna alcanzó concentraciones superiores al valor de referencia, pero algunas mostraron valores muy cercanos. Las muestras alcanzaron concentraciones de fluoruro comprendidas entre  $0.05$  y  $1.23 \text{ mg l}^{-1}$ . Las diferencias en las concentraciones medias entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores algo superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.25, Tabla 4.25). En cambio, en la región de Tombalí los valores medios fueron muy similares entre tipos de muestras, oscilando entre  $0.15$  y  $0.21 \text{ mg l}^{-1}$  (Figura 4.26, Tabla 4.26)



**Figura 4.25.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de fluoruro en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Foto 13.** Evaluación de las infraestructuras asociadas a un pozo tradicional.

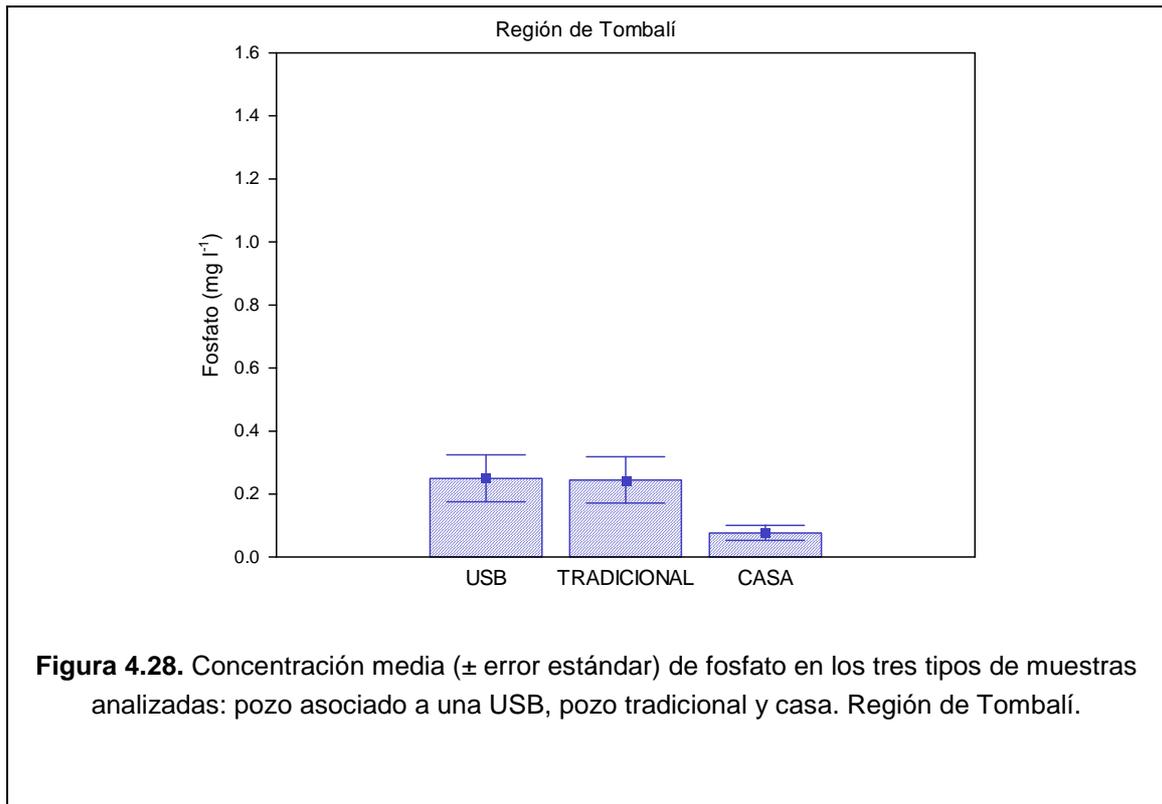
**Tabla 4.25.** Concentración de Fluoruro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>FLUORURO (F<sup>-</sup>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	-
Brandao	Tradicional	-
Brandao	USB	-
Dar Salam	Casa	<0.05
Dar Salam	Tradicional	<0.05
Dar Salam	USB	<0.05
Empada	Casa	<0.05
Empada	Tradicional	0.30
Empada	USB	0.74
Fulacunda	Casa	-
Fulacunda	Tradicional	-
Fulacunda	USB	-
Gandúa Mandinga	Casa	-
Gandúa Mandinga	Tradicional	-
Gandúa Mandinga	USB	-
Ganjetra	Casa	-
Ganjetra	Tradicional	-
Ganjetra	USB	-
Madina Atche	Casa	-
Madina Atche	Tradicional	-
Madina Atche	USB	-
Madina da Baixo	Casa	<0.05
Madina da Baixo	Tradicional	<0.05
Madina da Baixo	USB	<0.05
Novasintra	Casa	-
Novasintra	Tradicional	-
Novasintra	USB	-

**Tabla 4.26.** Concentración de Conductividad en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>FLUORURO (F<sup>-</sup>,mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	1.12
Afia Bunhio	Tradicional	1.01
Afia Bunhio	USB	1.23
Botchi Minde	Casa	<0.05
Botchi Minde	Tradicional	<0.05
Botchi Minde	USB	0.13
Cafal Nalu	Casa	<0.05
Cafal Nalu	Tradicional	-
Cafal Nalu	USB	0.12
Caiquene	Casa	0.14
Caiquene	Tradicional	0.13
Caiquene	USB	-
Calima	Casa	<0.05
Calima	Tradicional	0.19
Calima	USB	<0.05
Fora Sadjuma	Casa	<0.05
Fora Sadjuma	Tradicional	0.13
Fora Sadjuma	USB	-
Gamsala	Casa	0.16
Gamsala	Tradicional	<0.05
Gamsala	USB	<0.05
Ilheu N`Fanda	Casa	0.08
Ilheu N`Fanda	Tradicional	0.13
Ilheu N`Fanda	USB	0.17
Lautchande	Casa	-
Lautchande	Tradicional	-
Lautchande	USB	-
Madina Contabane	Casa	0.05
Madina Contabane	Tradicional	<0.05
Madina Contabane	USB	<0.05
Mato Forroba	Casa	<0.05
Mato Forroba	Tradicional	<0.05
Mato Forroba	USB	<0.05

PARÁMETRO: <b>Fosfato</b>								
Parámetros relacionados con la utilización de detergentes y jabones.								
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: no tiene, Directiva 98/83/CE: no tiene								
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> indica contaminación por jabones y detergentes.								
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> no tiene efectos conocidos sobre la salud.								
<p><b>RESULTADOS:</b> un 17% de las muestras alcanzó valores muy bajos inferiores a 0.05 mg l<sup>-1</sup>. En el resto las concentraciones de fosfato oscilaron entre 0.05 y 3.95 mg l<sup>-1</sup>. Las diferencias en las concentraciones medias entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores inferiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.27, Tabla 4.27). En la región de Tombalí los valores medios fueron muy similares entre los tipos de pozos, cercanos a 0.25 mg l<sup>-1</sup>, mientras que en las muestras de las casas las concentraciones fueron algo menores (Figura 4.28, Tabla 4.28).</p>								
<table border="1" style="margin: auto;"> <caption>Data for Figura 4.27: Concentración media de fosfato (mg l<sup>-1</sup>)</caption> <thead> <tr> <th>Tipo de muestra</th> <th>Concentración media (mg l<sup>-1</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>USB</td> <td>~0.12</td> </tr> <tr> <td>TRADICIONAL</td> <td>~1.05</td> </tr> <tr> <td>CASA</td> <td>~0.58</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )	USB	~0.12	TRADICIONAL	~1.05	CASA	~0.58
Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )							
USB	~0.12							
TRADICIONAL	~1.05							
CASA	~0.58							
<p><b>Figura 4.27.</b> Concentración media (<math>\pm</math> error estándar) de fosfato en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.</p>								



**Foto 14.** Resultado de un análisis de fosfato.

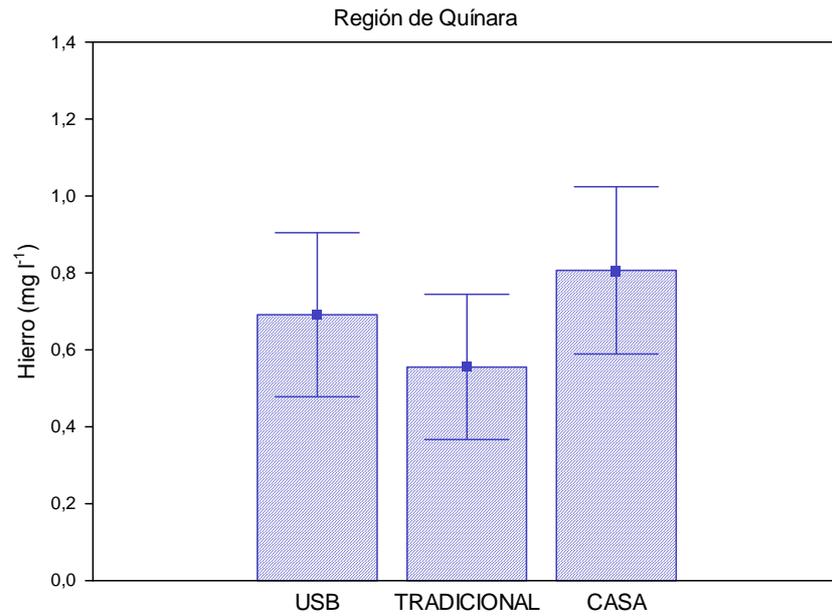
**Tabla 4.27.** Concentración de Fosfato y Fósforo en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>FOSFATO (PO<sub>4</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>FÓSFORO (P, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	0.08	0.03
Brandao	Tradicional	0.05	0.02
Brandao	USB	<0.05	<0.05
Dar Salam	Casa	0.57	0.19
Dar Salam	Tradicional	0.68	0.22
Dar Salam	USB	0.08	0.03
Empada	Casa	<0.05	<0.05
Empada	Tradicional	<0.05	<0.05
Empada	USB	<0.05	<0.05
Fulacunda	Casa	0.20	0.07
Fulacunda	Tradicional	2.17	0.72
Fulacunda	USB	0.42	0.14
Gandúa Mandinga	Casa	0.32	0.11
Gandúa Mandinga	Tradicional	1.15	0.38
Gandúa Mandinga	USB	0.16	0.05
Ganjetra	Casa	3.65	1.20
Ganjetra	Tradicional	3.95	1.30
Ganjetra	USB	0.06	0.02
Madina Atche	Casa	0.13	0.04
Madina Atche	Tradicional	0.28	0.09
Madina Atche	USB	0.27	0.09
Madina da Baixo	Casa	0.33	0.11
Madina da Baixo	Tradicional	0.97	0.32
Madina da Baixo	USB	0.08	0.03
Novasintra	Casa	<0.05	<0.05
Novasintra	Tradicional	0.26	0.09
Novasintra	USB	<0.05	<0.05

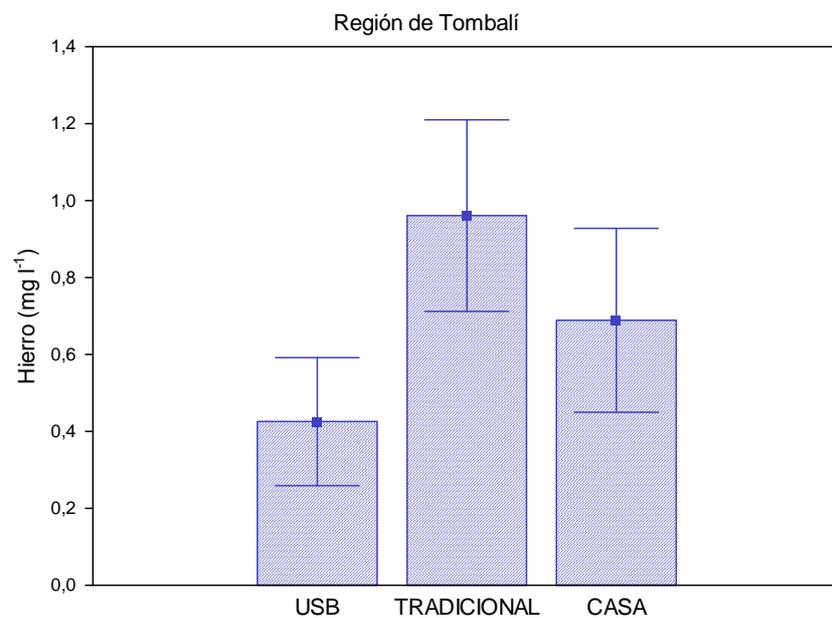
**Tabla 4.28.** Concentración de Fosfato y Fósforo en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>FOSFATO (PO<sub>4</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>FÓSFORO (P, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	0.11	0.04
Afia Bunhio	Tradicional	0.12	0.04
Afia Bunhio	USB	0.12	0.04
Botchi Minde	Casa	0.06	0.02
Botchi Minde	Tradicional	0.78	0.26
Botchi Minde	USB	0.06	0.02
Cafal Nalu	Casa	0.07	0.02
Cafal Nalu	Tradicional	0.05	0.02
Cafal Nalu	USB	0.13	0.04
Caiquene	Casa	0.06	0.02
Caiquene	Tradicional	0.29	0.10
Caiquene	USB	0.29	0.10
Calima	Casa	0.08	0.03
Calima	Tradicional	0.32	0.11
Calima	USB	0.13	0.04
Fora Sadjuma	Casa	0.06	0.02
Fora Sadjuma	Tradicional	0.57	0.19
Fora Sadjuma	USB	0.59	0.19
Gamsala	Casa	0.12	0.04
Gamsala	Tradicional	0.11	0.04
Gamsala	USB	0.12	0.04
Ilheu N`Fanda	Casa	0.28	0.09
Ilheu N`Fanda	Tradicional	0.30	0.10
Ilheu N`Fanda	USB	0.27	0.09
Lautchande	Casa	<0.05	<0.05
Lautchande	Tradicional	<0.05	<0.05
Lautchande	USB	0.13	0.04
Madina Contabane	Casa	<0.05	<0.05
Madina Contabane	Tradicional	0.08	0.03
Madina Contabane	USB	0.07	0.02
Mato Forroba	Casa	<0.05	<0.05
Mato Forroba	Tradicional	0.07	0.02
Mato Forroba	USB	0.84	0.28

<b>PARÁMETRO: Hierro</b>
Parámetro relacionado con la distribución del agua (tratamientos y tuberías, problemas organolépticos)
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 1 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 0.2 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0.5 a 50 mg l<sup>-1</sup>. También puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua.</p> <p>En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litro sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbidez al bombearla directamente desde un pozo. Sin embargo, al entrar en contacto con la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo no deseable. El hierro también potencia la proliferación de bacterias ferruginosas, que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que, en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías.</p> <p>En niveles por encima de 0.3 mg l<sup>-1</sup>, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el hierro es un elemento esencial en la nutrición humana. Las necesidades diarias mínimas de este elemento varían en función de la edad, el sexo, el estado físico y la biodisponibilidad del hierro y oscilan entre 10 y 50 mg/día. Se establece una ingestión máxima de 0.8 mg/kg de peso corporal para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo, aplicable al hierro de todas las fuentes excepto a los óxidos de hierro utilizados como colorantes y a los complementos de hierro que se toman durante el embarazo y la lactancia o por necesidades clínicas concretas.</p> <p>Por lo general, no se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro menores que 0.3 mg l<sup>-1</sup>, aunque pueden aparecer turbidez y coloración.</p>
<p><b>RESULTADOS:</b> el 5% de las muestras analizadas mostró valores muy bajos inferiores a 0.02 mg l<sup>-1</sup>. El resto alcanzó concentraciones comprendidas entre 0.02 y 2.86 mg l<sup>-1</sup>. El 70% de las muestras de agua alcanzaron concentraciones por encima del valor de referencia. Las concentraciones medias de hierro fueron similares entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara, con promedios que fluctuaron entre 0.6 y 0.8 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.29, Tabla 4.29). En cambio, en la región de Tombalí los valores de las muestras procedentes de pozos asociados a las USB fueron algo menores, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura 4.30, Tabla 4.30).</p>



**Figura 4.29.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de hierro en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.30.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de hierro en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

**Tabla 4.29.** Concentración de Hierro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

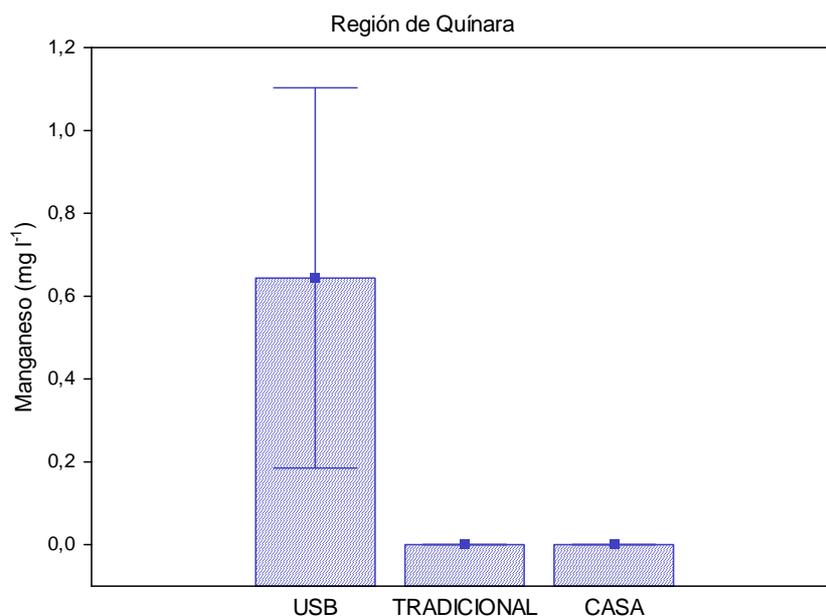
REGIÓN DE QUÍNARA		
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	HIERRO (Fe, mg l <sup>-1</sup> )
Brandao	Casa	0.80
Brandao	Tradicional	1.94
Brandao	USB	1.77
Dar Salam	Casa	1.59
Dar Salam	Tradicional	0.20
Dar Salam	USB	0.96
Empada	Casa	0.06
Empada	Tradicional	0.64
Empada	USB	0.50
Fulacunda	Casa	1.56
Fulacunda	Tradicional	0.27
Fulacunda	USB	1.55
Gandúa Mandinga	Casa	1.49
Gandúa Mandinga	Tradicional	0.78
Gandúa Mandinga	USB	0.06
Ganjetra	Casa	1.06
Ganjetra	Tradicional	0.06
Ganjetra	USB	0.56
Madina Atche	Casa	0.04
Madina Atche	Tradicional	0.37
Madina Atche	USB	0.03
Madina da Baixo	Casa	0.56
Madina da Baixo	Tradicional	0.23
Madina da Baixo	USB	0.05
Novasintra	Casa	0.10
Novasintra	Tradicional	0.51
Novasintra	USB	0.74

**Tabla 4.30.** Concentración de Hierro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

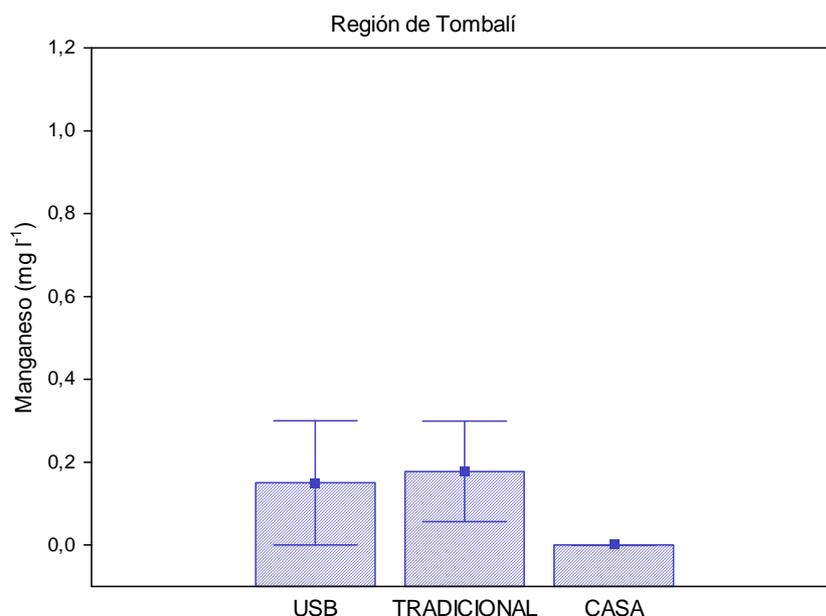
<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>HIERRO (Fe, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	0.05
Afia Bunhio	Tradicional	0.41
Afia Bunhio	USB	0.04
Botchi Minde	Casa	1.38
Botchi Minde	Tradicional	1.48
Botchi Minde	USB	0.18
Cafal Nalu	Casa	1.06
Cafal Nalu	Tradicional	0.64
Cafal Nalu	USB	<0.02
Caiquene	Casa	0.13
Caiquene	Tradicional	0.77
Caiquene	USB	0.02
Calima	Casa	0.98
Calima	Tradicional	1.43
Calima	USB	1.21
Fora Sadjuma	Casa	0.20
Fora Sadjuma	Tradicional	0.18
Fora Sadjuma	USB	<0.02
Gamsala	Casa	2.67
Gamsala	Tradicional	2.86
Gamsala	USB	0.81
Ilheu N' Fanda	Casa	0.28
Ilheu N' Fanda	Tradicional	0.69
Ilheu N' Fanda	USB	1.13
Lautchande	Casa	0.20
Lautchande	Tradicional	0.17
Lautchande	USB	<0.02
Madina Contabane	Casa	0.39
Madina Contabane	Tradicional	0.27
Madina Contabane	USB	0.02
Mato Forroba	Casa	0.24
Mato Forroba	Tradicional	1.67
Mato Forroba	USB	1.27

<b>PARÁMETRO: Manganeseo</b>
Parámetro de origen natural.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 0.4 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 0.05 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el manganeso es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre y su presencia suele estar asociada a la del hierro. Se utiliza principalmente en la fabricación de aleaciones de hierro y acero, como oxidante para la limpieza, el blanqueado y la desinfección en forma de permanganato potásico y como ingrediente de diversos productos. Recientemente, se está utilizado en un compuesto orgánico, el MMT, como potenciador del octanaje de la gasolina.</p> <p>En algunos lugares se utilizan arenas verdes de manganeso para el tratamiento del agua potable.</p> <p>La presencia de manganeso a concentraciones mayores que 0.1 mg l<sup>-1</sup> en sistemas de abastecimiento de agua mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. Al igual que sucede con el hierro, la presencia de manganeso en el agua de consumo puede dar lugar a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Incluso en una concentración de 0.2 mg l<sup>-1</sup>, el manganeso formará con frecuencia una capa en las tuberías, que puede desprenderse en forma de precipitado negro.</p> <p>Hay manganeso de origen natural en muchas fuentes de agua superficiales y subterráneas, sobre todo en condiciones anaerobias o de microoxidación y es la fuente más importante de manganeso en el agua de consumo, aunque la mayor exposición proviene, habitualmente, de los alimentos.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el manganeso es un elemento esencial para el ser humano y otros. Los estados de oxidación más importantes para la biología y el medio ambiente son el Mn<sup>2+</sup>, el Mn<sup>4+</sup> y el Mn<sup>7+</sup>. Tanto la carencia como la sobreexposición a este elemento pueden causar efectos adversos en el organismo. Se sabe que el manganeso produce efectos neurológicos tras la exposición por inhalación, especialmente de tipo laboral y hay estudios epidemiológicos que han notificado efectos neurológicos adversos tras la exposición prolongada a concentraciones muy altas en el agua de consumo. La evaluación de efectos neuroconductuales observados en los primates, como los temblores o los trastornos de la marcha, a menudo van precedidos o acompañados de síntomas psíquicos como irritabilidad o inestabilidad emocional.</p> <p>La presencia de manganeso a concentraciones mayores que 0.1 mg l<sup>-1</sup> en sistemas de abastecimiento de agua produce un sabor no deseable en bebidas.</p>

**RESULTADOS:** el 92% de las muestras analizadas mostró valores muy bajos inferiores a  $0.2 \text{ mg l}^{-1}$ . El resto alcanzó concentraciones comprendidas entre  $0.80$  y  $3.92 \text{ mg l}^{-1}$ , superando todas los valores de referencia. En la región de Quínara, únicamente las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB mostraron valores altos de manganeso, con una concentración media de  $0.64 \text{ mg l}^{-1}$  (Figura 4.31, Tabla 4.31). En la región de Tombalí los valores fueron inferiores a la región de Quínara, cercanos a  $0.15 \text{ mg l}^{-1}$ , salvo en las muestras de las casas donde los niveles fueron muy bajos (Figura 4.32, Tabla 4.32).



**Figura 4.31.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de manganeso en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.32.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de manganeso en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

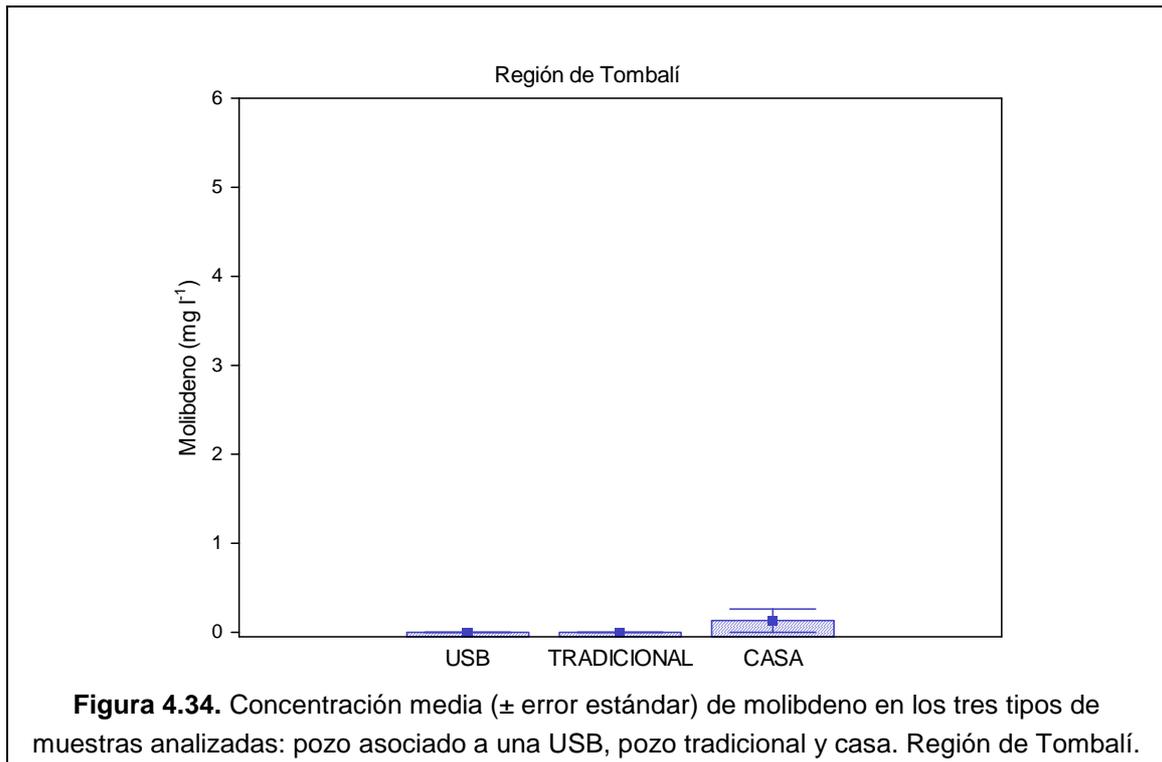
**Tabla 4.31.** Concentración de Manganeso en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>MANGANESO (Mn, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.2
Brandao	Tradicional	<0.2
Brandao	USB	<b>1.81</b>
Dar Salam	Casa	<0.2
Dar Salam	Tradicional	<0.2
Dar Salam	USB	<0.2
Empada	Casa	<0.2
Empada	Tradicional	<0.2
Empada	USB	<b>0.86</b>
Fulacunda	Casa	<0.2
Fulacunda	Tradicional	<0.2
Fulacunda	USB	<0.2
Gandúa Mandinga	Casa	<0.2
Gandúa Mandinga	Tradicional	<0.2
Gandúa Mandinga	USB	<0.2
Ganjetra	Casa	<0.2
Ganjetra	Tradicional	<0.2
Ganjetra	USB	<0.2
Madina Atche	Casa	<0.2
Madina Atche	Tradicional	<0.2
Madina Atche	USB	<0.2
Madina da Baixo	Casa	<0.2
Madina da Baixo	Tradicional	<0.2
Madina da Baixo	USB	<0.2
Novasintra	Casa	<0.2
Novasintra	Tradicional	<0.2
Novasintra	USB	<0.2

**Tabla 4.32.** Concentración de Manganeso en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

REGIÓN DE TOMBALÍ		
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	MANGANESO (Mn, mg l <sup>-1</sup> )
Afia Bunhio	Casa	<0.2
Afia Bunhio	Tradicional	<0.2
Afia Bunhio	USB	<0.2
Botchi Minde	Casa	<0.2
Botchi Minde	Tradicional	<0.2
Botchi Minde	USB	<0.2
Cafal Nalu	Casa	<0.2
Cafal Nalu	Tradicional	<0.2
Cafal Nalu	USB	<0.2
Caiquene	Casa	<0.2
Caiquene	Tradicional	<0.2
Caiquene	USB	<0.2
Calima	Casa	<0.2
Calima	Tradicional	0.53
Calima	USB	0.76
Fora Sadjuma	Casa	<0.2
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.2
Fora Sadjuma	USB	<0.2
Gamsala	Casa	<0.2
Gamsala	Tradicional	0.37
Gamsala	USB	<0.2
Ilheu N` Fanda	Casa	<0.2
Ilheu N` Fanda	Tradicional	<0.2
Ilheu N` Fanda	USB	<0.2
Lautchande	Casa	<0.2
Lautchande	Tradicional	<0.2
Lautchande	USB	<0.2
Madina Contabane	Casa	<0.2
Madina Contabane	Tradicional	<0.2
Madina Contabane	USB	<0.2
Mato Forroba	Casa	<0.2
Mato Forroba	Tradicional	<0.2
Mato Forroba	USB	<0.2

<b>PARÁMETRO: Molibdato y Molibdeno</b>								
Parámetro de origen natural.								
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 0.07 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: no tiene								
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> el molibdeno se encuentra de forma natural en el suelo y se utiliza en la fabricación de aceros especiales y en la producción de tungsteno y de pigmentos. Otros compuestos de molibdeno se utilizan como aditivos lubricantes y en la agricultura, para prevenir la carencia de molibdeno en los cultivos.								
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el molibdeno se considera un elemento esencial y se calcula que las necesidades diarias de los adultos son de 0.1-0.3 mg. No hay datos disponibles sobre la capacidad cancerígena del molibdeno por vía oral.								
<b>RESULTADOS:</b> el 92% de las muestras analizadas mostró valores muy bajos inferiores a 1 mg l <sup>-1</sup> . El resto alcanzó concentraciones comprendidas entre 1.44 y 21.78 mg l <sup>-1</sup> . El 8% de las muestras de agua mostró valores por encima del valor de referencia. Las diferencias en las concentraciones medias de molibdeno entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.33, Tabla 4.33). En la región de Tombalí las concentraciones fueron menores que en Quínara y algo superiores en las muestras procedentes del agua almacenada en las casas, aunque estas diferencias tampoco fueron estadísticamente significativas (Figura 4.34, Tabla 4.34).								
<p>Región de Quínara</p> <table border="1"> <caption>Data for Figura 4.33: Concentración media de molibdeno (mg l<sup>-1</sup>)</caption> <thead> <tr> <th>Tipo de muestra</th> <th>Concentración media (mg l<sup>-1</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>USB</td> <td>~2.4</td> </tr> <tr> <td>TRADICIONAL</td> <td>~0.4</td> </tr> <tr> <td>CASA</td> <td>~0.3</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )	USB	~2.4	TRADICIONAL	~0.4	CASA	~0.3
Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )							
USB	~2.4							
TRADICIONAL	~0.4							
CASA	~0.3							
<b>Figura 4.33.</b> Concentración media ( $\pm$ error estándar) de molibdeno en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.								



**Foto 15.** Reunión con las encargadas del mantenimiento de la USB de Nova Sintra, Región de Quínara

**Tabla 4.33.** Concentración de Molibdato y Molibdeno en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

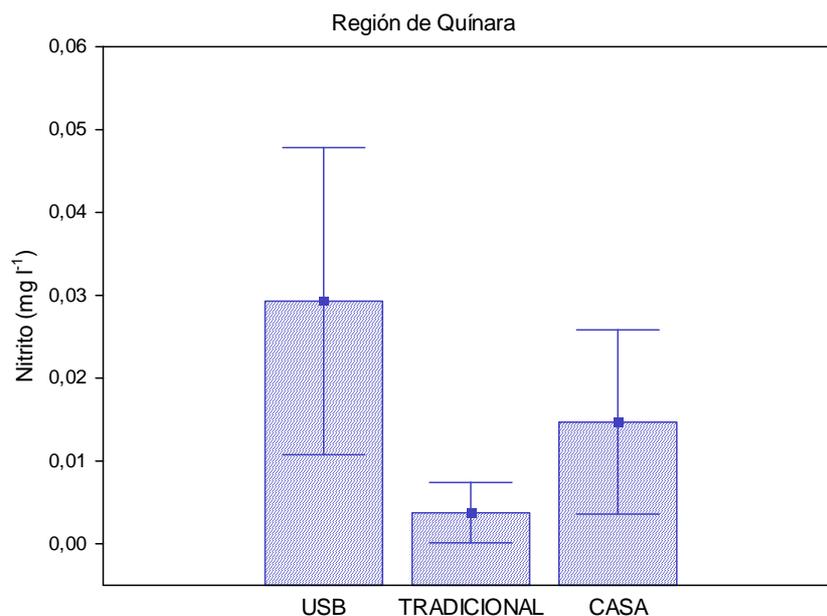
<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>MOLIBDATO (MoO<sub>4</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>MOLIBDENO (Mo, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	4.30	2.58
Brandao	Tradicional	2.90	1.74
Brandao	USB	36.30	21.78
Dar Salam	Casa	<1	<1
Dar Salam	Tradicional	<1	<1
Dar Salam	USB	<1	<1
Empada	Casa	<1	<1
Empada	Tradicional	<1	<1
Empada	USB	<1	<1
Fulacunda	Casa	<1	<1
Fulacunda	Tradicional	<1	<1
Fulacunda	USB	<1	<1
Gandúa Mandinga	Casa	<1	<1
Gandúa Mandinga	Tradicional	<1	<1
Gandúa Mandinga	USB	<1	<1
Ganjetra	Casa	<1	<1
Ganjetra	Tradicional	<1	<1
Ganjetra	USB	<1	<1
Madina Atche	Casa	<1	<1
Madina Atche	Tradicional	<1	<1
Madina Atche	USB	<1	<1
Madina da Baixo	Casa	<1	<1
Madina da Baixo	Tradicional	<1	<1
Madina da Baixo	USB	<1	<1
Novasintra	Casa	<1	<1
Novasintra	Tradicional	2.70	1.62
Novasintra	USB	<1	<1

**Tabla 4.34.** Concentración de Molibdato y Molibdeno en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

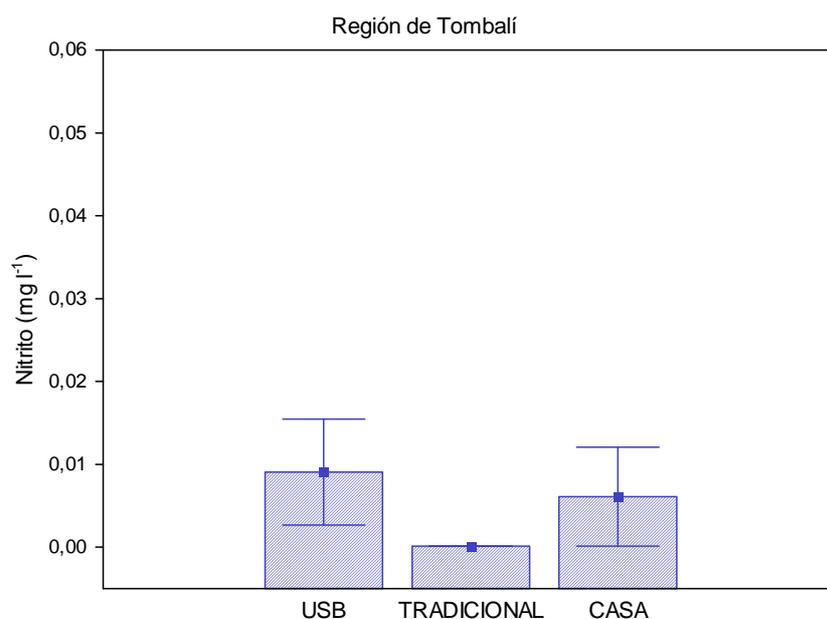
<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>MOLIBDATO (MoO<sub>4</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>MOLIBDENO (Mo, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	<1	<1
Afia Bunhio	Tradicional	<1	<1
Afia Bunhio	USB	<1	<1
Botchi Minde	Casa	2.40	1.44
Botchi Minde	Tradicional	<1	<1
Botchi Minde	USB	<1	<1
Cafal Nalu	Casa	<1	<1
Cafal Nalu	Tradicional	<1	<1
Cafal Nalu	USB	<1	<1
Caiquene	Casa	<1	<1
Caiquene	Tradicional	<1	<1
Caiquene	USB	<1	<1
Calima	Casa	<1	<1
Calima	Tradicional	<1	<1
Calima	USB	<1	<1
Fora Sadjuma	Casa	<1	<1
Fora Sadjuma	Tradicional	<1	<1
Fora Sadjuma	USB	<1	<1
Gamsala	Casa	<1	<1
Gamsala	Tradicional	<1	<1
Gamsala	USB	<1	<1
Ilheu N` Fanda	Casa	<1	<1
Ilheu N` Fanda	Tradicional	<1	<1
Ilheu N` Fanda	USB	<1	<1
Lautchande	Casa	<1	<1
Lautchande	Tradicional	<1	<1
Lautchande	USB	<1	<1
Madina Contabane	Casa	<1	<1
Madina Contabane	Tradicional	<1	<1
Madina Contabane	USB	<1	<1
Mato Forroba	Casa	<1	<1
Mato Forroba	Tradicional	<1	<1
Mato Forroba	USB	<1	<1

<b>PARÁMETRO: Nitrito</b>
Parámetros relacionados con residuos animales y aguas residuales (compuestos nitrogenados)
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 3 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 0.5 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el nitrato y el nitrito son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas. La formación de nitrito es consecuencia de la actividad microbiana y puede ser intermitente.</p> <p>La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares. Las condiciones anaerobias pueden favorecer la formación y persistencia del nitrito.</p> <p>La cloraminación podría ocasionar la formación de nitrito en el sistema de distribución si no se controla debidamente la formación de cloramina.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el principal riesgo para la salud del nitrito y el nitrato es la metahemoglobinemia, también llamada «síndrome del recién nacido cianótico». Esta enfermedad produce cianosis y, en concentraciones más altas, asfixia. El nitrato se reduce a nitrito en el estómago de los lactantes y el nitrito puede oxidar la hemoglobina a metahemoglobina, que no puede transportar oxígeno por el organismo. La hemoglobina de los lactantes menores tiene mayor tendencia a transformarse en metahemoglobina que la de los niños de más edad y los adultos, se cree que esto se debe a la gran proporción de hemoglobina fetal, que se oxida con más facilidad a metahemoglobina, que todavía contiene la sangre de los lactantes. Además, los lactantes tienen un déficit de metahemoglobina-reductasa, la enzima que se encarga de reducir la metahemoglobina a hemoglobina. Por otra parte, las bacterias gástricas que reducen el nitrato a nitrito tienen mayor actividad en los lactantes, debido a su baja acidez gástrica. La mayor reducción de nitrato a nitrito en los lactantes menores no está bien cuantificada, pero parece que las infecciones gastrointestinales potencian dicha transformación.</p> <p>En estudios sobre el nitrito realizados en ratas de laboratorio se ha descrito hipertrofia de la zona glomerular de la corteza suprarrenal. Aún no se ha determinado el mecanismo mediante el cual se produce este efecto ni si tiene lugar en otras especies.</p>

**RESULTADOS:** el 85% de las muestras alcanzaron valores muy bajos inferiores a  $0.02 \text{ mg l}^{-1}$ . El resto presentó concentraciones entre  $0.03$  y  $0.16 \text{ mg l}^{-1}$ . Ninguna muestra presentó valores por encima del valor de referencia. Las diferencias en las concentraciones medias de nitrito entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.35, Tabla 4.35). Los niveles en los pozos tradicionales fueron muy bajos. En la región de Tombalí se observó un patrón similar, aunque los promedios fueron menores, con valores cercanos a  $0.01 \text{ mg l}^{-1}$  (Figura 4.36, Tabla 4.36).



**Figura 4.35.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de nitrito en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.36.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de nitrito en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

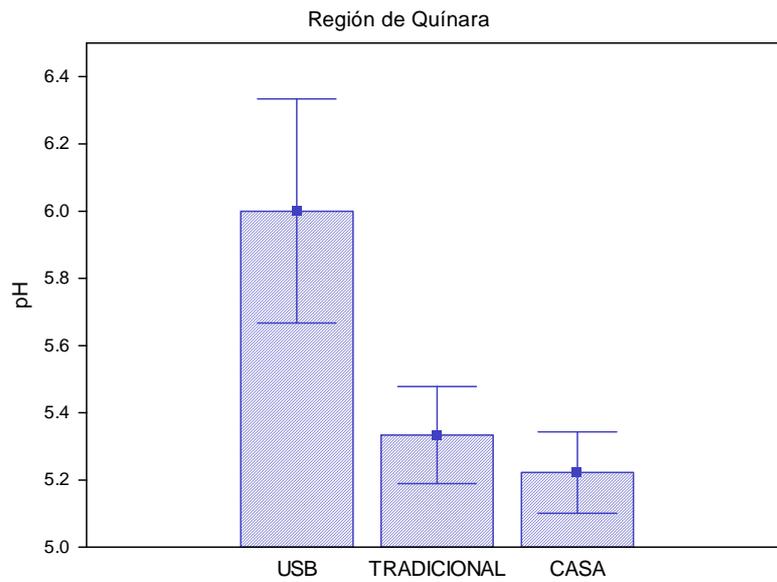
**Tabla 4.35.** Concentración de Nitrito en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>NITRITO (NO<sub>2</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<0.02
Brandao	Tradicional	<0.02
Brandao	USB	<0.02
Dar Salam	Casa	0.10
Dar Salam	Tradicional	0.03
Dar Salam	USB	0.07
Empada	Casa	<0.02
Empada	Tradicional	<0.02
Empada	USB	0.03
Fulacunda	Casa	<0.02
Fulacunda	Tradicional	<0.02
Fulacunda	USB	<0.02
Gandúa Mandinga	Casa	<0.02
Gandúa Mandinga	Tradicional	<0.02
Gandúa Mandinga	USB	<0.02
Ganjetra	Casa	<0.02
Ganjetra	Tradicional	<0.02
Ganjetra	USB	<0.02
Madina Atche	Casa	<0.02
Madina Atche	Tradicional	<0.02
Madina Atche	USB	<0.02
Madina da Baixo	Casa	0.03
Madina da Baixo	Tradicional	<0.02
Madina da Baixo	USB	0.16
Novasintra	Casa	<0.02
Novasintra	Tradicional	<0.02
Novasintra	USB	<0.02

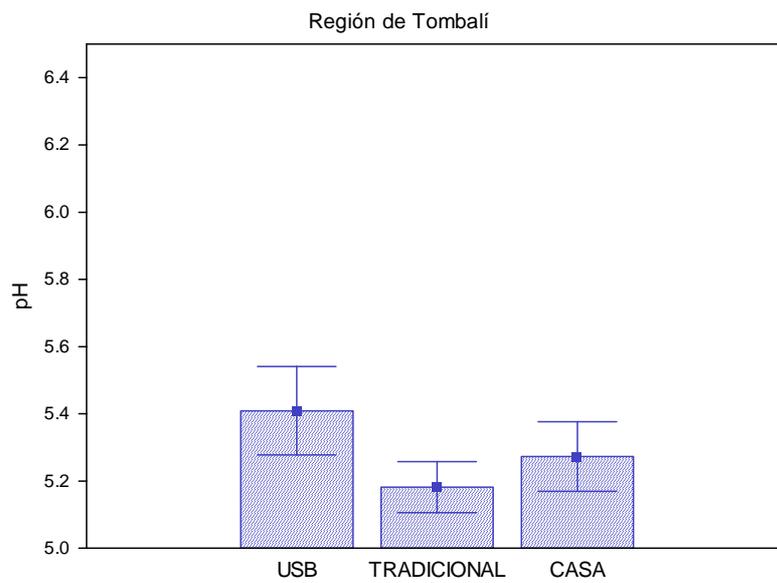
**Tabla 4.36.** Concentración de Nitrito en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>NITRITO (NO<sub>2</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	<0.02
Afia Bunhio	Tradicional	<0.02
Afia Bunhio	USB	0.03
Botchi Minde	Casa	<0.02
Botchi Minde	Tradicional	<0.02
Botchi Minde	USB	<0.02
Cafal Nalu	Casa	<0.02
Cafal Nalu	Tradicional	<0.02
Cafal Nalu	USB	<0.02
Caiquene	Casa	<0.02
Caiquene	Tradicional	<0.02
Caiquene	USB	<0.02
Calima	Casa	<0.02
Calima	Tradicional	<0.02
Calima	USB	<0.02
Fora Sadjuma	Casa	<0.02
Fora Sadjuma	Tradicional	<0.02
Fora Sadjuma	USB	<0.02
Gamsala	Casa	<0.02
Gamsala	Tradicional	<0.02
Gamsala	USB	<0.02
Ilheu N`Fanda	Casa	<0.02
Ilheu N`Fanda	Tradicional	<0.02
Ilheu N`Fanda	USB	<0.02
Lautchande	Casa	<0.02
Lautchande	Tradicional	<0.02
Lautchande	USB	<0.02
Madina Contabane	Casa	0.07
Madina Contabane	Tradicional	<0.02
Madina Contabane	USB	0.07
Mato Forroba	Casa	<0.02
Mato Forroba	Tradicional	<0.02
Mato Forroba	USB	<0.02

<b>PARÁMETRO: pH</b>
Parámetro indicador de la calidad del agua.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 6.5-9.5, Directiva 98/83/CE: 6.5-9.5
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el pH es una medida de la intensidad ácida o alcalina de una muestra de agua. Los conceptos de alcalinidad, pH y acidez se relacionan mutuamente.</p> <p>Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva.</p> <p>El pH controla la solubilidad y la velocidad de reacción de la mayoría de los metales que intervienen en reacciones de corrosión, por lo que debe controlarse en el agua que entra en el sistema de distribución para reducir al mínimo la corrosión del sistema de fontanería en las instalaciones domésticas. El pH óptimo necesario variará en distintos sistemas de abastecimiento en función de la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6.5 y 8. Pueden producirse valores de pH extremos como consecuencia de vertidos accidentales, averías de las instalaciones de tratamiento, y del revestimiento de tuberías con mortero de cemento poco curado o la aplicación del revestimiento cuando la alcalinidad del agua es baja.</p>
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua.
<p><b>RESULTADOS:</b> los valores de pH oscilaron entre 5 y 7.5, estando el 95% de las muestras por debajo del rango considerado como óptimo para aguas de consumo. Las concentraciones medias en los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara mostraron diferencias significativas, siendo los valores de las muestras de pozos asociados a las USB superiores al resto (ANOVA, <math>F_{2,24} = 3.62</math>, <math>p &lt; 0.05</math>), con un valor medio de 6 (Figura 4.37, Tabla 4.37). En la región de Tombalí los niveles fueron similares entre los tipos de muestras, alcanzando valores medios comprendidos entre 5.2 y 5.4 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.38, Tabla 4.38)</p>



**Figura 4.37.** Valor medio ( $\pm$  error estándar) de pH en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.38.** Valor medio ( $\pm$  error estándar) de pH en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

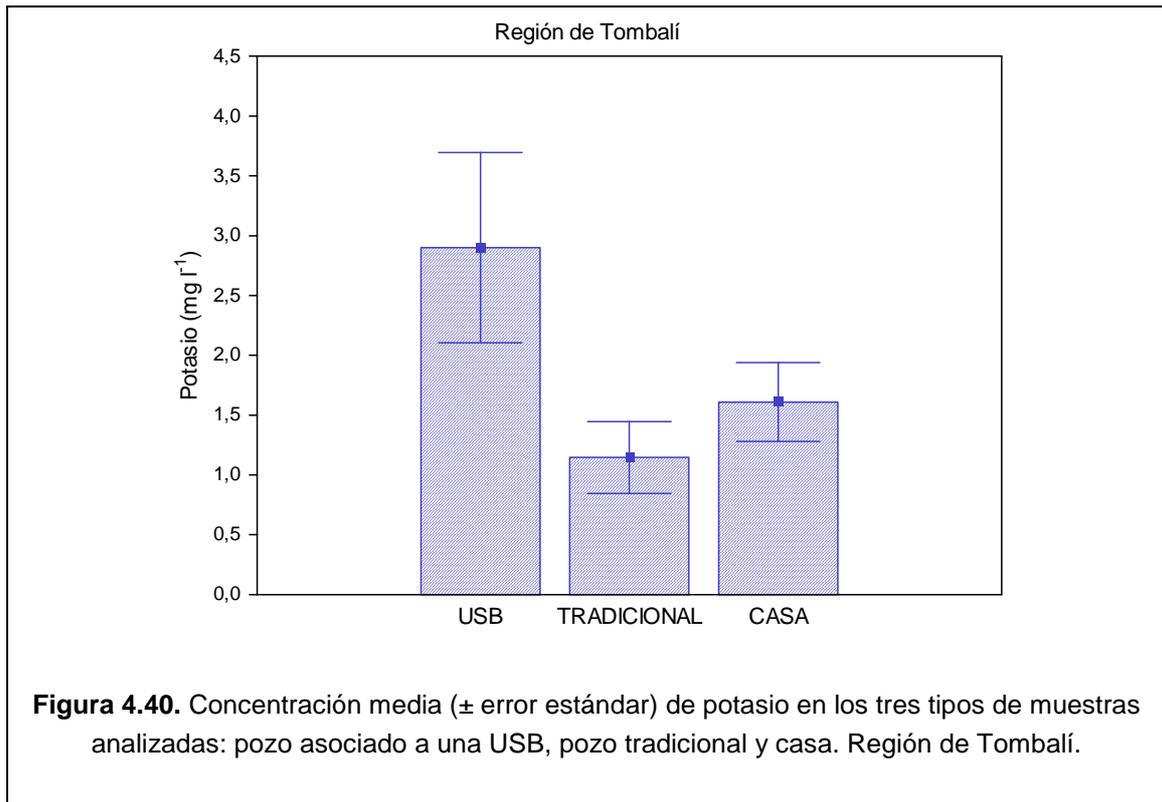
**Tabla 4.37.** Valores de pH en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>pH</b>
Brandao	Casa	5.0
Brandao	Tradicional	5.0
Brandao	USB	7.5
Dar Salam	Casa	5.0
Dar Salam	Tradicional	5.5
Dar Salam	USB	5.0
Empada	Casa	5.0
Empada	Tradicional	5.0
Empada	USB	7.5
Fulacunda	Casa	5.0
Fulacunda	Tradicional	5.0
Fulacunda	USB	5.0
Gandúa Mandinga	Casa	5.0
Gandúa Mandinga	Tradicional	6.0
Gandúa Mandinga	USB	6.5
Ganjetra	Casa	6.0
Ganjetra	Tradicional	6.0
Ganjetra	USB	6.0
Madina Atche	Casa	5.5
Madina Atche	Tradicional	5.0
Madina Atche	USB	5.0
Madina da Baixo	Casa	5.0
Madina da Baixo	Tradicional	5.0
Madina da Baixo	USB	6.0
Novasintra	Casa	5.5
Novasintra	Tradicional	5.5
Novasintra	USB	5.5

**Tabla 4.38.** Valores de pH en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>pH</b>
Afia Bunhio	Casa	5.5
Afia Bunhio	Tradicional	5.0
Afia Bunhio	USB	6.0
Botchi Minde	Casa	5.0
Botchi Minde	Tradicional	5.0
Botchi Minde	USB	5.0
Cafal Nalu	Casa	5.5
Cafal Nalu	Tradicional	5.5
Cafal Nalu	USB	6.0
Caiquene	Casa	5.0
Caiquene	Tradicional	5.0
Caiquene	USB	5.0
Calima	Casa	5.5
Calima	Tradicional	5.5
Calima	USB	5.5
Fora Sadjuma	Casa	5.5
Fora Sadjuma	Tradicional	5.5
Fora Sadjuma	USB	5.5
Gamsala	Casa	6.0
Gamsala	Tradicional	5.0
Gamsala	USB	5.0
Ilheu N`Fanda	Casa	5.0
Ilheu N`Fanda	Tradicional	5.0
Ilheu N`Fanda	USB	5.0
Lautchande	Casa	5.0
Lautchande	Tradicional	5.0
Lautchande	USB	5.0
Madina Contabane	Casa	5.0
Madina Contabane	Tradicional	5.5
Madina Contabane	USB	6.0
Mato Forroba	Casa	5.0
Mato Forroba	Tradicional	5.0
Mato Forroba	USB	5.5

PARÁMETRO: <b>Potasio</b>								
Parámetro de origen natural.								
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: no tiene, Directiva 98/83/CE: no tiene								
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> origen natural								
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> el potasio es un elemento fundamental para el ser humano y se absorbe principalmente de los alimentos ingeridos. Influye en la palatabilidad del agua y por tanto en la aceptación por parte de la población local.								
<b>RESULTADOS:</b> solamente un 10% de las muestras presentaron valores muy bajos inferiores a 0.7 mg l <sup>-1</sup> . En el resto las concentraciones oscilaron entre 0.7 y 9.9 mg l <sup>-1</sup> . Las diferencias en las concentraciones medias entre los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara no fueron estadísticamente significativas, aunque alcanzaron valores algo superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB (Figura 4.39, Tabla 4.39). En la región de Tombalí se observó un patrón muy similar (Figura 4.40, Tabla 4.40).								
<p>Región de Quínara</p> <table border="1"> <caption>Data for Figura 4.39: Concentración media de potasio (mg l<sup>-1</sup>)</caption> <thead> <tr> <th>Tipo de muestra</th> <th>Concentración media (mg l<sup>-1</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>USB</td> <td>~2.5</td> </tr> <tr> <td>TRADICIONAL</td> <td>~0.9</td> </tr> <tr> <td>CASA</td> <td>~1.3</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )	USB	~2.5	TRADICIONAL	~0.9	CASA	~1.3
Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )							
USB	~2.5							
TRADICIONAL	~0.9							
CASA	~1.3							
<b>Figura 4.39.</b> Concentración media ( $\pm$ error estándar) de potasio en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.								



**Foto 16.** Toma de muestras en un pozo tradicional.

**Tabla 4.39.** Concentración de Potasio en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>POTASIO (K, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	2.40
Brandao	Tradicional	1.30
Brandao	USB	7.90
Dar Salam	Casa	<0.7
Dar Salam	Tradicional	<0.7
Dar Salam	USB	0.70
Empada	Casa	0.80
Empada	Tradicional	<0.7
Empada	USB	3.90
Fulacunda	Casa	1.10
Fulacunda	Tradicional	2.30
Fulacunda	USB	0.70
Gandúa Mandinga	Casa	0.80
Gandúa Mandinga	Tradicional	0.70
Gandúa Mandinga	USB	1.80
Ganjetra	Casa	0.90
Ganjetra	Tradicional	1.00
Ganjetra	USB	0.70
Madina Atche	Casa	4.20
Madina Atche	Tradicional	1.10
Madina Atche	USB	1.00
Madina da Baixo	Casa	1.00
Madina da Baixo	Tradicional	<0.7
Madina da Baixo	USB	4.50
Novasintra	Casa	0.70
Novasintra	Tradicional	1.90
Novasintra	USB	1.00

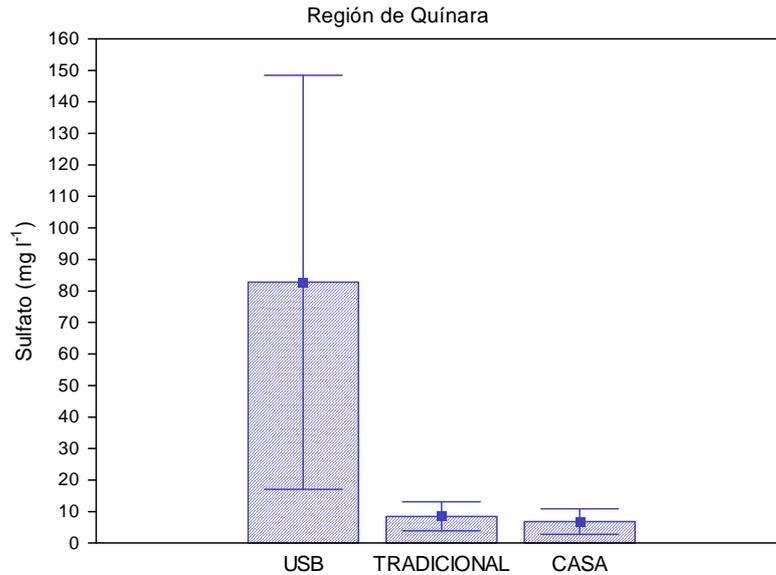
**Tabla 4.40.** Concentración de Potasio en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMABALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>POTASIO (K, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	2.20
Afia Bunhio	Tradicional	1.70
Afia Bunhio	USB	2.30
Botchi Minde	Casa	0.80
Botchi Minde	Tradicional	0.80
Botchi Minde	USB	1.70
Cafal Nalu	Casa	0.70
Cafal Nalu	Tradicional	1.10
Cafal Nalu	USB	1.20
Caiquene	Casa	1.80
Caiquene	Tradicional	<0.7
Caiquene	USB	1.70
Calima	Casa	0.80
Calima	Tradicional	0.70
Calima	USB	0.80
Fora Sadjuma	Casa	0.80
Fora Sadjuma	Tradicional	0.70
Fora Sadjuma	USB	3.60
Gamsala	Casa	2.10
Gamsala	Tradicional	<0.7
Gamsala	USB	2.70
Ilheu N`Fanda	Casa	3.90
Ilheu N`Fanda	Tradicional	3.20
Ilheu N`Fanda	USB	5.00
Lautchande	Casa	0.90
Lautchande	Tradicional	1.00
Lautchande	USB	2.20
Madina Contabane	Casa	3.00
Madina Contabane	Tradicional	2.60
Madina Contabane	USB	9.90
Mato Forroba	Casa	0.70
Mato Forroba	Tradicional	0.80
Mato Forroba	USB	0.80

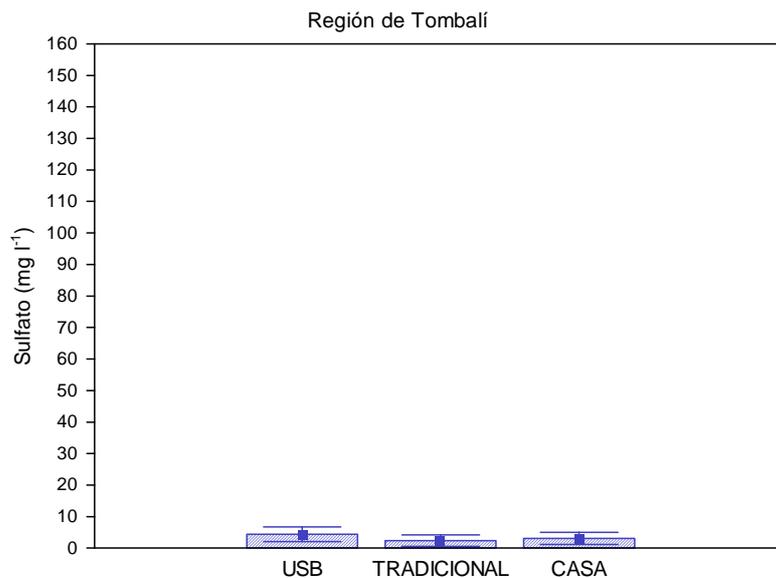
<b>PARÁMETRO: Sulfato y Sulfuro</b>
Parámetro de origen natural.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: 250 mg l <sup>-1</sup> , Directiva 98/83/CE: 250 mg l <sup>-1</sup>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el sulfato se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones dentro de un amplio rango que puede ir de unos pocos a varios miles de miligramos por litro.</p> <p>Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. La presencia en el agua puede proceder de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. Las aguas residuales del drenado de minas de hierro pueden aportar grandes cantidades de sulfato debido a la oxidación de la pirita.</p> <p>La presencia de sulfato en el agua de consumo puede contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución.</p> <p>En general, la ingesta diaria media de sulfato procedente del agua de consumo, el aire y los alimentos, es de aproximadamente 500 mg, siendo los alimentos la principal fuente de ingesta. Sin embargo, en regiones cuyas aguas de consumo contienen concentraciones altas de sulfato, el agua de consumo puede ser la principal fuente de ingesta.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> los datos existentes no permiten determinar la concentración de sulfato en el agua de consumo que probablemente ocasiona efectos adversos para la salud de las personas. Los datos de un estudio en lechones con una dieta líquida y estudios con agua de grifo en voluntarios muestran un efecto laxante con concentraciones de 1000 a 1200 mg l<sup>-1</sup>, pero sin aumento de la diarrea, la deshidratación o la pérdida de peso. No obstante, debido a los efectos gastrointestinales de la ingestión de agua de consumo con concentraciones altas de sulfato, se recomienda notificar a las autoridades de salud las fuentes de agua de consumo en las que las concentraciones de sulfato rebasen los 500 mg l<sup>-1</sup>.</p> <p>La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos y provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado. Se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg l<sup>-1</sup>, para el sulfato de sodio, a 1000 mg l<sup>-1</sup>, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg l<sup>-1</sup>.</p>
<p><b>RESULTADOS:</b></p> <p><u>Sulfato:</u> el 68% de las muestras presentaron valores muy bajos menores a 5 mg l<sup>-1</sup>. Del resto, solamente una muestra alcanzó una concentración superior al valor de referencia. Las muestras alcanzaron concentraciones comprendidas entre 5.6 y 604</p>

mg l<sup>-1</sup>. En la región de Quínara los valores fueron superiores en las muestras de agua procedentes de pozos asociados a las USB, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, probablemente por el rango de valores tan amplio que apareció (Figura 4.41, Tabla 4.41). En la región de Tombalí los valores medios fueron inferiores y similares entre tipos de muestras, oscilando entre 2.4 y 4.4 mg l<sup>-1</sup> (Figura 4.42, Tabla 4.42).

**Sulfuro:** todas las muestras analizadas mostraron valores muy bajos, inferiores a 0.04 mg l<sup>-1</sup>.



**Figura 4.41.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de sulfato en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.42.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de sulfato en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

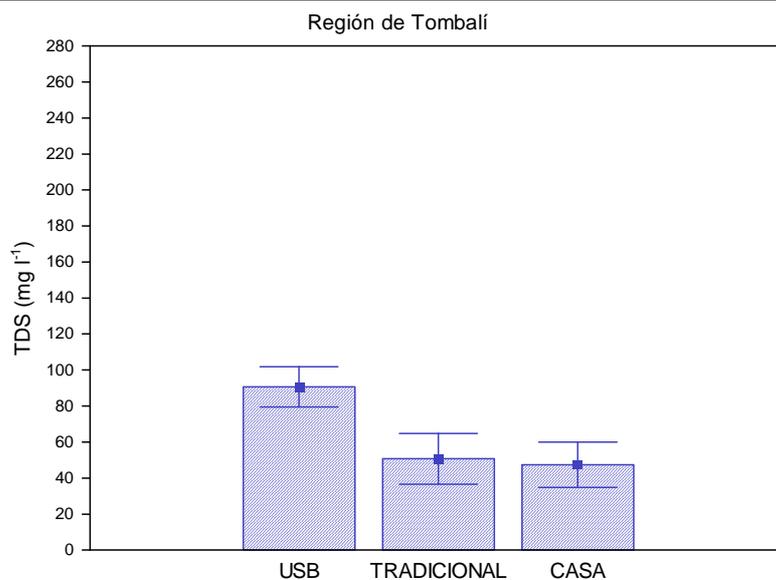
**Tabla 4.41.** Concentración de Sulfato y Sulfuro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>SULFATO (SO<sub>4</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>SULFURO (S<sup>-</sup>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	<5	<5
Brandao	Tradicional	<5	<5
Brandao	USB	604.00	<5
Dar Salam	Casa	30.60	<5
Dar Salam	Tradicional	26.40	<5
Dar Salam	USB	32.50	<5
Empada	Casa	<5	<5
Empada	Tradicional	<5	<5
Empada	USB	80.90	<5
Fulacunda	Casa	<5	<5
Fulacunda	Tradicional	<5	<5
Fulacunda	USB	<5	<5
Gandúa Mandinga	Casa	<5	<5
Gandúa Mandinga	Tradicional	<5	<5
Gandúa Mandinga	USB	9.60	<5
Ganjetra	Casa	<5	<5
Ganjetra	Tradicional	<5	<5
Ganjetra	USB	<5	<5
Madina Atche	Casa	5.60	<5
Madina Atche	Tradicional	14.30	<5
Madina Atche	USB	<5	<5
Madina da Baixo	Casa	25.40	<5
Madina da Baixo	Tradicional	35.60	<5
Madina da Baixo	USB	17.90	<5
Novasintra	Casa	<5	<5
Novasintra	Tradicional	<5	<5
Novasintra	USB	<5	<5

**Tabla 4.42.** Concentración de Sulfato y Sulfuro en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>			
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>SULFATO (SO<sub>4</sub>, mg l<sup>-1</sup>)</b>	<b>SULFURO (S<sup>2-</sup>, mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	<5	<5
Afia Bunhio	Tradicional	<5	<5
Afia Bunhio	USB	<5	<5
Botchi Minde	Casa	20.10	<5
Botchi Minde	Tradicional	19.60	<5
Botchi Minde	USB	20.40	<5
Cafal Nalu	Casa	<5	<5
Cafal Nalu	Tradicional	<5	<5
Cafal Nalu	USB	13.90	<5
Caiquene	Casa	<5	<5
Caiquene	Tradicional	<5	<5
Caiquene	USB	<5	<5
Calima	Casa	<5	<5
Calima	Tradicional	6.80	<5
Calima	USB	<5	<5
Fora Sadjuma	Casa	<5	<5
Fora Sadjuma	Tradicional	<5	<5
Fora Sadjuma	USB	<5	<5
Gamsala	Casa	<5	<5
Gamsala	Tradicional	<5	<5
Gamsala	USB	<5	<5
Ilheu N' Fanda	Casa	<5	<5
Ilheu N' Fanda	Tradicional	<5	<5
Ilheu N' Fanda	USB	<5	<5
Lautchande	Casa	7.00	<5
Lautchande	Tradicional	<5	<5
Lautchande	USB	<5	<5
Madina Contabane	Casa	6.70	<5
Madina Contabane	Tradicional	<5	<5
Madina Contabane	USB	14.20	<5
Mato Forroba	Casa	<5	<5
Mato Forroba	Tradicional	<5	<5
Mato Forroba	USB	<5	<5

PARÁMETRO: TDS												
Parámetro organoléptico.												
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: no tiene, Directiva 98/83/CE: no tiene												
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> altas concentraciones de TDS generan excesivas incrustaciones en tuberías, calentadores, calderas y electrodomésticos.												
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> la palatabilidad del agua con una concentración de TDS menor que 600 mg l <sup>-1</sup> suele considerarse buena, pero a concentraciones mayores de aproximadamente 1000 mg l <sup>-1</sup> la palatabilidad del agua de consumo disminuye significativa y progresivamente.												
<b>RESULTADOS:</b> las concentraciones de sólidos disueltos totales oscilaron entre 12 y 711 mg l <sup>-1</sup> . Las concentraciones medias en los tres tipos de muestras analizadas en la región de Quínara mostraron diferencias significativas, siendo los valores de las muestras de pozos asociados a las USB superiores al resto (ANOVA, $F_{2,24} = 2.76$ , $p < 0.05$ ), con valores que oscilaron entre 14 y 711 mg l <sup>-1</sup> (Figura 4.43, Tabla 4.43). En la región de Tombalí las concentraciones medias de las muestras de agua procedentes de pozos asociados a una USB también fueron significativamente superiores al resto de muestras (ANOVA, $F_{2,30} = 3.60$ , $p < 0.05$ ), aunque los valores fueron menores que en Quínara, oscilando entre 31 y 155 mg l <sup>-1</sup> (Figura 4.44, Tabla 4.44)												
<p>Región de Quínara</p> <table border="1"> <caption>Data for Figura 4.43: Concentración media (± error estándar) de sólidos disueltos totales (TDS) en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.</caption> <thead> <tr> <th>Tipo de muestra</th> <th>Concentración media (mg l<sup>-1</sup>)</th> <th>Error estándar (mg l<sup>-1</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TDS</td> <td>~175</td> <td>~80</td> </tr> <tr> <td>TRADICIONAL</td> <td>~50</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>CASA</td> <td>~40</td> <td>~5</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )	Error estándar (mg l <sup>-1</sup> )	TDS	~175	~80	TRADICIONAL	~50	~15	CASA	~40	~5
Tipo de muestra	Concentración media (mg l <sup>-1</sup> )	Error estándar (mg l <sup>-1</sup> )										
TDS	~175	~80										
TRADICIONAL	~50	~15										
CASA	~40	~5										
<b>Figura 4.43.</b> Concentración media ( $\pm$ error estándar) de sólidos disueltos totales (TDS) en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.												



**Figura 4.44.** Concentración media ( $\pm$  error estándar) de sólidos disueltos totales (TDS) en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

**Tabla 4.43.** Concentración de sólidos disueltos totales (TDS) en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Quínara. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE QUÍNARA</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>TDS (mg l<sup>-1</sup>)</b>
Brandao	Casa	41.80
Brandao	Tradicional	38.60
Brandao	USB	711.00
Dar Salam	Casa	61.80
Dar Salam	Tradicional	66.40
Dar Salam	USB	13.69
Empada	Casa	32.70
Empada	Tradicional	35.20
Empada	USB	332.00
Fulacunda	Casa	72.60
Fulacunda	Tradicional	165.00
Fulacunda	USB	51.10
Gandúa Mandinga	Casa	12.80
Gandúa Mandinga	Tradicional	12.17
Gandúa Mandinga	USB	100.30
Ganjetra	Casa	22.40
Ganjetra	Tradicional	66.60
Ganjetra	USB	21.20
Madina Atche	Casa	30.30
Madina Atche	Tradicional	12.03
Madina Atche	USB	24.40
Madina da Baixo	Casa	26.30
Madina da Baixo	Tradicional	25.40
Madina da Baixo	USB	276.00
Novasintra	Casa	48.40
Novasintra	Tradicional	38.10
Novasintra	USB	53.20

**Tabla 4.44.** Concentración de sólidos disueltos totales (TDS) en los tres tipos de muestras analizadas (USB: pozo asociado a una USB, Tradicional: pozo tradicional, casa), en cada tabanka de la Región de Tombalí. En rojo se muestran los valores que superan los umbrales de referencia para la OMS o la Unión Europea (Directiva 98/83/CE).

<b>REGIÓN DE TOMBALÍ</b>		
<b>LOCALIDAD</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>TDS (mg l<sup>-1</sup>)</b>
Afia Bunhio	Casa	30.60
Afia Bunhio	Tradicional	29.80
Afia Bunhio	USB	120.80
Botchi Minde	Casa	124.00
Botchi Minde	Tradicional	141.90
Botchi Minde	USB	80.80
Cafal Nalu	Casa	43.40
Cafal Nalu	Tradicional	21.60
Cafal Nalu	USB	108.90
Caiquene	Casa	18.80
Caiquene	Tradicional	15.70
Caiquene	USB	51.40
Calima	Casa	23.60
Calima	Tradicional	26.70
Calima	USB	31.00
Fora Sadjuma	Casa	14.95
Fora Sadjuma	Tradicional	12.64
Fora Sadjuma	USB	103.50
Gamsala	Casa	20.80
Gamsala	Tradicional	35.20
Gamsala	USB	118.10
Ilheu N`Fanda	Casa	132.40
Ilheu N`Fanda	Tradicional	141.40
Ilheu N`Fanda	USB	69.60
Lautchande	Casa	22.30
Lautchande	Tradicional	40.60
Lautchande	USB	107.50
Madina Contabane	Casa	57.20
Madina Contabane	Tradicional	55.20
Madina Contabane	USB	155.00
Mato Forroba	Casa	34.20
Mato Forroba	Tradicional	36.70
Mato Forroba	USB	50.30

El análisis de componentes principales se realizó solamente con los valores correspondientes a los parámetros que presentaban variabilidad entre las muestras analizadas. En el ACP realizado, las 14 variables físicoquímicas iniciales se redujeron a tres nuevas variables o factores (F1, F2 y F3), que explicaron respectivamente el 49, 12 y 8% de la varianza. Entre todos los factores se engloba el 69% de la varianza total de las variables físicoquímicas del agua analizadas (Tabla 4.45).

**Tabla 4.45.** Coeficientes de correlación (“factor loadings”) entre las variables físicoquímicas del agua y los factores obtenidos en el ACP de la variación de las condiciones físicoquímicas de las muestras analizadas en las provincias de Quínara y Tombalí. En negrita se marcan los valores significativos para  $p < 0.07$ , así como el porcentaje de varianza explicado por cada factor.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
<b>pH</b>	0.0458	<b>0.8251</b>	-0.2616
<b>Conductividad</b>	0.3929	<b>0.8544</b>	0.1215
<b>TDS</b>	0.3874	<b>0.8574</b>	0.1188
<b>Alcalinidad</b>	0.0215	<b>0.8778</b>	-0.1142
<b>Potasio</b>	-0.0381	<b>0.7142</b>	0.3380
<b>Bromo</b>	<b>0.7759</b>	0.5264	0.1171
<b>Cinc</b>	0.2594	<b>0.7734</b>	-0.0168
<b>Cloro</b>	<b>0.7354</b>	0.5820	0.1493
<b>Cloruros</b>	0.0756	0.0097	0.0463
<b>Hierro</b>	0.6716	-0.2440	-0.0934
<b>Cobre</b>	0.5856	0.4864	-0.0086
<b>Aluminio</b>	-0.0515	-0.0154	<b>0.7199</b>
<b>Fosfatos</b>	-0.0922	-0.0095	-0.6364
<b>Sulfatos</b>	0.6994	0.6701	0.0759
Varianza explicada (%)	48.97	11.67	8.29

El primer factor obtenido (F1) define un gradiente de concentraciones de Bromo y Cloro entre las muestras (Tabla 4.45). Estos parámetros están relacionados con el tratamiento y purificación del agua. Este primer factor no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tres tipos de muestras de agua analizadas

(ANOVA,  $F_{2,54} = 2.88$ ,  $p = 0.06$ ). Sin embargo, se observó que los valores medios de las muestras procedentes de pozos asociados a una USB eran bastante menores (media  $-0.3474 \pm 0.6744$ ,  $N = 18$ ) a los encontrados en las muestras de pozos tradicionales y casas, que fueron muy similares entres sí (pozo tradicional, media  $0.0705 \pm 0.5491$ ,  $N = 20$ ; casa, media,  $0.0683 \pm 0.6046$ ,  $N = 19$ ). Este resultado podría indicar el uso de desinfectantes como el hipoclorito de sodio (cuya disolución en agua es conocida popularmente como cloro o lejía), ya que en determinadas condiciones puede formarse bromato o cloro en las soluciones concentradas utilizadas.

El segundo factor (F2) está muy correlacionado con las variables indicadoras del contenido de sales en el agua, como el pH, la conductividad, los sólidos totales disueltos, la alcalinidad y el potasio (Tabla 4.45). De este modo, este segundo factor separaría las muestras según un gradiente de salinidad del agua. Este factor fue significativamente distinto entre los tipos de muestras analizadas (ANOVA,  $F_{2,54} = 6.98$ ,  $p = 0.002$ ). Así, los valores medios fueron muy superiores en las muestras de pozos asociados a USB (media  $0.2078 \pm 0.6782$ ) en relación al resto, que mostraron promedios muy similares (pozo tradicional, media  $-0.3317 \pm 0.4319$ ; casa, media,  $-0.3162 \pm 0.3433$ ).

Por último, el tercer factor (F3) está relacionado con la concentración de aluminio en el agua, por tanto diferenciaría las muestras en función de este parámetro. El F3 no mostró valores medios significativamente distintos entre los tipos de muestras (ANOVA,  $F_{2,54} = 1.57$ ,  $p = 0.22$ ). De todos modos, los valores medios correspondientes a pozos asociados a USB fueron mayores al resto de muestras (media  $0.3447 \pm 0.2671$ ), que de nuevo mostraron bastante similitud (pozo tradicional, media  $-0.1931 \pm 0.8810$ ; casa, media,  $-0.1017 \pm 0.7725$ ). Probablemente la fuente de aluminio en el agua de consumo sea de origen natural, aunque sería necesario disponer de información hidrogeoquímica de la zona de estudio para verificarlo.

#### **4.2. Parámetros microbiológicos (Resultado 1)**

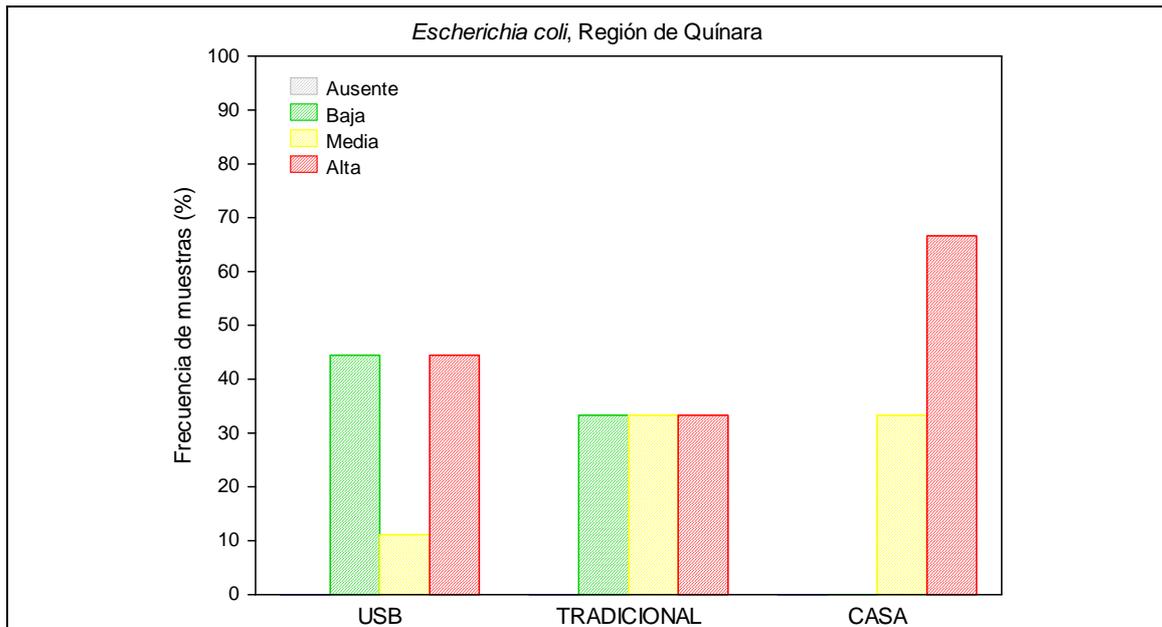
En cuanto a los análisis microbiológicos, la totalidad de las muestras presentaron en las dos campañas *Clostridium perfringens* y *Vibrio cholerae*, el primero es un indicador de contaminación fecal muy específico y el segundo es una especie patógena causante del cólera. Cerca del 95% del resto de las muestras analizadas durante la primera campaña presentaron contaminación fecal por *Escherichia coli*, estreptococos y enterococos y el 100% en la segunda campaña. El análisis de recuento de colonias de estos tres indicadores mostró un número muy superior al valor de referencia establecido en la Directiva 98/83/CE y similar entre los tres tipos de muestras analizados en cada tabanka y en los dos muestreos. Durante el verano de 2010, en un 93% de las muestras se encontraron *Aeromonas*, *Pseudomonas* y *Plesiomonas*, causantes de enfermedades infecciosas, especialmente en personas

inmunodeprimidas, este porcentaje ascendió al 100% en el verano de 2011. En la mayor parte de las muestras analizadas la concentración relativa de estreptococos, enterococos, *C. perfringens* y *Vibrio cholerae* fue alta, especialmente este último. En el caso de *E. coli*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* y *Plesiomonas*, la concentración relativa fue de media a alta en las muestras de las casas, por tanto estas últimas mostraron niveles elevados de todos los parámetros microbiológicos analizados. Por último, los análisis de cianobacterias y bacterias fototrofas fueron todos negativos. La OMS y la Directiva 98/83/CE emplean todos estos parámetros microbiológicos como indicadores de la calidad del agua de consumo, estableciendo que deben estar ausentes de las muestras. Por tanto, su detección debería impulsar la investigación de las diferentes fuentes de contaminación y la realización de muestreos adicionales en otras épocas del año, con el fin de poder detectar el periodo de mayor presencia de estos patógenos en el agua.

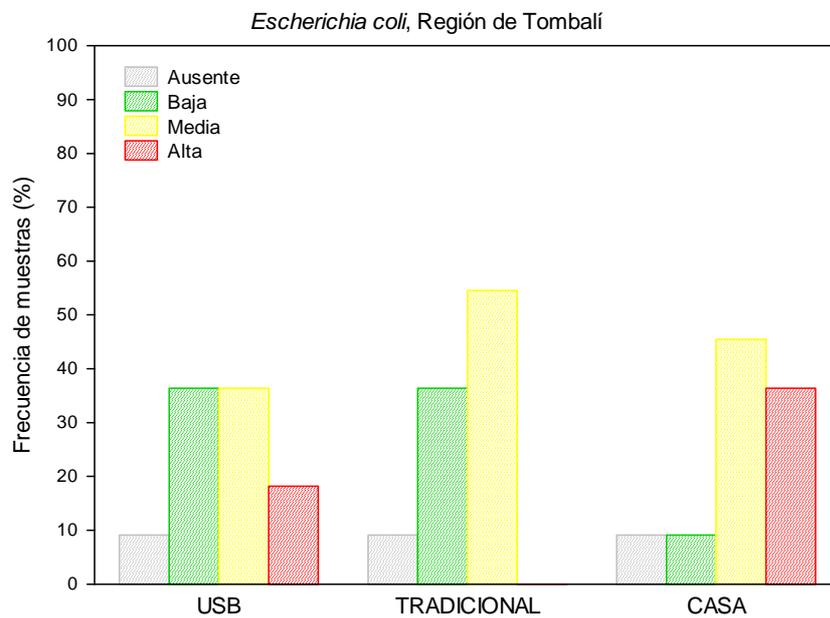


**Foto 17.** Resultados del análisis de enterococos y estreptococos, donde se observan distintas categorías de concentración relativa según la intensidad de color.  
De izquierda a derecha: ausente, baja y alta.

<b>PARÁMETRO: <i>Escherichia coli</i></b>
Indicador de contaminación fecal.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: y Directiva 98/83/CE: ausencia de <i>E.coli</i> y de Coliformes totales en 100 ml de agua de consumo humano.
<b>TIPO DE INDICADOR:</b> las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es <i>Escherichia</i> . Hay grandes cantidades de <i>Escherichia coli</i> en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos, por eso su detección indica la necesidad de investigar las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución.
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> la ingestión de coliformes frecuentemente ocasiona diarrea aguda con sangre y calambres abdominales, aunque la infección también puede manifestarse con diarrea sin sangre o sin otros síntomas aparentes. En algunas personas, en particular en los niños menores de 5 años de edad y en los ancianos, la infección puede ocasionar también una complicación llamada “Síndrome urémico hemolítico”, que consiste en la destrucción de los glóbulos rojos junto a una insuficiencia renal.
<b>RESULTADOS:</b> en la totalidad de las muestras de la región de Quínara apareció <i>E. coli</i> . La concentración relativa de este indicador de contaminación fecal fue alta en el 67% de las muestras de agua de las casas (Figura 4.45 y 4.47, Tabla 4.46). El 56% de las muestras de agua de los pozos asociados a una USB mostró concentraciones relativas de medias a altas, mientras que esta cifra alcanzó un 67% en el caso de los pozos tradicionales. En la región de Tombalí solamente en un 9% de las muestras no apareció <i>E. coli</i> (Figura 4.46 y 4.48, Tabla 4.47). En el resto, las concentraciones relativas fueron en general menores que en Quínara. El 82% de las muestras de agua de las casas mostró concentraciones relativas de medias a altas, mientras que esta cifra alcanzó un 55% en el caso de los pozos analizados.



**Figura 4.45.** Concentración relativa de *E. coli* en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.46.** Concentración relativa de *E. coli* en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

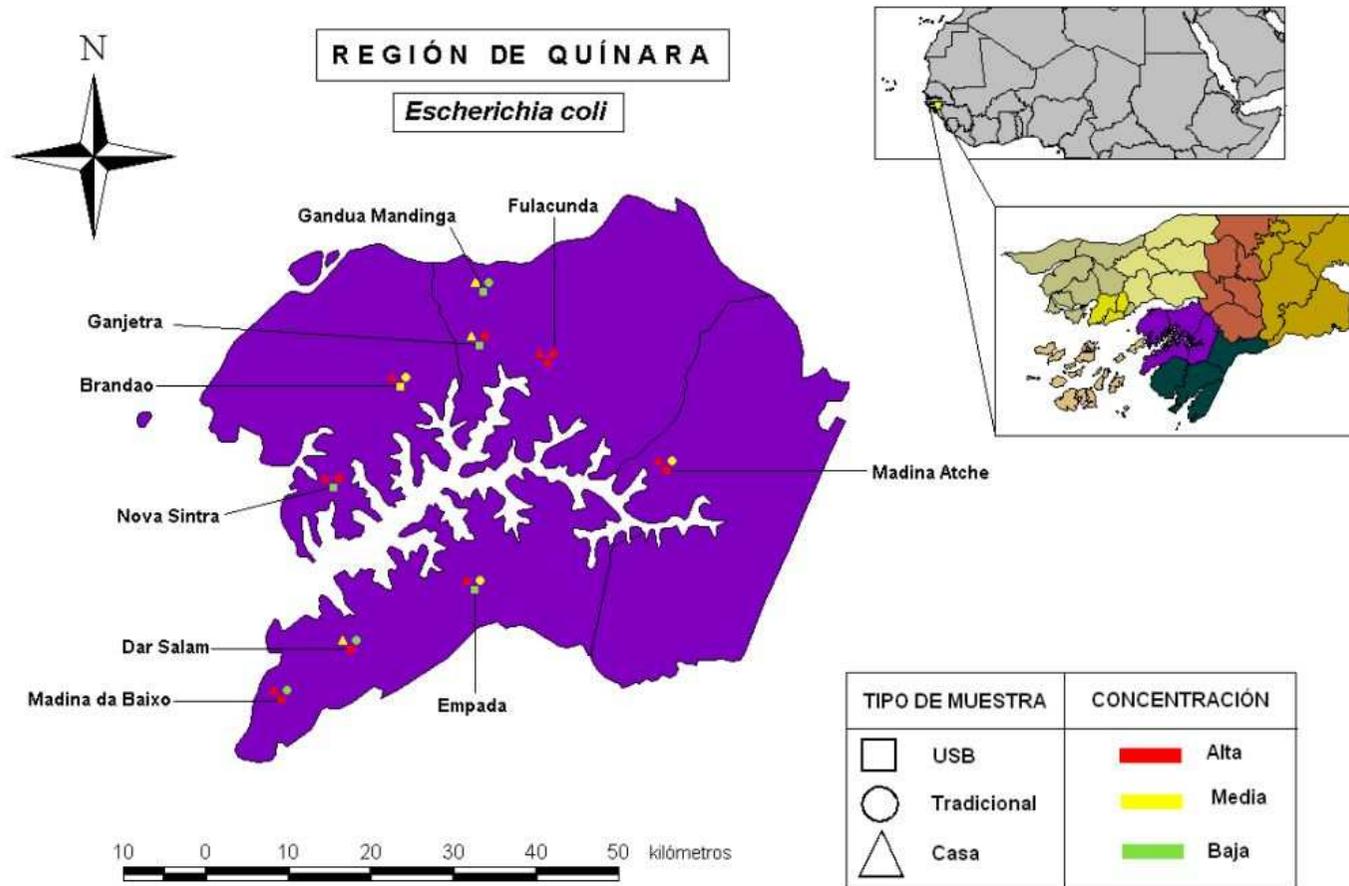


Figura 4.47. Concentración relativa de *E. coli* en la región de Quínara en 2010.

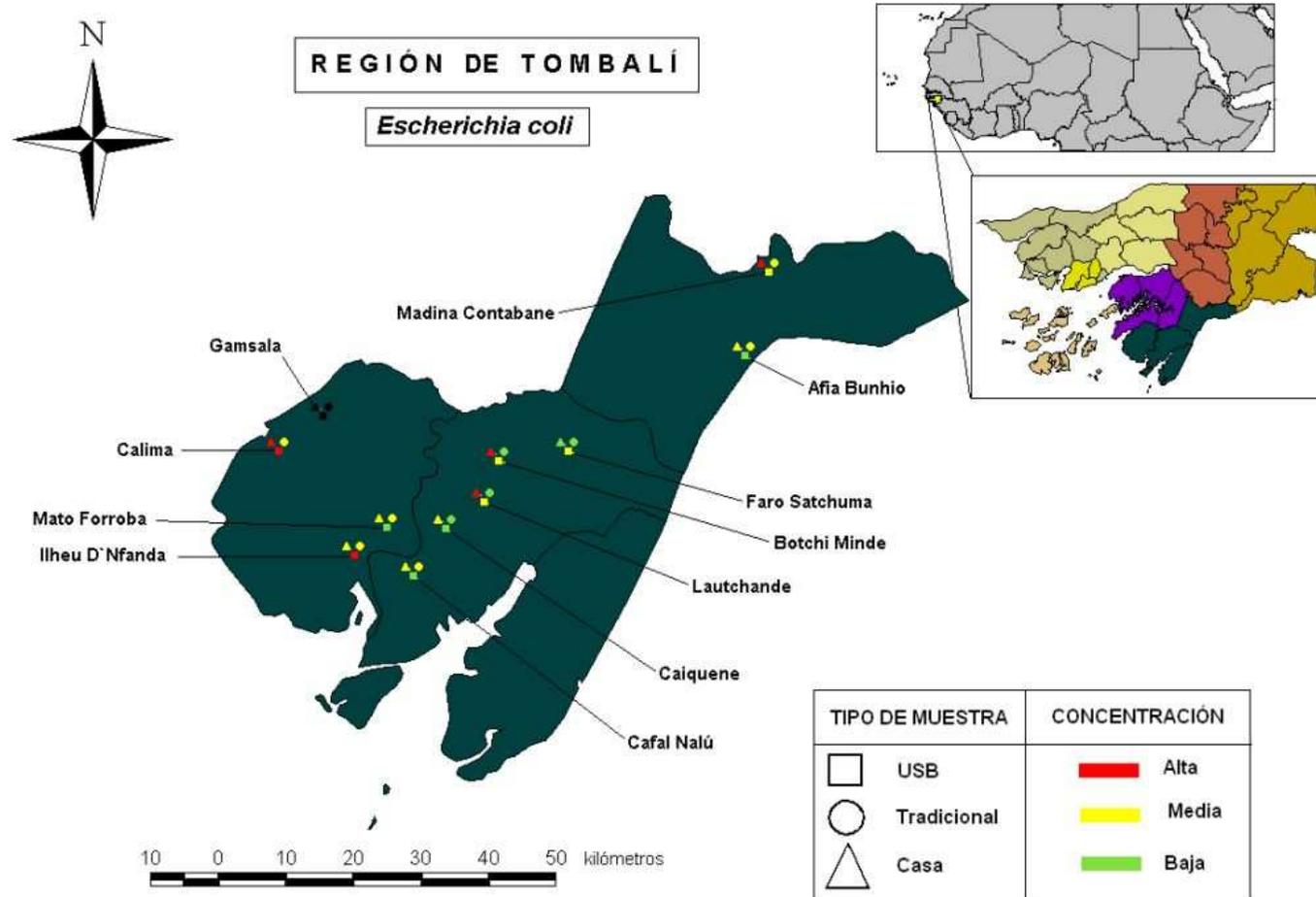
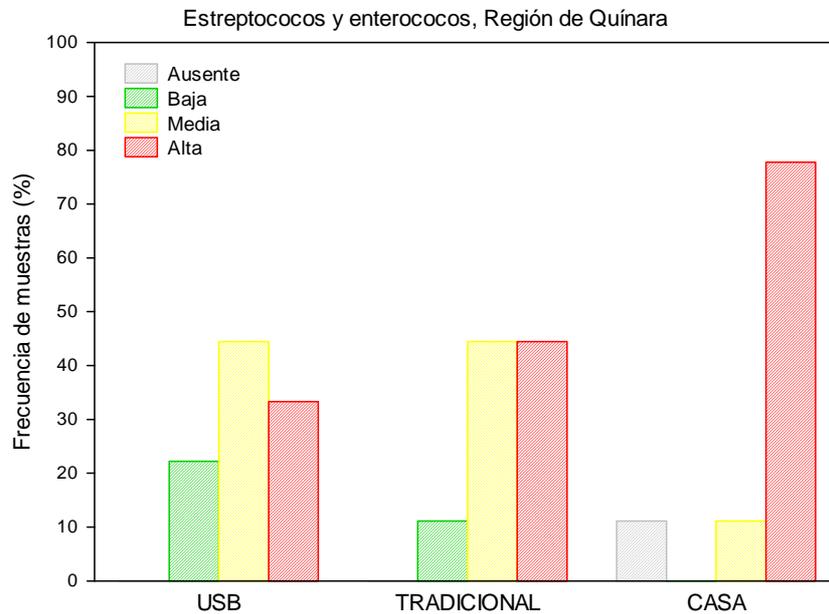


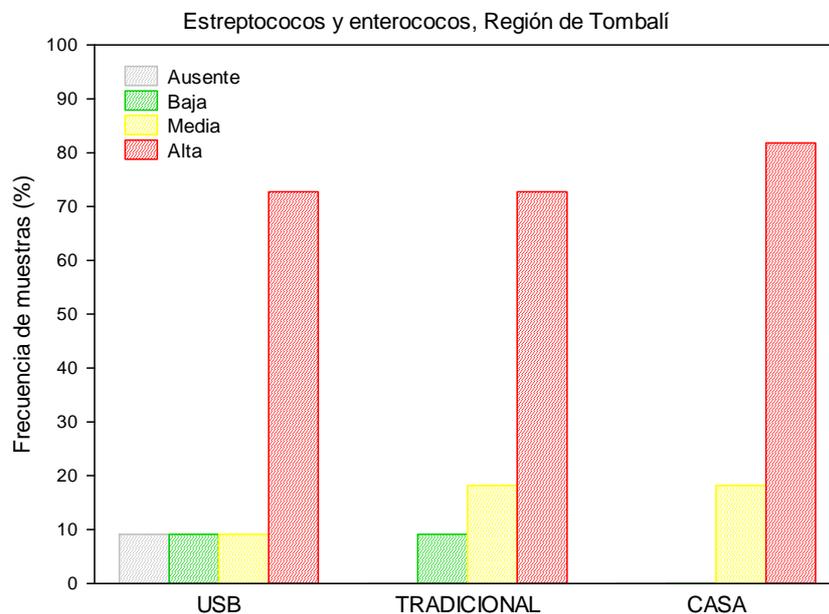
Figura 4.48. Concentración relativa de *E. coli* en la región de Tombalí, en 2010. En color negro se indica la ausencia.

<b>PARÁMETRO: Estreptococos y Enterococos</b>
Indicador de contaminación fecal.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: y Directiva 98/83/CE: ausencia de enterococos y estreptococos fecales en 100 ml de agua para consumo humano.
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> los enterococos intestinales incluyen las especies del género <i>Streptococcus</i> y son un subgrupo del grupo más amplio de los estreptococos fecales. Estas bacterias son grampositivas y relativamente tolerantes al cloruro sódico y al pH alcalino. Son anaerobias facultativas y pueden encontrarse aisladas, en parejas o en cadenas cortas. Todos los estreptococos fecales, incluidos los enterococos intestinales, dan una reacción positiva con antisueros anti grupo D de Lancefield y se han aislado en las heces de animales de sangre caliente. El subgrupo de los enterococos intestinales está formado por las especies <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>E. faecium</i>, <i>E. durans</i> y <i>E. irae</i>.</p> <p>El grupo de los enterococos intestinales puede utilizarse como índice de contaminación fecal, ya que la mayoría de las especies no proliferan en medios acuáticos. La concentración de enterococos intestinales en las heces humanas es, generalmente, alrededor de un orden de magnitud menor que la de <i>E. coli</i>. Este grupo presenta importantes ventajas: tienden a sobrevivir durante más tiempo que <i>E. coli</i> (o que los coliformes termotolerantes) en medios acuáticos, y son más resistentes a la desecación y a la cloración. Los enterococos intestinales se suelen utilizar en los análisis de agua para complementar los resultados de <i>E. coli</i>.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> los enterococos pueden invadir regiones anatómicas e ingresar al sistema linfático o a la circulación sanguínea, lo que provoca diversas alteraciones patológicas, varias de las cuales tienen su origen en severas respuestas inflamatorias, e inclusive, en la participación de enzimas y toxinas enterocóccicas. Los enterococos más virulentos colonizan inicialmente las células entéricas y, algunos días más tarde, suelen translocarse desde el lumen del intestino delgado hasta los nódulos linfáticos, el hígado y el bazo, después de haber sido englobados por las células de ileon y colon, o bien, por macrófagos intestinales, lo que en cualquier caso favorece que atraviesen la pared intestinal y alcancen las vías linfáticas, causando problemas gastrointestinales y las enfermedades respiratorias febriles agudas.</p>
<p><b>RESULTADOS:</b> solamente en un 4% de las muestras no aparecieron estreptococos y enterococos, correspondiendo a muestras de agua de las casas. En el resto, la concentración relativa de este indicador de contaminación fecal fue alta en el 78% de las muestras de agua de las casas (Figura 4.49 y 4.51, Tabla 4.46). El 78% de las muestras de agua de los pozos asociados a una USB mostró concentraciones relativas de medias a altas, mientras que esta cifra alcanzó un 89% en el caso de los</p>

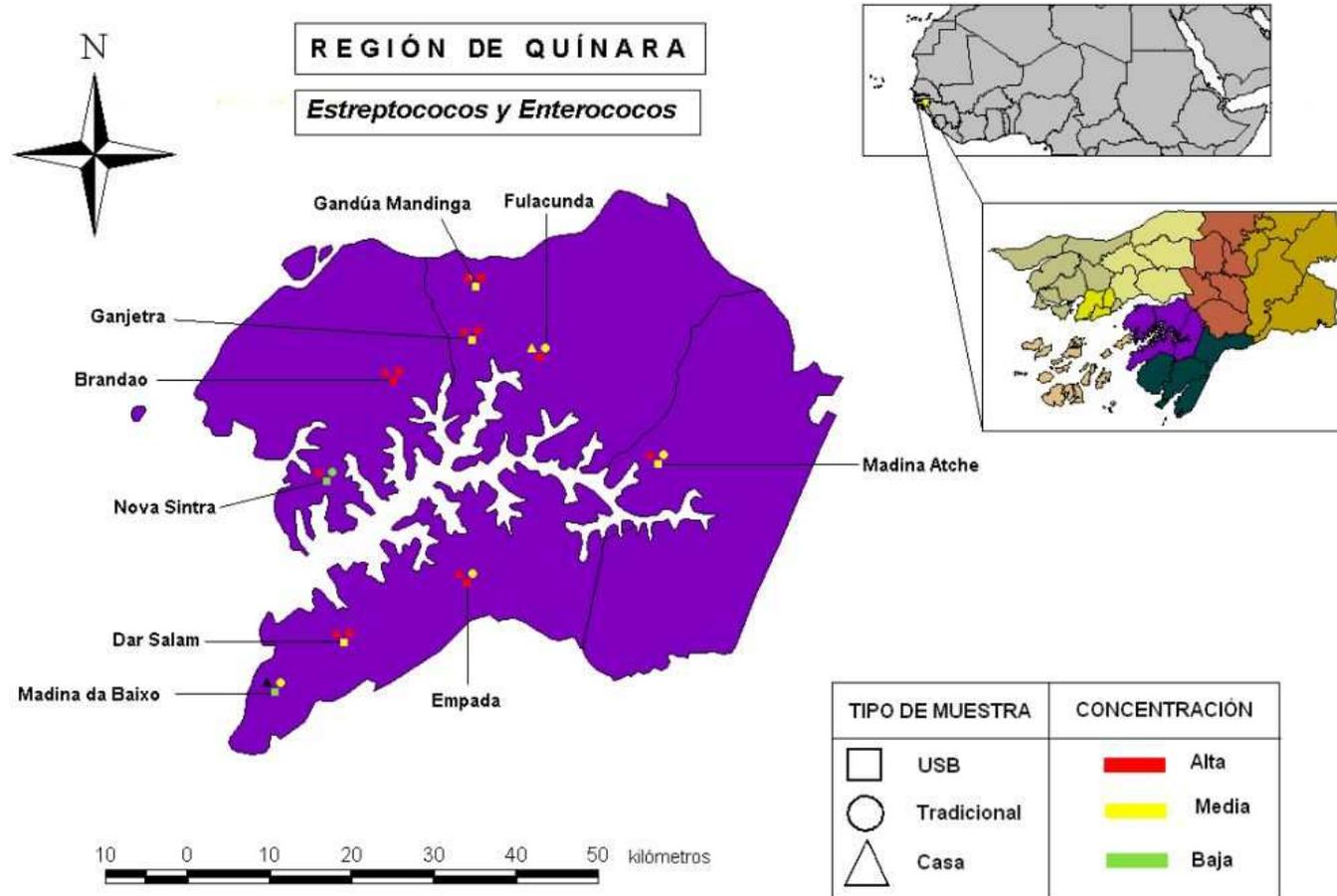
pozos tradicionales. En la región de Tombalí las concentraciones relativas fueron mucho mayores (Tabla 4.47). Así, el 82% de las muestras de agua de las casas mostró concentraciones altas, mientras que esta cifra alcanzó un 73% en el caso de los pozos analizados (Figura 4.50 y 4.52).



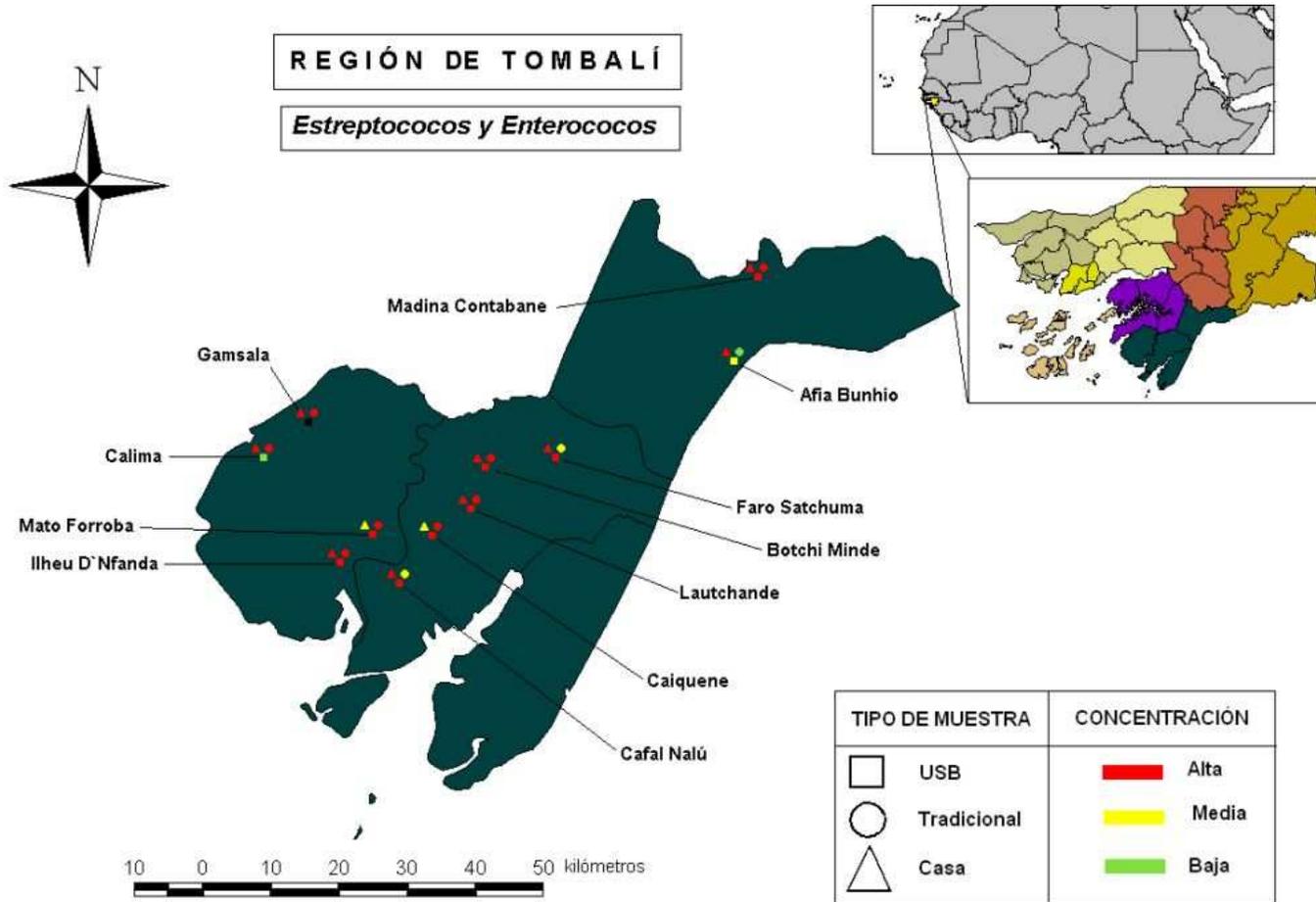
**Figura 4.49.** Concentración relativa de estreptococos y enterococos en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.50.** Concentración relativa de estreptococos y enterococos en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.



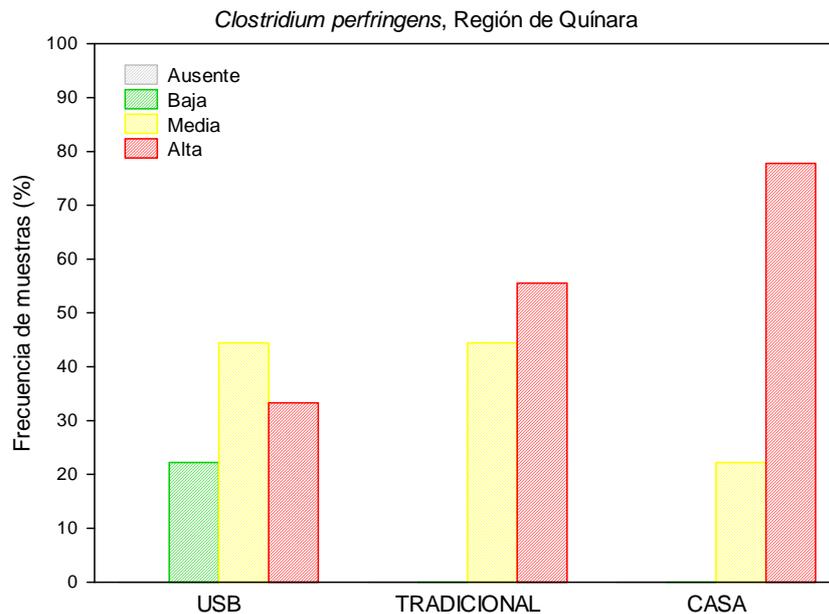
**Figura 4.51.** Concentración relativa de estreptococos y enterococos en la región de Quínara en 2010.



**Figura 4.52.** Concentración relativa de estreptococos y enterococos en la región de Tombalí en 2010. En color negro se indica la ausencia.

<b>PARÁMETRO: <i>Clostridium perfringens</i></b>
Indicador de contaminación fecal.
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: y Directiva 98/83/CE: ausencia de <i>Clostridium</i> en 100 ml de agua para consumo humano.
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> las bacterias del género <i>Clostridium</i> son bacilos grampositivos, anaerobios y sulfitorreductores. Producen esporas excepcionalmente resistentes a las condiciones desfavorables en medios acuáticos, incluidas la irradiación UV, los extremos de temperatura y pH y los procesos de desinfección, como la cloración. La especie característica del género es <i>C. perfringens</i>, forma parte de la microflora intestinal normal de entre el 13 y el 35% de las personas y otros animales de sangre caliente, aunque este género también incluye otras especies cuyo origen no es exclusivamente fecal. Al igual que <i>E. coli</i>, <i>C. perfringens</i> no prolifera en la mayoría de los medios acuáticos, por lo que es un indicador de contaminación fecal muy específico.</p> <p>Dada la extraordinaria resistencia de las esporas de <i>C. perfringens</i> a los procesos de desinfección y a otras condiciones ambientales desfavorables, se ha propuesto esta especie como índice de la presencia de protozoos y virus entéricos en aguas de consumo tratadas. <i>C. perfringens</i> también puede utilizarse como índice de contaminación fecal previa y, por lo tanto, indicar qué fuentes son susceptibles de contaminación intermitente. No obstante, no se recomienda el uso de <i>C. perfringens</i> para el monitoreo sistemático, ya es probable que la supervivencia excepcionalmente larga de sus esporas exceda con mucho la de los agentes patógenos entéricos, incluidos los virus y los protozoos. Las esporas de <i>C. perfringens</i> son más pequeñas que los quistes u ooquistes de los protozoos, por lo que pueden ser útiles como indicadores de la eficacia de los procesos de filtración. La existencia de concentraciones pequeñas de esporas de <i>C. perfringens</i> en algunas aguas de alimentación sugiere que su uso para el propósito mencionado quizá deba limitarse a la validación de procesos y no a su monitoreo sistemático.</p> <p>Los procesos de filtración diseñados para eliminar los protozoos o virus entéricos deberían eliminar también <i>C. perfringens</i>, por lo que la detección de este microorganismo en el agua inmediatamente después de su tratamiento debería impulsar la investigación del funcionamiento de la planta de filtración.</p>
<b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> la presencia de <i>C. perfringens</i> en el agua de consumo puede producir efectos estomacales como pérdida de apetito, náuseas, vómitos y diarrea líquida o sanguinolenta con cólicos estomacales y dolor. También puede provocar efectos respiratorios como insuficiencias respiratorias, sibilancia y tos. Su presencia en el agua de baño puede ocasionar problemas cutáneos como son el dolor punzante, enrojecimiento, picazón, sarpullido o ampollas.

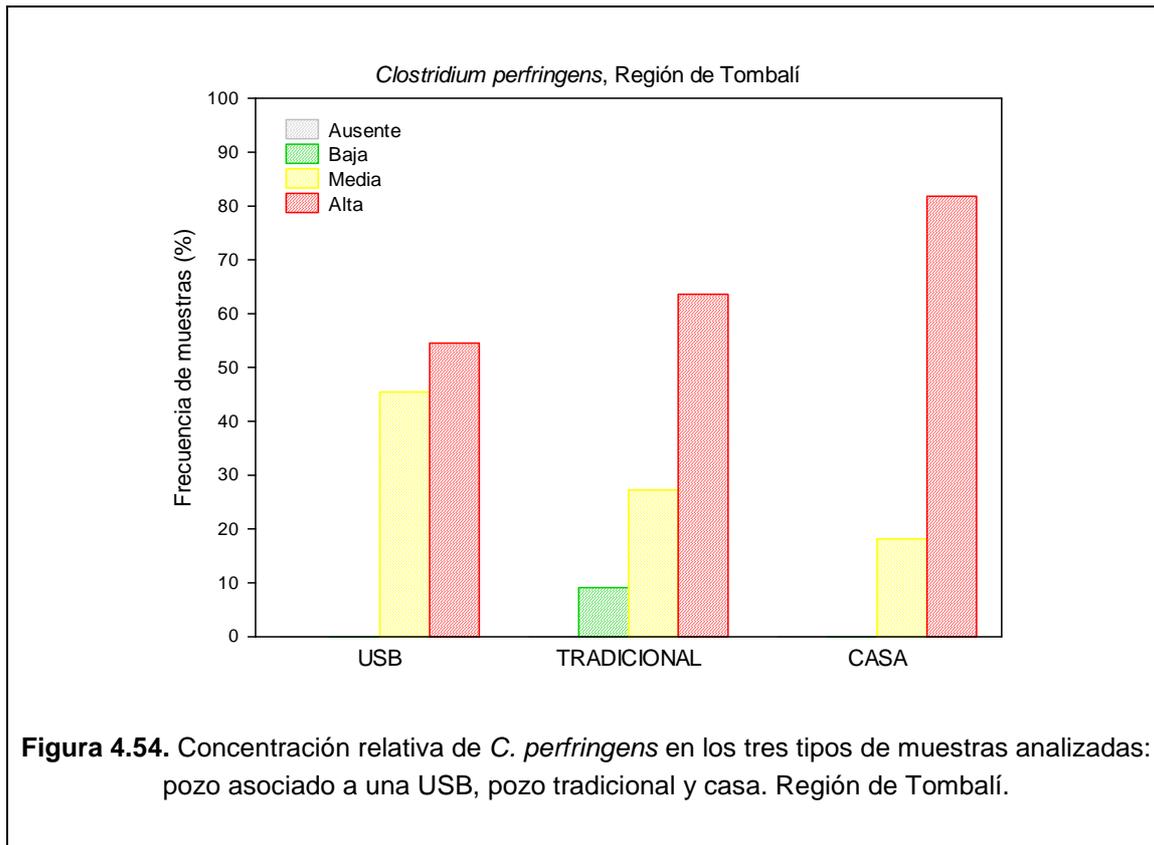
**RESULTADOS:** en la totalidad de las muestras de la región de Quínara apareció *C. perfringens*. La concentración relativa de este indicador de contaminación fecal fue alta en el 78% de las muestras de agua de las casas (Figura 4.53 y 4.55, Tabla 4.46). El 78% de las muestras de agua de los pozos asociados a una USB mostró concentraciones relativas de medias a altas, mientras que esta cifra alcanzó un 100% en el caso de los pozos tradicionales. En la región de Tombalí *C. perfringens* apareció en todas las muestras (Figura 4.54 y 4.56, Tabla 4.47). En este caso, en el 82% de las muestras de las casas la concentración relativa fue alta, alcanzando esta cifra un 55 y 64% en los pozos asociados a las USB y los pozos tradicionales, respectivamente.



**Figura 4.53.** Concentración relativa de *C. perfringens* en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Foto 18.** Categorías de presencia de *Clostridium perfringens*. De izquierda a derecha: sin presencia, categoría baja, media y alta.

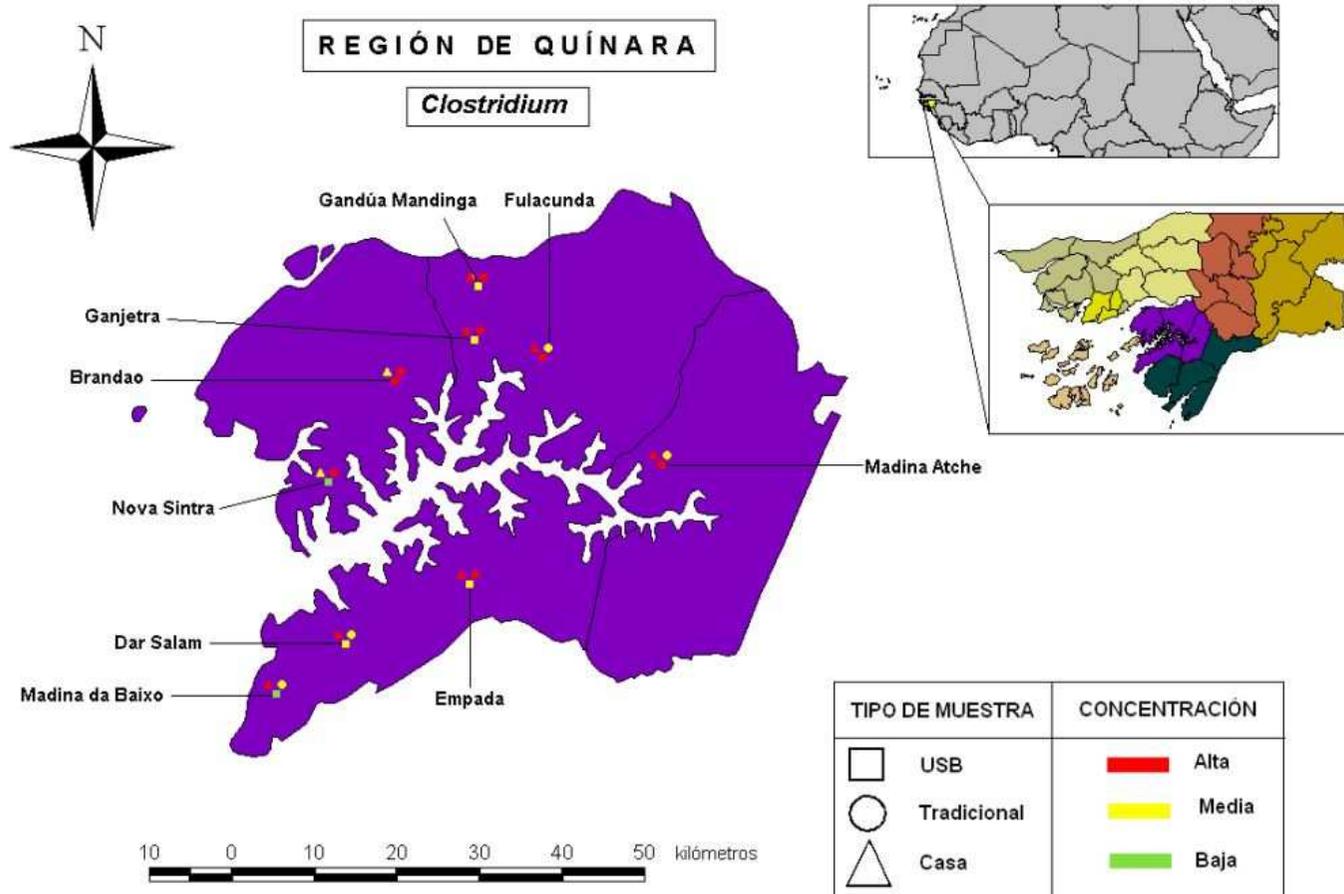


### Recuentos de colonias

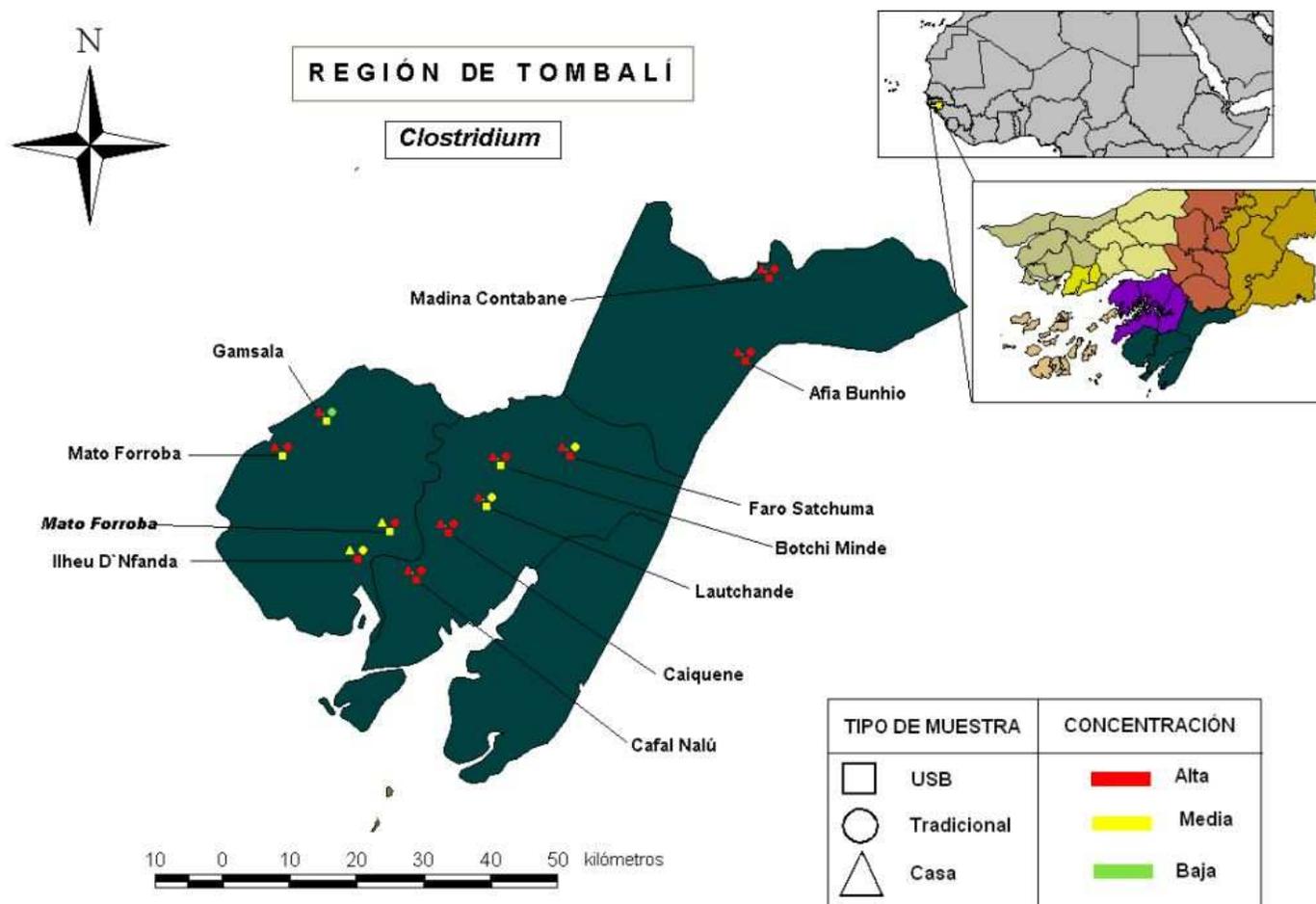
Primera campaña: en la región de Quínara el número medio de colonias de los indicadores de contaminación fecal (*E. coli*, *C. perfringens* y enterococos y estreptococos) fue similar entre los tres tipos de muestras analizadas en cada tabanka, alcanzando un promedio de  $470.0 \pm 167.7 \text{ ml}^{-1}$  (rango, 177-749  $\text{ml}^{-1}$ , Tabla 4.45). En la región de Tombalí, el número medio de colonias fue similar al de Quínara y los valores fueron muy parecidos entre tipos de muestras, alcanzando un promedio en la región de  $504.3 \pm 193.9 \text{ ml}^{-1}$  (rango, 22-1015  $\text{ml}^{-1}$ , Tabla 4.46).

Segunda campaña: en la región de Quínara tres localidades superaron las 500 colonias  $\text{ml}^{-1}$  y las demás alcanzaron un promedio de  $243,67 \pm 24,75 \text{ ml}^{-1}$  (rango, 57- >500  $\text{ml}^{-1}$ , Tabla 4.50). En la región de Tombalí, el número de colonias fue >500  $\text{ml}^{-1}$  en tres localidades muestreadas y de  $90 \pm 4,2 \text{ ml}^{-1}$  en la cuarta (Tabla 4.53).

El número de colonias en todas las muestras y las dos campañas, excepto en Mato Forroba (Tombalí), durante la segunda campaña, fue muy superior a los valores de referencia establecidos en la Directiva 98/83/CE, que son un número de 100 colonias por 100 ml a 22 °C y 20 colonias por 100 ml a 37°.



**Figura 4.55.** Concentración relativa de *Clostridium perfringens* en la región de Quínara en 2010.



**Figura 4.56.** Concentración relativa de *Clostridium perfringens* en la región de Tombalí en 2010.

<b>PARÁMETRO: <i>Vibrio cholerae</i></b>
Cólera
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: y Directiva 98/83/CE: ausencia de <i>Vibrio Cholerae</i> en 100 ml de agua para consumo humano.
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el género <i>Vibrio</i> está formado por bacterias gramnegativas pequeñas, curvadas (con forma de coma) y con un único flagelo polar. Las especies se tipifican en función de sus antígenos O. <i>Vibrio cholerae</i> es la única especie patógena relevante en medios continentales.</p> <p>Las cepas no patógenas de <i>V. cholerae</i> están ampliamente distribuidas en ambientes acuáticos, pero la distribución de las cepas patógenas no es tan amplia.</p> <p>Las personas son un foco establecido de cepas patógenas de <i>V. cholerae</i> y cuando se produce un brote de la enfermedad el microorganismo puede detectarse en las aguas residuales.</p> <p>Aunque en zonas libres de la enfermedad pueden aislarse del agua cepas de <i>V. cholerae</i> O1, estas cepas por lo general no son patógenas. También se han encontrado cepas patógenas de <i>V. cholerae</i> asociadas a copépodos vivos, así como a otros organismos acuáticos como moluscos, crustáceos, plantas, algas y cianobacterias. Las cantidades asociadas a estos organismos acuáticos son a menudo mayores que las presentes en la masa de agua. Se han aislado cepas no toxígenas de <i>V. cholerae</i> en aves y herbívoros en regiones alejadas de aguas marinas o costeras. La prevalencia de <i>V. cholerae</i> disminuye a temperaturas del agua inferiores a 20 °C.</p> <p>La contaminación del agua debida a un saneamiento deficiente es, en gran medida, la responsable de la transmisión, pero no explica por completo la recurrencia estacional, por lo que deben influir otros factores además del saneamiento deficiente. La presencia de los serotipos O1 y O139 patógenos de <i>V. cholerae</i> en aguas de consumo tiene una importancia fundamental para la salud pública y puede tener consecuencias económicas y de salud graves en las poblaciones afectadas. <i>V. cholerae</i> es muy sensible a los tratamientos de desinfección.</p>
<p><b>RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:</b> aunque hay varios serotipos que pueden causar diarrea, el O1 y el O139 son actualmente los únicos que causan los síntomas de cólera clásicos, en los que una fracción de los enfermos padece diarrea acuosa grave y fulminante. El serotipo O1 se ha dividido, a su vez, en los biotipos «clásico» y «El Tor». Este último se caracteriza, entre otras propiedades, por su capacidad para producir una hemolisina termolábil dializable activa contra eritrocitos de ovejas y cabras. Se considera que el biotipo clásico fue responsable de las seis primeras pandemias de cólera, mientras que el biotipo El Tor es el causante de la séptima pandemia, que comenzó en 1961.</p>

Las cepas de *V. cholerae* O1 y O139 que causan el cólera producen una enterotoxina (la toxina del cólera) que altera los flujos de iones a través de la mucosa intestinal, ocasionando una pérdida considerable de agua y electrolitos en las heces líquidas. Otros factores infectivos son un factor de adhesión y una fimbria de unión al hospedador. No todas las cepas de los serotipos O1 o O139 poseen dichos factores de virulencia y es raro que los posean otras cepas.

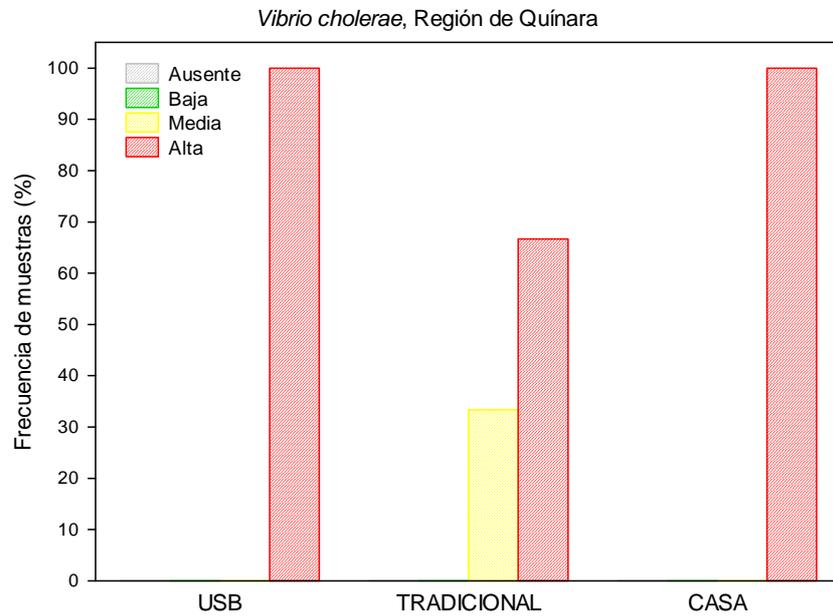
El cólera se transmite típicamente por vía fecal-oral y la infección se contrae predominantemente por la ingestión de alimentos o agua con contaminación fecal. El gran número de microorganismos necesario para causar una infección hace que el contacto entre personas sea una vía de transmisión improbable.

Todavía hay epidemias de cólera en muchas regiones del mundo en desarrollo. Los síntomas los produce la enterotoxina termolábil del cólera propia de las cepas toxígenas de *V. cholerae* O1 y O139. Una gran proporción de las personas infectadas no desarrollan la enfermedad: alrededor del 60% de las infecciones del biotipo clásico y el 75% de las de El Tor son asintomáticas. La manifestación sintomática de la enfermedad puede ser leve, moderada o grave. Los síntomas iniciales del cólera son un aumento del peristaltismo seguido de la producción de deposiciones acuosas y sueltas de tono blanquecino con pequeños gránulos (con aspecto de «agua de arroz») y restos de mucosa, en las que el enfermo puede perder hasta 10 ó 15 litros de líquido al día. La disminución de la acidez gástrica por la administración de bicarbonato sódico disminuye la dosis infectiva de *V. cholerae* O1. La tasa de letalidad varía en función de las instalaciones y la preparación. Hasta el 60% de los enfermos que no reciben tratamiento pueden morir como resultado de la pronunciada deshidratación y pérdida de electrolitos, pero mediante programas bien diseñados de control de enfermedades diarreicas la letalidad se puede disminuir hasta menos del 1%.

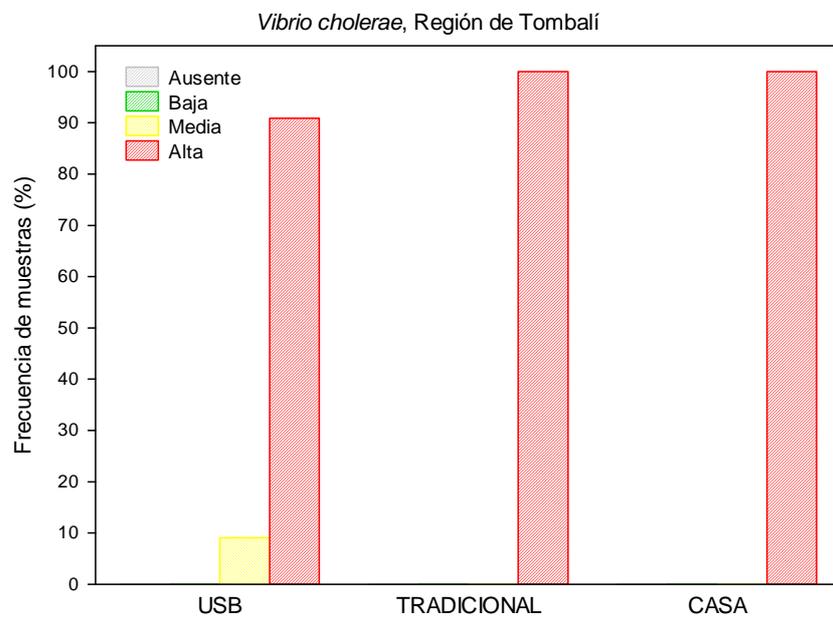
Las cepas no toxígenas de *V. cholerae* pueden causar gastroenteritis de resolución espontánea, infecciones de heridas y bacteriemia.

**RESULTADOS:** en la totalidad de las muestras de la región de Quínara apareció *V. cholerae*. La concentración relativa de esta especie patógena causante del cólera fue alta en la totalidad de las muestras analizadas en los pozos asociados a las USB y en las muestras procedentes de las casas. En los pozos tradicionales un 67% de las muestras mostró valores altos (Figura 4.57 y 4.59, Tabla 4.46). En la región de Tombalí todas las muestras mostraron *V. cholerae* (Tabla 4.47). Las concentraciones relativas fueron también muy elevadas, de manera que la totalidad de muestras de los pozos tradicionales y muestras de casas presentaron niveles altos, mientras que esta cifra alcanzó un 91% en los pozos asociados a las USB (Figura 4.58 y 4.60).

Durante la campaña de este año se pudo confirmar que la bacteria encontrada es *V. cholerae*. La impresionante abundancia presente en las aguas analizadas no permitió contar colonias, ni tan siquiera sembrando una dilución 1:10 de las muestras de agua.



**Figura 4.57.** Concentración relativa de *V. cholerae* en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.58.** Concentración relativa de *V. cholerae* en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.

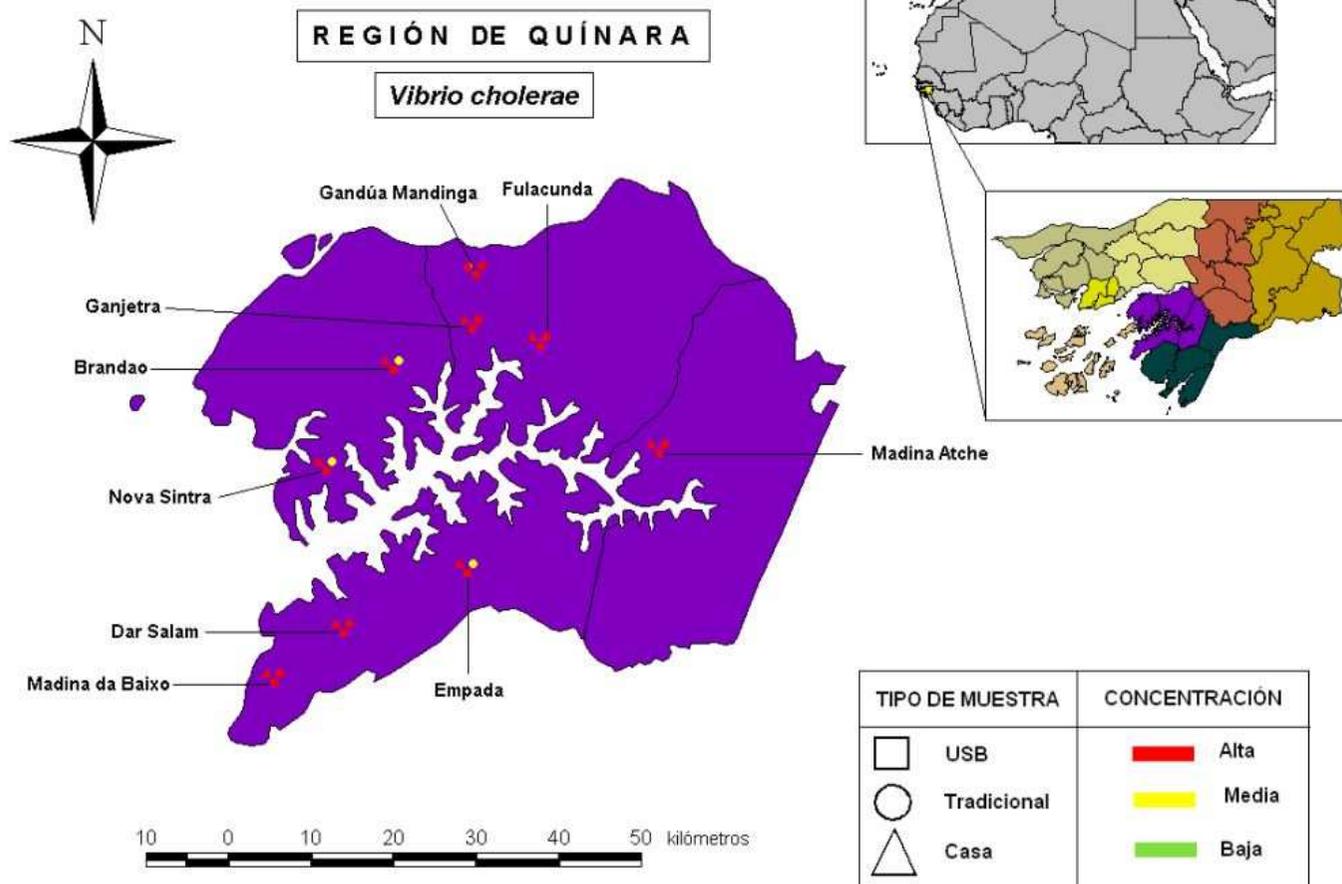


Figura 4.59. Concentración relativa de *Vibrio cholerae* en la región de Quínara.

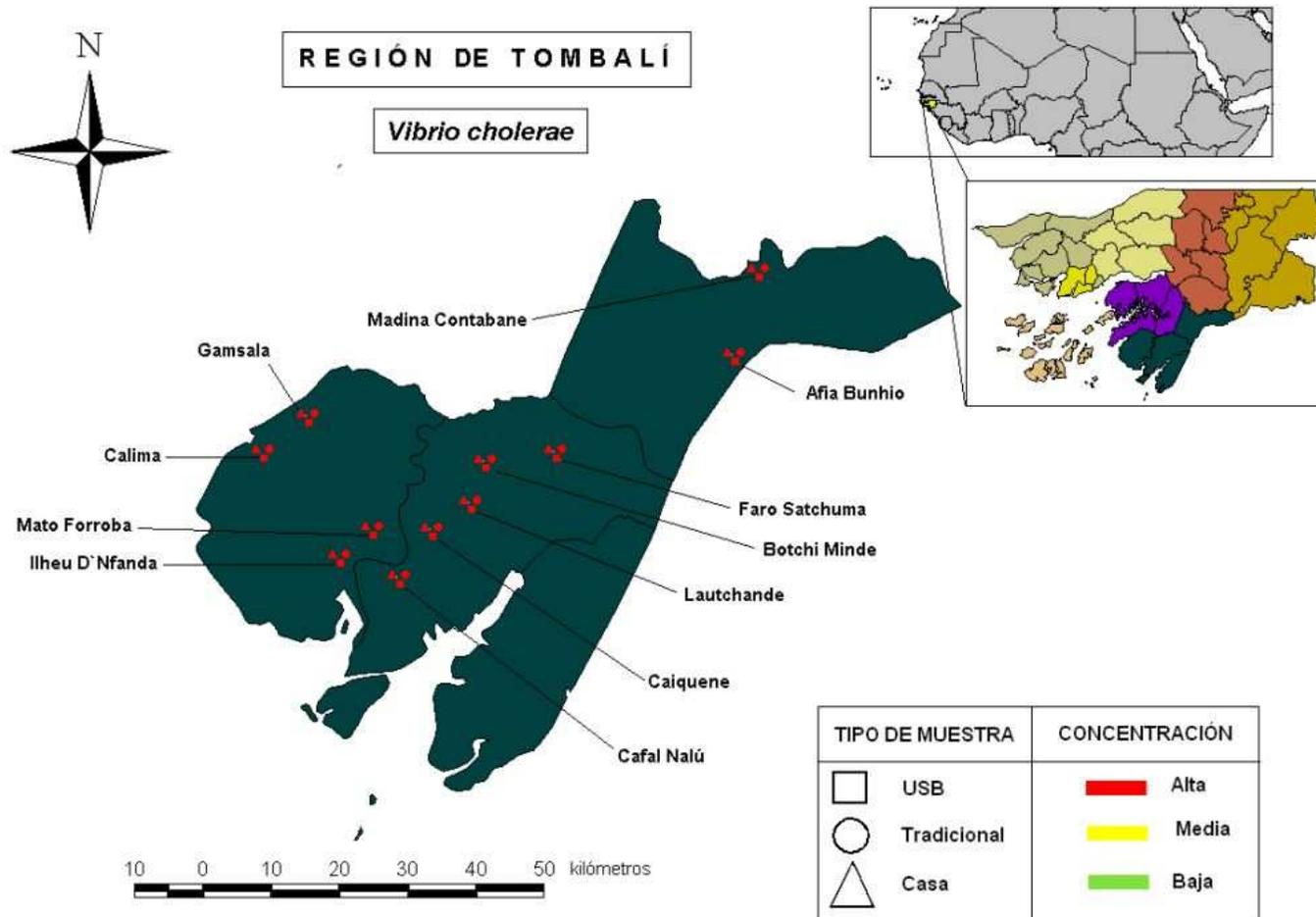


Figura 4.60. Concentración relativa de *Vibrio cholerae* en la región de Tombalí.



**Foto 19.** Placas TCBS para *Vibrio cholerae*. Medio recién sembrado a La derecha y con crecimiento de colônias a La izquierda.



**Foto 20.** Resultado del crecimiento de colonias de los indicadores microbiológicos de contaminación fecal

<b>PARÁMETRO: Cianobacterias y bacterias fototrofas</b>
<b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: y Directiva 98/83/CE: ausencia de Cianobacterias en 100 ml de agua para consumo humano.
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> las cianobacterias son bacterias fotosintéticas que comparten algunas propiedades con las algas: en particular, que poseen clorofila a y que liberan oxígeno durante la fotosíntesis. Las primeras especies que se descubrieron eran de color verdeazulado, por lo que se conocen comúnmente como «algas verdeazuladas». No obstante, producen diversos pigmentos, de modo que muchas no son verdeazuladas, sino de colores que van del verde azulado al pardo amarillento y al rojo. La mayoría de las cianobacterias son fotótrofos aerobios, pero algunas presentan crecimiento heterótrofo. Pueden crecer como células independientes, o formando filamentos o colonias multicelulares. Algunas especies forman floraciones o capas de verdín en la superficie del agua, mientras que otras permanecen suspendidas en la masa de agua y otras proliferan en el fondo.</p> <p>Al contrario que las bacterias patógenas, las cianobacterias no se multiplican en el organismo humano tras su ingestión, sino únicamente en el agua antes de ser ingerida. Si bien los péptidos tóxicos (por ejemplo, las microcistinas) se encuentran habitualmente en el interior de las células y pueden, por consiguiente, eliminarse, en gran parte, por filtración, se liberan también al agua alcaloides tóxicos, como la cilindrospermopsina y las neurotoxinas, que pueden atravesar los sistemas de filtración.</p> <p>Las cianobacterias están ampliamente extendidas y están presentes en diversos tipos de medios, incluidos los suelos, el agua de mar y, de forma destacada, en medios continentales. Algunas condiciones ambientales, como la luz solar, las temperaturas cálidas, la baja turbulencia y las altas concentraciones de nutrientes, pueden favorecer su proliferación. Ésta puede ocasionar, en función de la especie, una coloración verdosa del agua por la alta densidad de células suspendidas, o, en algunos casos, la formación de capas superficiales de verdín. Estas acumulaciones de células pueden generar altas concentraciones de toxinas.</p> <p>En la mayoría de las aguas superficiales hay concentraciones pequeñas de cianobacterias, pero en condiciones ambientales propicias pueden producirse «floraciones» con una gran densidad de cianobacterias. La eutrofización (aumento del crecimiento biológico asociado a un aumento de la concentración de nutrientes) puede favorecer la aparición de floraciones de cianobacterias.</p> <p>Las floraciones de cianobacterias y de otras algas en embalses y aguas fluviales pueden dificultar la coagulación y la filtración, lo que hace que el agua presente coloración y turbidez después de la filtración. También pueden generar geosmina, 2-metil-isoborneol y otras sustancias químicas que presentan umbrales gustativos en el agua de consumo de unos pocos nanogramos por litro.</p>

**RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:** el peligro para la salud pública de las cianobacterias deriva de su capacidad de producir diversas toxinas, conocidas como «cianotoxinas» (hepatotoxinas, neurotoxinas...), que pueden derivar en gastroenteritis, daños hepáticos, neurotoxicidad y oncogenia. La exposición dérmica puede producir irritaciones de la piel y de las mucosas, así como reacciones alérgicas.

La exposición a las toxinas por ingestión de agua de consumo, durante la práctica de actividades recreativas, al ducharse y, posiblemente, por el consumo de comprimidos de complementos alimenticios elaborados con algas, podría ser peligrosa para la salud. El principal peligro de muchas de las cianotoxinas es la exposición repetida o crónica; no obstante, en algunos casos es más importante la toxicidad aguda (por ejemplo, en el caso de las lyngbyatoxinas, y las neurotoxinas saxitoxina y anatoxina). Algunos síntomas agudos notificados tras la exposición son: trastornos digestivos, fiebre e irritaciones de la piel, los oídos, los ojos, la garganta y el aparato respiratorio. Las cianobacterias no proliferan en el organismo humano, de modo que no son infecciosas.

**RESULTADOS:** no se encontraron cianobacterias y bacterias fototrofas en las muestras analizadas.



**Foto 20.** Revisión de los análisis microbiológicos de las muestras de agua durante la primera campaña.

<p>PARÁMETRO: <i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.</p>
<p><b>VALORES DE REFERENCIA:</b> OMS: y Directiva 98/83/CE: ausencia de <i>Aeromonas</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp. en 100 ml de agua para consumo humano.</p>
<p><b>TIPO DE INDICADOR:</b> el género <i>Aeromonas</i>, perteneciente a la familia Vibrionaceae, está formado por bacilos gramnegativos, no esporulantes y anaerobios facultativos. Presentan numerosas similitudes con la familia Enterobacteriaceae. El género se divide en dos grupos. El grupo de las aeromonas mesófilas móviles (con un flagelo polar único), es considerado potencialmente peligroso para la salud humana, está formado por las especies <i>A. hydrophila</i>, <i>A. caviae</i>, <i>A. veronii subsp. sobria</i>, <i>A. jandaei</i>, <i>A. veronii subsp. veronii</i> y <i>A. schubertii</i>.</p> <p>Estas bacterias viven de manera habitual en el agua dulce y están presentes en el agua, el suelo y muchos alimentos, especialmente en la carne y la leche.</p> <p>Por lo general, es fácil encontrar <i>Aeromonas</i> spp. en la mayoría de las aguas dulces y se han detectado en muchas aguas de consumo tratadas, principalmente debido a su proliferación en sistemas de distribución. No se conocen por completo los factores que afectan a la presencia de <i>Aeromonas</i> spp. en los sistemas de distribución de agua, pero se ha comprobado que el contenido de materia orgánica, la temperatura, el tiempo de residencia del agua en la red de distribución y la presencia de cloro residual afectan al tamaño de las poblaciones.</p> <p>A pesar de que se han aislado con frecuencia <i>Aeromonas</i> spp. en el agua de consumo, la evidencia científica no apoya, en su conjunto, de manera significativa la transmisión por el agua. Las aeromonas presentes típicamente en el agua de consumo no pertenecen a los mismos grupos de homología genética que las asociadas a los casos de gastroenteritis.</p> <p>La entrada de aeromonas en los sistemas de distribución se puede minimizar mediante una desinfección adecuada. Pueden limitar la proliferación de estas bacterias en los sistemas de distribución medidas de control como el tratamiento para optimizar la eliminación del carbono orgánico, la restricción del tiempo de residencia del agua en los sistemas de distribución y el mantenimiento de concentraciones residuales de desinfectantes.</p> <p><i>Pseudomonas aeruginosa</i> pertenece a la familia Pseudomonadaceae y es un bacilo gramnegativo aerobio con un flagelo polar. Cuando se cultiva en medios adecuados produce piocianina, un pigmento azulado no fluorescente. Muchas cepas producen también el pigmento verde fluorescente pioverdina. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, al igual que otras pseudomonas fluorescentes, produce catalasa y oxidasa, así como amoniaco a partir de la arginina, y puede utilizar citrato como única fuente de carbono.</p> <p><i>Pseudomonas aeruginosa</i> es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua y las aguas residuales. Puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas</p>

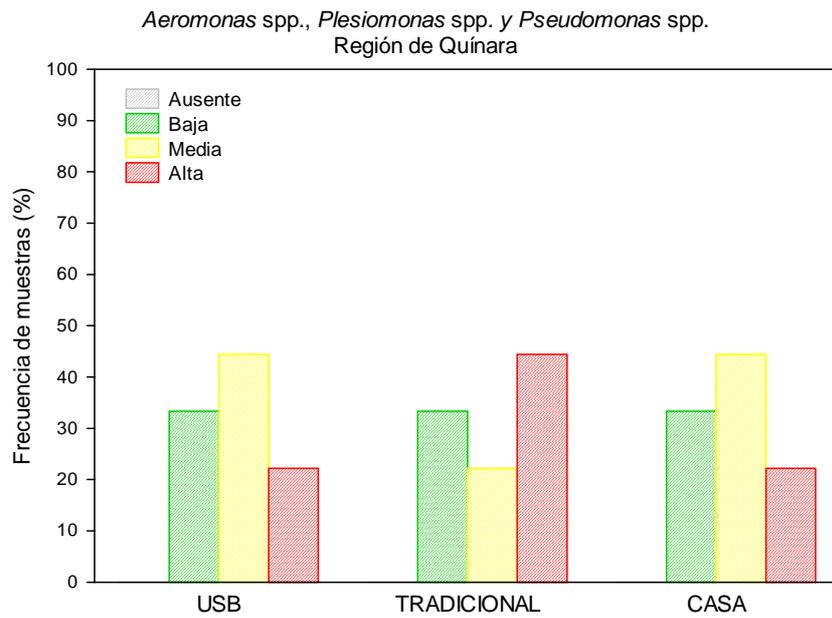
propicias en contacto con el agua. Provoca infecciones intrahospitalarias y puede producir complicaciones graves. Se han aislado en gran variedad de ambientes húmedos, como fregaderos, baños de agua, sistemas de distribución de agua caliente, duchas y bañeras.

Aunque la presencia de *P. aeruginosa* puede ser significativa en algunos entornos como en centros sanitarios, no hay evidencia de que los usos normales del agua de consumo sean una fuente de infección para la población general. No obstante, puede asociarse la presencia concentraciones altas de *P. aeruginosa* en el agua potable, especialmente en el agua envasada, con quejas sobre su sabor, olor y turbidez. *Pseudomonas aeruginosa* es sensible a la desinfección, por lo que una desinfección adecuada puede minimizar su entrada en los sistemas de distribución. Las medidas de control diseñadas para limitar la formación de biopelículas, como el tratamiento para optimizar la eliminación del carbono orgánico, la restricción del tiempo de residencia del agua en los sistemas de distribución y el mantenimiento de concentraciones residuales de desinfectantes, deberían reducir la proliferación de estos microorganismos.

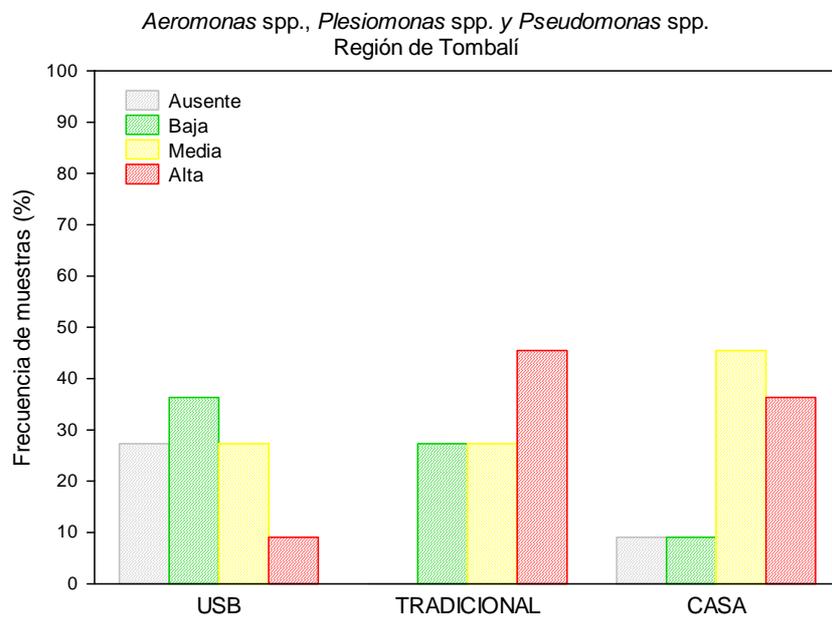
**RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA:** las *Aeromonas* spp. pueden ocasionar infecciones en las personas, como septicemia, especialmente en pacientes inmunodeprimidos, infecciones de heridas e infecciones del aparato respiratorio.

*Pseudomonas aeruginosa* puede causar diversos tipos de infecciones pero rara vez causa enfermedades graves en personas sanas. Coloniza predominantemente partes dañadas del organismo, como quemaduras y heridas quirúrgicas, el aparato respiratorio de personas con enfermedades subyacentes o lesiones físicas en los ojos. Desde estos lugares puede invadir el organismo y causar lesiones destructivas o septicemia y meningitis. Las personas con fibrosis quística o inmunodeprimidas son propensas a la colonización por *P. aeruginosa*, que puede conducir a infecciones pulmonares progresivas graves. Muchas cepas son resistentes a diversos antibióticos, lo que puede aumentar su relevancia en el ámbito hospitalario. Las *Plesiomonas* spp. pueden originar gastroenteritis, así como septicemia en pacientes inmunodeprimidos.

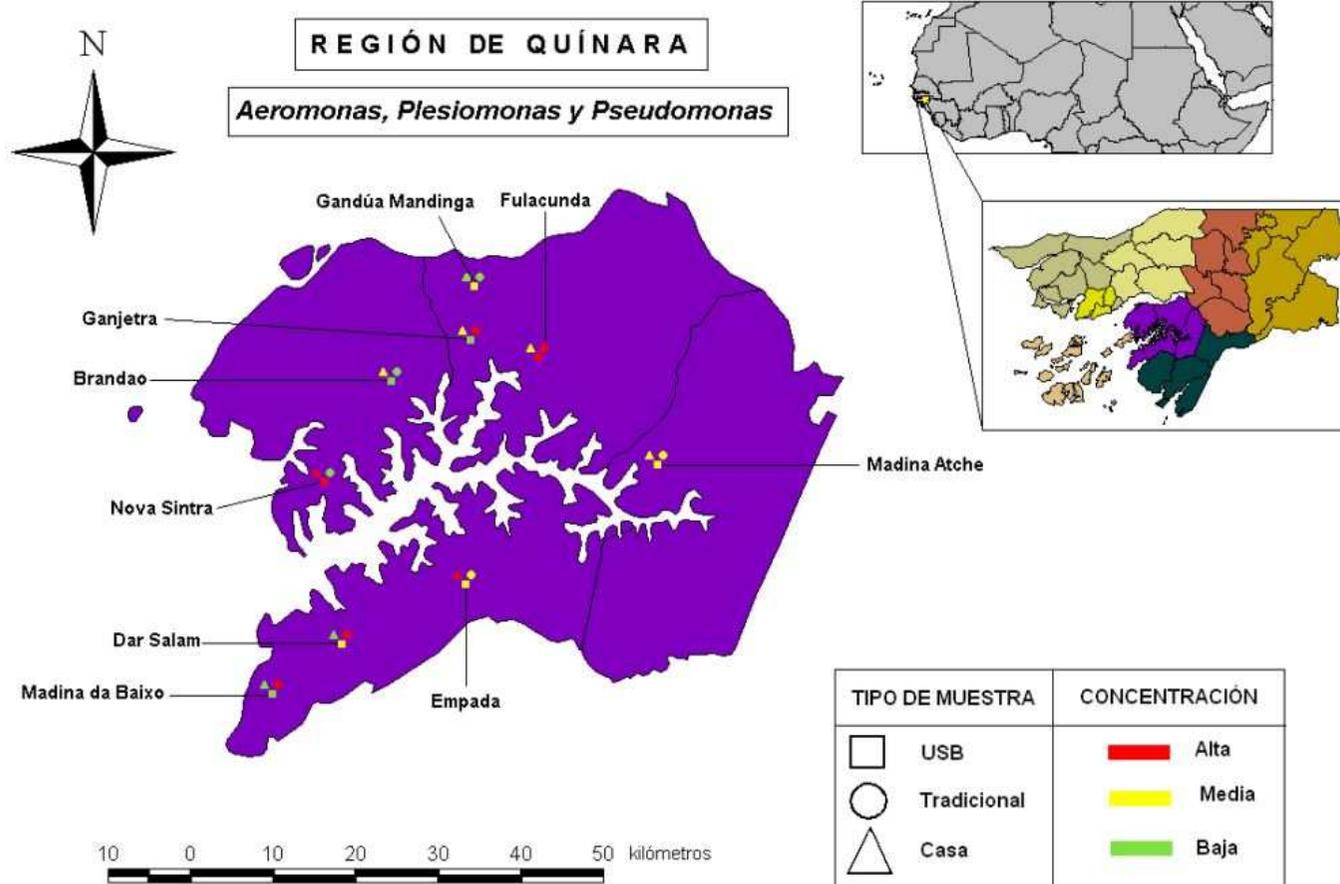
**RESULTADOS:** en la totalidad de las muestras de la región de Quínara aparecieron *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp. y *Plesiomonas* spp. En el 67% de las muestras de agua de los tres tipos la concentración relativa de estas especies patógenas fue de media a alta (Figura 4.61 y 4.63, Tabla 4.46). En la región de Tombalí en un 12% de las muestras no aparecieron *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp. y *Plesiomonas* spp., sobre todo en los pozos asociados a las USB (Figura 4.62 y 4.64, Tabla 4.47). El 73 y 82% de las muestras de agua de los pozos tradicionales y las casas, respectivamente, mostraron concentraciones relativas de medias a altas, mientras que esta cifra alcanzó solamente un 36% en el caso de los pozos asociados a las USB.



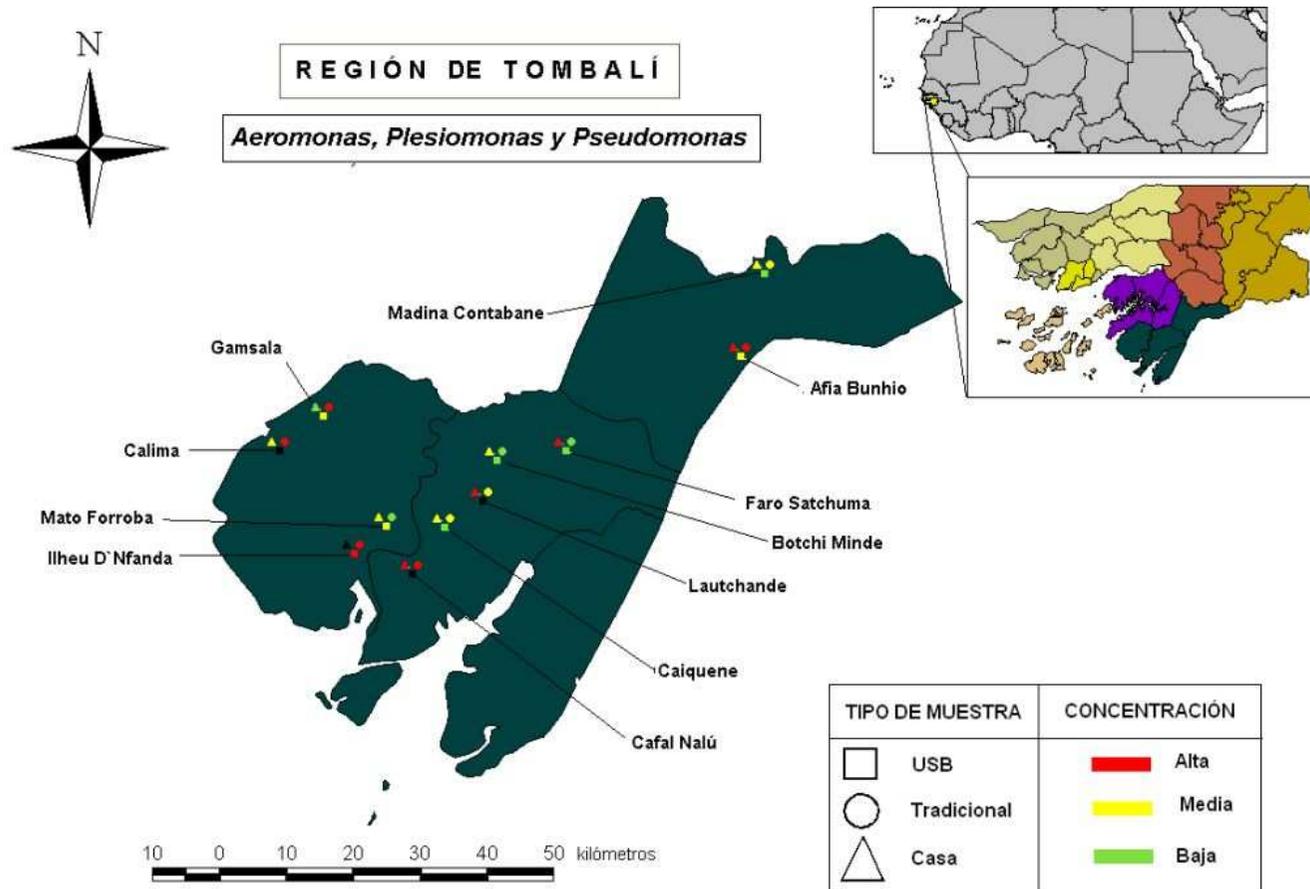
**Figura 4.61.** Concentración relativa de *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp. y *Plesiomonas* spp. en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Quínara.



**Figura 4.62.** Concentración relativa de *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp. y *Plesiomonas* spp. en los tres tipos de muestras analizadas: pozo asociado a una USB, pozo tradicional y casa. Región de Tombalí.



**Figura 4.63.** Concentración relativa de *Aeromonas* spp., *Plesiomonas* spp. y *Pseudomonas* spp. en la región de Quínara en 2010.



**Figura 4.64.** Concentración relativa de *Aeromonas* spp., *Plesiomonas* spp. y *Pseudomonas* spp. en la región de Tombalí en 2010. En color negro se indica la ausencia.

**Tabla 4.46.** Concentración relativa de microorganismos en cada tabanka de la Región de Quínara en 2010. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli*, *Streptococos* y *Enterococos* y *Clostridium perfringens*.

REGIÓN DE QUÍNARA									
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	<i>Escherichia coli</i>	Streptococos y Enterococos	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	Cianobacterias	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.	MEDIA	DT
Brandao	Casa	3	3	2	3	0	2	465.00	33.94
Brandao	Tradicional	2	3	3	2	0	1	455.00	49.50
Brandao	USB	2	3	3	3	0	1	177.50	20.51
Dar Salam	Casa	2	3	3	3	0	1	619.50	24.75
Dar Salam	Tradicional	1	3	2	3	0	3	365.00	29.70
Dar Salam	USB	3	2	2	3	0	2	563.50	4.95
Empada	Casa	3	3	3	3	0	3	514.50	44.55
Empada	Tradicional	2	2	3	2	0	2	539.00	19.80
Empada	USB	1	3	2	3	0	2	331.00	39.60
Fulacunda	Casa	3	2	3	3	0	2	504.00	69.30
Fulacunda	Tradicional	3	2	2	3	0	3	686.00	128.69
Fulacunda	USB	3	3	3	3	0	3	654.50	14.85
Gandúa Mandinga	Casa	2	3	3	3	0	1	749.00	19.80
Gandúa Mandinga	Tradicional	1	3	3	3	0	1	451.50	34.65
Gandúa Mandinga	USB	1	2	2	3	0	2	367.50	113.84

**Continuación Tabla 4.46.** Concentración relativa de microorganismos en cada tabanka de la Región de Quínara en 2010. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli*, *Streptococcus* y *Enterococcus* y *Clostridium perfringens*.

REGIÓN DE QUÍNARA									
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	<i>Escherichia coli</i>	Streptococcus y Enterococcus	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	Cianobacterias	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.	MEDIA	DT
Ganjetra	Casa	2	3	3	3	0	2	220.50	84.15
Ganjetra	Tradicional	3	3	3	3	0	3	252.00	39.60
Ganjetra	USB	1	2	2	3	0	1	220.50	103.94
Madina Atche	Casa	3	3	3	3	0	2	605.50	44.55
Madina Atche	Tradicional	2	2	2	3	0	2	353.50	14.85
Madina Atche	USB	3	2	3	3	0	2	696.50	64.35
Madina da Baixo	Casa	3	0	3	3	0	1	728.00	39.60
Madina da Baixo	Tradicional	1	2	2	3	0	3	560.00	19.80
Madina da Baixo	USB	3	1	1	3	0	1	526.50	12.02
Novasintra	Casa	3	3	2	3	0	3	458.50	64.35
Novasintra	Tradicional	3	1	3	2	0	1	423.50	54.45
Novasintra	USB	1	1	1	3	0	3	203.00	29,70

**Tabla 4.47.** Concentración relativa de microorganismos en cada tabanka de la Región de Tombalí en 2010. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli*, *Streptococos* y *Enterococos* y *Clostridium perfringens*.

REGIÓN DE TOMBALÍ									
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	<i>Escherichia coli</i>	Estreptococos y Enterococos	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	Cianobacterias	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.	MEDIA	DT
Afia Bunhio	Casa	2	3	3	3	0	3	721.00	19.80
Afia Bunhio	Tradicional	2	1	3	3	0	3	535.50	54.45
Afia Bunhio	USB	1	2	3	2	0	2	602.00	19.80
Botchi Minde	Casa	3	3	3	3	0	2	518.00	19.80
Botchi Minde	Tradicional	1	3	3	3	0	1	430.50	24.75
Botchi Minde	USB	2	3	2	3	0	1	616.00	19.80
Cafal Nalú	Casa	2	3	3	3	0	3	231.00	39.60
Cafal Nalú	Tradicional	2	2	3	3	0	3	325.50	4.95
Cafal Nalú	USB	1	3	3	3	0	0	402.50	24.75
Caiquene	Casa	2	2	3	3	0	2	416.50	64.35
Caiquene	Tradicional	1	3	3	3	0	2	241.50	4.95
Caiquene	USB	1	3	3	3	0	1	245.00	19.80
Calima	Casa	3	3	3	3	0	2	532.00	9.90
Calima	Tradicional	2	3	3	3	0	3	728.00	69.30
Calima	USB	3	1	2	3	0	0	605.50	14.85

**Continuación Tabla 4.47.** Concentración relativa de microorganismos en cada tabanka de la Región de Tombalí en 2010. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli*, Estreptococos y Enterococos y *Clostridium perfringens*.

REGIÓN DE TOMBALÍ									
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	<i>Escherichia coli</i>	Estreptococos y Enterococos	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	Cianobacterias	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.	MEDIA	DT
Fora Sadjuma	Casa	1	3	3	3	0	3	476.00	19.80
Fora Sadjuma	Tradicional	1	2	2	3	0	1	353.50	24.75
Fora Sadjuma	USB	2	3	3	3	0	1	385.00	29.70
Gamsala	Casa	0	3	3	3	0	1	661.50	84.15
Gamsala	Tradicional	0	3	1	3	0	3	731.50	103.94
Gamsala	USB	0	0	2	3	0	2	22.00	0.00
Ilheu N' Fanda	Casa	2	3	2	3	0	0	630.00	19.80
Ilheu N' Fanda	Tradicional	2	3	2	3	0	3	521.50	24.75
Ilheu N' Fanda	USB	3	3	3	3	0	3	483.00	19.80
Lautchande	Casa	3	3	3	3	0	3	287.00	29.70
Lautchande	Tradicional	1	3	2	3	0	2	280.00	19.80
Lautchande	USB	2	3	2	3	0	0	224.00	19.80
Madina Contabane	Casa	3	3	3	3	0	2	906.50	54.45
Madina Contabane	Tradicional	2	3	3	3	0	2	1015.00	59.40
Madina Contabane	USB	2	3	3	3	0	1	724.50	54.45

**Continuación Tabla 4.47.** Concentración relativa de microorganismos en cada tabanka de la Región de Tombalí en 2010. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli*, Estreptococos y Enterococos y *Clostridium perfringens*.

REGIÓN DE TOMBALÍ									
LOCALIDAD	TIPO DE MUESTRA	<i>Escherichia coli</i>	Estreptococos y Enterococos	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	Cianobacterias	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.	MEDIA	DT
Mato Forroba	Casa	2	2	2	3	0	2	605.50	24.75
Mato Forroba	Tradicional	2	3	3	3	0	1	458.50	14.85
Mato Forroba	USB	1	3	2	3	0	2	518.00	49,50

### 4.3. Parámetros parasitológicos (Resultado 1)

En el Hospital Carlos III de Madrid, centro de referencia en enfermedades tropicales, se estudió la posible presencia de parásitos en las muestras de agua de la primera campaña, tratando de identificar el mayor número de taxones posible. La cantidad y estado de conservación de las muestras no fue adecuado para detectar la totalidad de parásitos, por tanto los resultados tienen que interpretarse como una primera aproximación al análisis parasitológico. Además, es poco corriente el análisis de parásitos en muestras de agua subterránea, siendo lo normal el estudio directo de muestras de heces, orina de pacientes o muestras telúricas. Esto ha dificultado la identificación y se ha hecho patente la necesidad de mejorar el protocolo de recogida, tratamiento y conservación de muestras *in situ*, para aumentar la tipificación de parásitos y poder cuantificarlos. La abundancia relativa de cada taxón es importante para estimar el riesgo de infección y de aparición de ciertas enfermedades.

En la región de Quínara, se detectaron parásitos vivos en tres localidades (Nova Sintra, Gandúa Mandinga y Madina Atche, Tabla 4.48). En el resto de muestras no se encontraron protozoos o helmintos. En Nova Sintra se determinó la presencia del género *Serratia* spp. En Gandúa Mandinga y Madina Atche aparecieron parásitos en formas quísticas y flageladas. Muchos taxones no se pudieron identificar con claridad, por poseer las muestras una gran cantidad de artefactos que dificultaban la caracterización. Es muy probable que las muestras del resto de tabankas de Quínara contengan parásitos, aunque no se hayan podido observar.

El género *Serratia* es un grupo de enterobacterias oportunistas que no suelen ser patógenas. La especie más común es *S. marcescens*, que es normalmente la única patógena, causando infección nosocomial, es decir infecciones adquiridas dentro de los hospitales. El resto de especies no suelen ser patógenas. En los hospitales, las especies de *Serratia* tienden a colonizar los tractos respiratorios y urinarios, así como el tracto gastrointestinal en adultos. Con frecuencia afecta a pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos y de prematuros. Muchas de las cepas de origen ambiental (no hospitalario) son productoras de un pigmento rojo, llamado *prodigiosina* (ver más: <http://www.gefor.4t.com/opinion/serratiaprodigiosa.html>).

En la región de Tombalí, todas las muestras menos las de la localidad de Gamsala presentaron parásitos (Tabla 4.49). En Afia Bunhio, Mato Forroba y Kafal Nalú se identificaron con claridad formas quísticas, flageladas y ameboides de ejemplares de amebas del género *Naegleria*. Se trata de protistas de vida libre patogénicos, es decir parásitos oportunistas o facultativos, más bien que parásitos obligados. Son ubicuos en agua y suelo, por lo que sobreviven tanto dentro como fuera de un hospedador. Los parásitos se pueden adquirir por contacto de las fosas nasales con agua contaminada o por inhalación. Presentan una forma trofozoita (activa) como una forma de resistencia, el quiste (vegetativa). El trofozoito puede cambiar de la forma ameboides a una temporalmente flagelada a unos 25-34°C. En las muestras de agua analizadas se han observado las tres formas. La especie típica es *N. fowleri*, aunque también pueden aparecer otras especies. Para la determinación

específica se deberían emplear metodologías más precisas, que no se han podido utilizar con las muestras actuales.

La especie *N. fowleri* es una ameba de vida libre patógena que suele habitar aguas dulces templadas y estancadas como lagos, lagunas, estanques, piscinas, aguas termales y canales de riego. Es un parásito oportunista que puede producir una patología en humanos que se conoce como meningoencefalitis amebiana primaria (PAM, *primary amebic meningoencephalitis*). El parásito entra vía la mucosa nasal en forma flagelada o de trofozoito y atraviesa la lámina cribosa del hueso etmoides. Puede luego irse situando en el sistema nervioso central (cerebro, meninges), produciendo necrosis de los bulbos olfatorios. En poco tiempo provoca congestión nasal, dolor de cabeza, fiebre, náuseas, vómitos, anorexia, alteraciones sensoriales, fotofobia, síntomas de irritación meníngea y coma, y sigue evolucionando hasta causar la muerte del infectado por paro cardíaco, después de unas 72 horas tras la aparición de los síntomas.

La infección se produce al ponerse en contacto la mucosa nasal con aguas contaminadas con trofozoitos o formas flageladas. Si bien la mayoría de las infecciones por este agente se ha asociado con natación en cursos naturales de agua cálida, otras fuentes han sido agua corriente, piscinas contaminadas y poco cloradas y baños. La enfermedad se ha observado en todo el mundo y hasta el momento era poco frecuente, pero el número de casos está aumentando debido al calentamiento global, ya que es una especie que prolifera en aguas cálidas.

Sería muy recomendable que como medida preventiva, hasta que se pueda realizar la determinación específica de *Naegleria* spp., se observe la posible existencia de los síntomas de la meningoencefalitis amebiana primaria en las enfermedades registradas en la zona por el Ministerio de Salud Pública.

En la muestra de Madina Contabane se observó la presencia de *Yersinia enterocolitica* (Tabla 4.49). Se trata de una bacteria que se suele aislar en las heridas, las heces, el esputo o las glándulas linfáticas mesentéricas de pacientes de hospital. Normalmente no forma parte de la flora humana, siendo habitual en otros animales como cerdos, aves, castores, gatos o perros. La especie *Y. enterocolitica* es la única del género que se ha encontrado en muestras ambientales de lagunas y lagos y en alimentos como la carne, los helados y la leche. La *Y. enterocolitica* es patógena, causando gastroenteritis con diarrea y/o vómito, fiebre y dolor abdominal. Las infecciones causadas por *Yersinia* son similares a la apendicitis y a la linfadenitis mesentérica, pero esta bacteria también puede causar infecciones en otras áreas como en las heridas, en las articulaciones y en el tracto urinario. La aparición de la enfermedad (yersiniosis) se da entre las 24 y 48 horas después de la ingestión de alimentos (carnes, ostras, pescado, leche cruda) y/o bebidas infectadas por la bacteria. Las poblaciones más susceptibles a la enfermedad principal y a sus posibles complicaciones son las más jóvenes, también los débiles, los ancianos y las personas que se encuentren bajo terapias inmunodepresivas.

La prevalencia de este organismo en el suelo y el agua, así como también en ciertos animales silvestres y domésticos, ofrece grandes oportunidades para que ingrese en la cadena alimentaria. La falta de higiene de los manipuladores de alimentos y las técnicas de esterilización inadecuadas, además del almacenamiento inapropiado, son también importantes fuentes que contribuyen a la contaminación. Las principales causas de infección son el consumo de los alimentos crudos o parcialmente cocidos y la contaminación cruzada, que ocurre cuando los productos cocidos entran en contacto con los materiales crudos o contaminados. Las especies de *Yersinia* son sensibles al calor y como resultado mueren durante el calentamiento (mayor a 70°C). Por esta razón, la cocción adecuada y la higiene en el manejo de los alimentos puede prevenir las infecciones causadas por *Yersinia* en una gran medida.

En las localidades de Botchi Minde y Fora Sadjuma se ha observado *Cryptosporidium* spp., un género de protistas parásitos al que se asocia con una enfermedad llamada criptosporidiosis diarreica en seres humanos (Tabla 4.49). La criptosporidiosis es típicamente una enfermedad aguda de corta duración, pero la infección puede ser grave y continuada en niños y en pacientes inmunodeprimidos, como los pacientes con sida. El parásito se transmite mediante quistes resistentes que una vez ingeridos, desenquistan en el intestino delgado y dan lugar a la infección de los tejidos epiteliales intestinales. Varias especies de *Cryptosporidium* infectan a los mamíferos y en los humanos las principales que causan la enfermedad son *C. parvum* y *C. hominis*.

El parásito *Cryptosporidium* spp. se contrae por vía fecal-oral. Los ooquistes son excretados por el huésped infectado a través de las heces y posiblemente otras rutas, tales como las secreciones respiratorias. La transmisión de *C. parvum* y *C. hominis* se produce principalmente por contacto con agua contaminada con heces (consumo o usos recreativos). Ocasionalmente, también pueden funcionar como vehículos de transmisión los alimentos como las ensaladas. Muchos brotes se han producido en piscinas, parques acuáticos y balnearios. Después de la ingestión (y posiblemente de la inhalación) por un huésped adecuado se produce la desenquistación. Los esporozoitos son liberados y parasitan las células epiteliales del tracto gastrointestinal u otros tejidos tales como el sistema respiratorio y se diferencian en trofozoítos. El ataque al epitelio intestinal conduce a malabsorción y en pacientes inmunodeprimidos a diarrea acuosa, no sanguinolenta. Las especies de *Cryptosporidium* spp. pueden sobrevivir en forma de quiste durante largos períodos fuera del huésped y también puede resistir muchos desinfectantes comunes, especialmente los desinfectantes basados en cloro. Recientemente, se ha descubierto que es sensible a la luz ultravioleta.

En el resto de muestras de Tombalí se han detectado diversas formas que deberían determinarse con más precisión, tal como se ha comentado, para saber si son taxones patógenos y los niveles en los que se encuentran en las aguas.

**Tabla 4.48.** Resultados del análisis preliminar de la presencia (+) y ausencia (-) de parásitos en las muestras de agua de la región de Quínara en 2010.

Localidad	<i>Naegleria</i> spp.	<i>Yersinia</i> <i>enterocolitica</i>	<i>Serratia</i> spp.	<i>Cryptosporidium</i> spp.	Formas quísticas no identificadas	Formas flageladas no identificadas
Ganjetra	-	-	-	-	-	-
Nova Sintra	-	-	+	-	-	-
Brandao	-	-	-	-	-	-
Gandúa Mandinga	-	-	-	-	+	-
Fulacunda	-	-	-	-	-	-
Madina Atche	-	-	-	-	-	+
Empada	-	-	-	-	-	-
Madina da Baixo	-	-	-	-	-	-
Dar Salam	-	-	-	-	-	-

**Tabla 4.49.** Resultados del análisis preliminar de la presencia (+) y ausencia (-) de parásitos en las muestras de agua de la región de Tombalí en 2010.

Localidad	<i>Naegleria</i> spp.	<i>Yersinia</i> <i>enterocolitica</i>	<i>Serratia</i> spp.	<i>Cryptosporidium</i> spp.	Formas quísticas no identificadas	Formas flageladas no identificadas
Madina Contabane	-	+	-	-	-	-
Calima	-	-	-	-	+	-
Gamsala	-	-	-	-	-	-
Afia Bunhio	+	-	-	-	+	+
Botchi Minde	-	-	-	+	+	-
Ilheu N`Fanda	-	-	-	-	+	-
Mato Forroba	+	-	-	-	-	-
Fora Sadjuma	-	-	-	+	-	-
Caiquene	-	-	-	-	-	+
Kafal Nalú	+	-	-	-	-	+
Lautchande	+	-	-	-	-	-

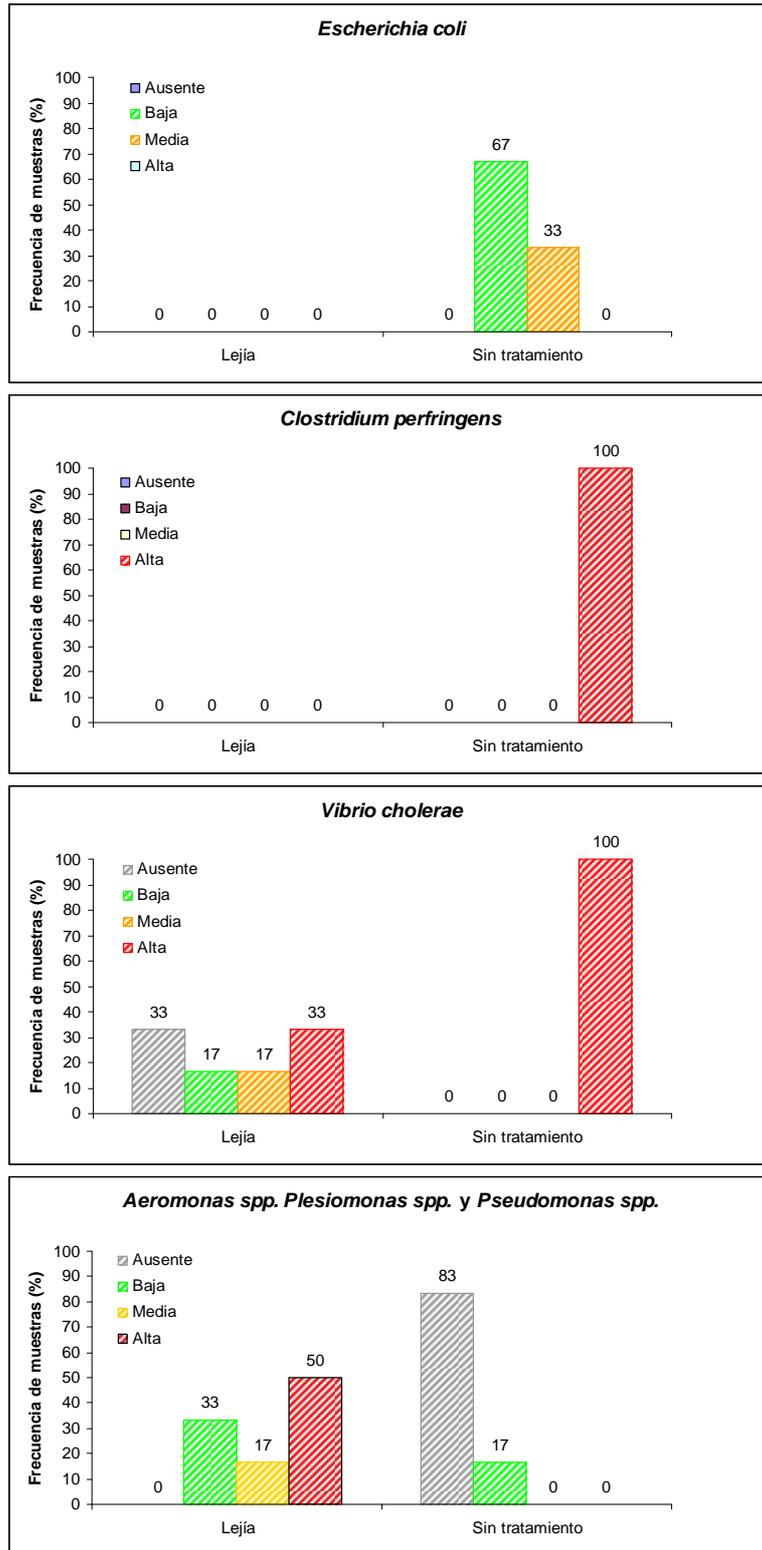
Las muestras de la segunda campaña se están procesando en el Hospital Carlos III de Madrid y en la Universidad de Valencia.

#### **4.4. Eficacia de los métodos de desinfección analizados (Resultado 2)**

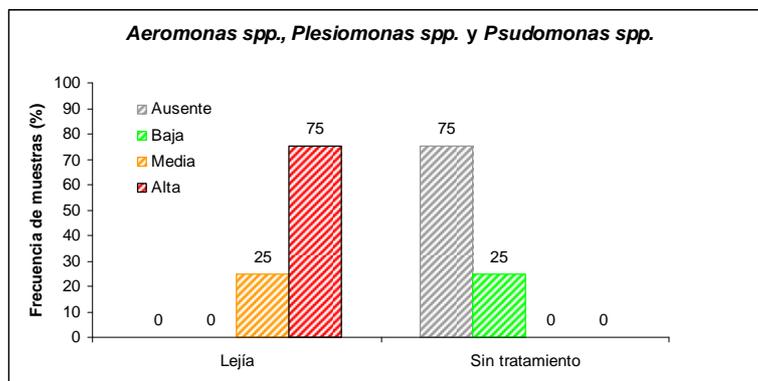
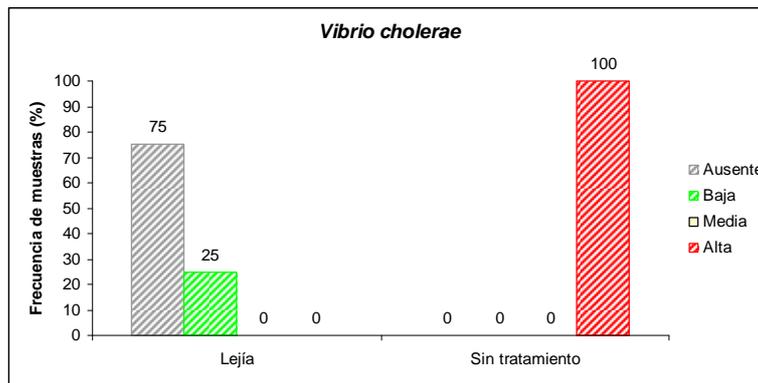
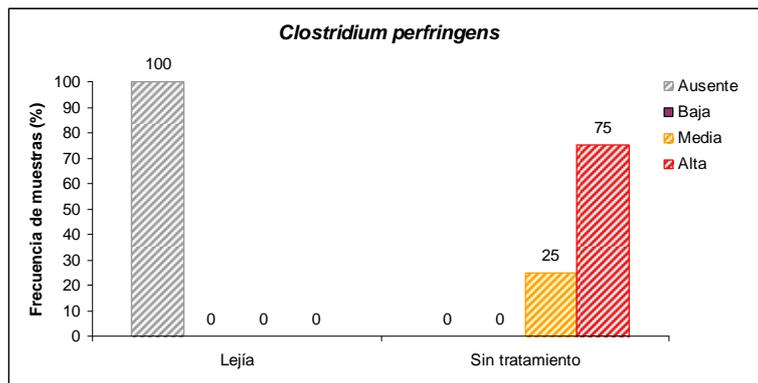
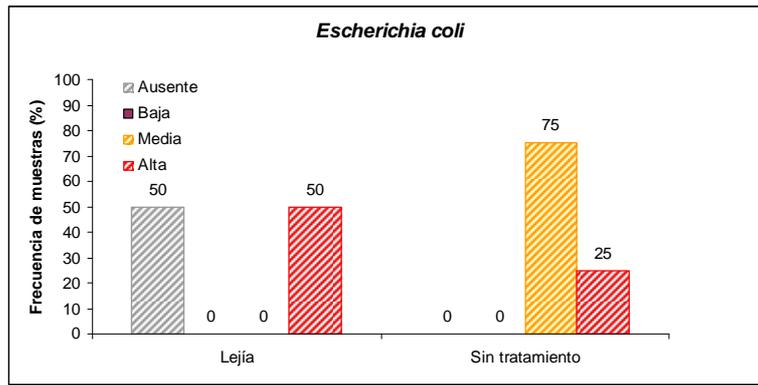
La eficacia de la desinfección utilizando lejía comercial se analizó en las 10 tabankas seleccionadas, sin embargo el método SODIS no pudo analizarse correctamente debido a las condiciones meteorológicas adversas que imperaron durante el trabajo de campo. Por este motivo los datos proporcionados en este estudio no son fiables y es necesario repetir los análisis durante la época seca, cuando es posible conseguir las condiciones de insolación y temperatura requeridas por el método (Figuras 4.52 y 4.55).

Tras la utilización de lejía comercial, el 100% de las muestras de ambas regiones quedaron desinfectadas para *Clostridium perfringens*, el 80% para *E. coli* y *Aeromonas* spp., *Plesiomonas* spp. y *Pseudomonas* spp., y sólo el 50% para *V. cholerae*. Es importante señalar que en los casos de persistencia de la contaminación, la categoría de presencia fue menor para todos los indicadores, excepto para *V. cholerae*, que se mantuvo en concentraciones muy altas. El recuento de colonias fue de  $2.6 \pm 0.53 \text{ ml}^{-1}$  (rango, 0-6 colonias  $\text{ml}^{-1}$ ) (Figuras 4.65 y Fig. 4.66. Tablas 4.50, 4.51, 4.53 y 4.54).

Dado que los resultados no fueron completamente satisfactorios y para evitar favorecer la ingesta intencionada de aguas contaminadas, no se llevó a cabo la encuesta sobre las percepciones organolépticas consecuencia de la aplicación de ambos métodos.



**Figura 4.65.** Concentración relativa de indicadores microbiológicos en las muestras de agua sin tratar y tratadas con lejía comercial en la Región de Quínara, en 2011.



**Figura 4.66.** Concentración relativa de indicadores microbiológicos en las muestras de agua sin tratar y tratadas con lejía comercial en la Región de Tombalí, en 2011.

**Tabla 4.50.** Concentración relativa de microorganismos en las aguas sin tratamiento de las tabankas seleccionadas en la Región de Quínara en 2011. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli* y *Clostridium perfringens*.

<b>REGIÓN</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	<b><i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DT</b>
Quínara	Brandao	2	3	3	3	>500	----
Quínara	Empada	1	3	3	1	>500	----
Quínara	Fulacunda	1	3	3	2	274	70,7
Quínara	Ganjetra	2	3	3	3	>500	----
Quínara	Madina Hatche	1	3	3	3	317	46,7
Quínara	Nova Sintra	1	3	3	1	87,5	43,1

**Tabla 4.51.** Concentración relativa de microorganismos en las aguas de las tabankas seleccionadas en la Región de Quínara en 2011, tratadas con lejía comercial. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli* y *Clostridium perfringens*.

<b>REGIÓN</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	<b><i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DT</b>
Quínara	Brandao	0	0	3	0	0	0
Quínara	Empada	0	0	0	0	1	1,4
Quínara	Fulacunda	0	0	3	1	25	14,1
Quínara	Ganjetra	0	0	2	0	3	2,8
Quínara	Madina Hatche	0	0	1	0	0,5	0,7
Quínara	Nova Sintra	0	0	0	0	2	2,8

**Tabla 4.52.** Concentración relativa de microorganismos en las aguas de las tabankas seleccionadas en la Región de Quínara en 2011, tratadas con el método SODIS. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli* y *Clostridium perfringens*.

<b>REGIÓN</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	<b><i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DT</b>
Quínara	Brandao	2	3	3	3	>500	----
Quínara	Empada	----	----	----	----	1	1,4
Quínara	Fulacunda	----	----	----	----	25	14,1
Quínara	Ganjetra	----	----	----	----	3	2,8
Quínara	Madina Hatche	----	----	----	----	0,5	0,7
Quínara	Nova Sintra	1	3	3	1	323	38,2

**Tabla 4.53.** Concentración relativa de microorganismos en las aguas sin tratamiento de las tabankas seleccionadas en la Región de Tombalí en 2011. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli* y *Clostridium perfringens*.

<b>REGIÓN</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	<b><i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DT</b>
Tombalí	Afia Bunhio	2	3	3	3	>500	----
Tombalí	Botche Minde	2	3	3	3	>500	----
Tombalí	Madina Contabane	2	3	3	3	>500	----
Tombalí	Mato Forroba	3	2	3	2	90	4,2

**Tabla 4.54.** Concentración relativa de microorganismos en las aguas de las tabankas seleccionadas en la Región de Tombalí en 2011, tratadas con lejía comercial. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli* y *Clostridium perfringens*.

<b>REGIÓN</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	<b><i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DT</b>
Tombalí	Afia Bunhio	0	0	0	0	5	1,4
Tombalí	Botche Minde	3	0	0	0	1	0,7
Tombalí	Madina Contabane	3	0	0	1	3,5	0,7
Tombalí	Mato Forroba	0	0	1	0	1,5	0,7

**Tabla 4.55.** Concentración relativa de microorganismos en las aguas de las tabankas seleccionadas en la Región de Tombalí en 2011, tratadas con el método SODIS. 0= ausencia, 1= concentración baja, 2= concentración media, 3= concentración alta. Se muestra la Media y Desviación Típica (DT) de los recuentos de colonias de *E. coli* y *Clostridium perfringens*.

<b>REGIÓN</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	<b><i>Aeromonas</i> spp., <i>Plesiomonas</i> spp. y <i>Pseudomonas</i> spp.</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DT</b>
Tombalí	Afia Bunhio	1	3	3	2	>500	----
Tombalí	Botche Minde	3	3	2	3	152	14,1
Tombalí	Madina Contabane	2	3	2	2	>500	----
Tombalí	Mato Forroba	2	3	3	1	>500	----

#### 4.5. Propuesta de recomendaciones (Resultado 3)

Los Resultados 1 y 2 han servido como proyecto de identificación para que Asamblea de Cooperación por la Paz realice varias formulaciones para las convocatorias donde se define como línea prioritaria el examen de la calidad del agua.

Solamente teniendo en cuenta los parámetros microbiológicos y según la normativa actual y las recomendaciones de la OMS, las muestras de agua analizadas no serían aptas para el consumo humano, ya que contienen patógenos en concentraciones muy elevadas. La contaminación detectada en los análisis de los parámetros físico-químicos no es muy elevada en las muestras, salvo excepciones, pero hay que considerar que es necesario realizar una analítica completa en época seca, porque es muy probable que los niveles de los indicadores de contaminación aumenten de manera considerable. Del mismo modo, sería necesario realizar un análisis más preciso de los parásitos presentes en la zona y de su carga, así como la de patógenos como el organismo causante del cólera. Con todo ello se podrán proponer los tratamientos más apropiados.

Dado que algunos parámetros fisicoquímicos pueden tener su origen en las características hidrogeológicas del terreno, sería imprescindible disponer de información detallada de la hidrogeología de la zona de estudio para diseñar un plan de seguimiento de la calidad del agua de consumo, así como diseñar la ubicación de nuevas perforaciones.

La meta establecida en los Objetivos de Desarrollo del Milenio, en concreto en el ODM7, relacionado con la sostenibilidad del medio ambiente, fija en el 2015 la reducción a la mitad del porcentaje de personas sin acceso sostenible a agua potable y a servicios básicos de saneamiento. El informe de 2010 dice que si continuara la tendencia actual, el mundo satisfaría o incluso superaría la meta de ODM sobre agua potable en esta fecha, de hecho calcula que el 86% de la población de las regiones en vías de desarrollo tendrá acceso a mejores fuentes de agua potable y que cuatro regiones (África septentrional, América Latina y el Caribe, Asia Oriental y el sudeste asiático) ya han alcanzado esa meta. A la vista de nuestros resultados creemos que puede afirmarse que aún queda mucho trabajo por realizar para que el problema esté resuelto. Pese a alcanzar las cifras previstas de personas abastecidas por agua de pozo, no puede afirmarse que el agua al que tienen acceso sea potable, al menos en la zona de estudio. Afortunadamente el informe no se queda en la autocomplacencia y sugiere que en el futuro se deberá tener en cuenta la calidad del agua cuando se establezcan metas sobre acceso a agua potable y señala que esto deberá hacerse pese a que medir su grado de seguridad puede ser muy difícil, por lo que insta a encontrar formas rápidas, confiables y económicas de medir la calidad del agua localmente.

#### **4.6. Protocolo de seguimiento (Resultado 4)**

Teniendo en cuenta los resultados, hasta el momento es posible proponer una intervención articulada en dos ejes fundamentales. La propuesta se podrá completar cuando dispongamos de la información que se está analizando actualmente.

##### CALIDAD DEL AGUA Y DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS

Propuesta 1: realización de campañas estacionales de análisis del agua, incluyendo parámetros físico-químicos, microbiológicos y parasitológicos, para valorar las posibles variaciones de los niveles de contaminación y de las propiedades del agua que puedan influir en su aceptación por los consumidores. Es imprescindible conocer qué ocurre en la época seca.

Propuesta 2: creación de un protocolo de condiciones previas para la construcción de infraestructuras que incluya un cuaderno de prescripciones técnicas (características de lo que se construye, el método utilizado y la calidad tanto de los materiales como del producto final), que incluya análisis de la calidad del agua. Es imprescindible disponer de información hidrogeológica y análisis de la calidad.

##### SANEAMIENTO E HIGIENE

Propuesta 3: debido a la contaminación originada por la deficiencia en la gestión de excretas y residuos, se propone que todos los proyectos de agua se acompañen de un programa de saneamiento y promoción a la higiene adecuado a las condiciones locales y enfocado a preservar la calidad del agua.

## 5. BREVE CURRICULUM DEL EQUIPO (por orden alfabético)

**Rocío A. Baquero** es Doctora en Biología, por la UCM, Especialista Universitario en Políticas de Desarrollo Rural y Evaluación de Medidas Agroambientales y de Silvicultura, por la UCLM, y Experta en Cooperación al Desarrollo, por la UCLM. Tiene amplia experiencia en investigación y Cooperación al Desarrollo en varios países de África Occidental y Caribe, en el ámbito de la Soberanía Alimentaria. Actualmente, trabaja como Profesora Ayudante Doctor en la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica de Toledo (UCLM).

**José Guillermo Esteban Sanchís** es Doctor por la Universidad de Valencia. Tiene amplia experiencia en la determinación y cuantificación de parásitos humanos y amplia experiencia en investigación sobre el terreno de enfermedades infecciosas y tropicales fundamentalmente en América Latina y Caribe. Actualmente es Profesor Titular del Departamento de Biología Celular y Parasitología de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valencia.

**Graciela Gómez Nicola** es Doctora en Biología, por la UCM. Entre sus líneas actuales de investigación cabe destacar la evaluación de la calidad ambiental de ecosistemas acuáticos y el estudio de la variabilidad ecológica y genética de peces continentales. Tiene amplia experiencia en análisis cualitativos y cuantitativos de diversos parámetros relacionados con la calidad y salubridad del agua. Actualmente, trabaja como Profesora Contratado Doctor en la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica de Toledo (UCLM).

**Marta Rodríguez-Rey Gómez** es licenciada en Ciencias del Medio Ambiente y Máster en Investigación Aplicada a los Recursos Cinegéticos, por la UCLM. Se encuentra realizando su tesis doctoral en el Área de Zoología, analizando los factores que determinan la distribución y expansión de los vertebrados invasores en Castilla-La Mancha. Actualmente es Personal contratado de la UCLM con cargo al proyecto POII10-0076-4195 de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

**Mercedes Subirat Nuñez** es médica y microbióloga con dedicación exclusiva a la parasitología y la medicina tropical desde 1992. Especialista en el diagnóstico clínico de malaria, *Onchocerca*, *Schistosoma*, *Tripanosoma*, *Giardia* y *Blastocystis*. Miembro del patronato de la Fundación IO, organización dedicada al estudio y control de las enfermedades infecciosas en el mundo (<http://fundacionio.org/>). Actualmente trabaja en el Laboratorio de Microbiología y Parasitología del Hospital Carlos III de Madrid.

**Susana Teixeira Argüeso** es Ingeniera Técnica de Obras Públicas y Experta en Agua, Saneamiento e Higiene en Cooperación Internacional por la Universidad de Alcalá de Henares. Tiene experiencia como asistencia técnica en obras de construcción civil y en cooperación al desarrollo en África en el ámbito del agua, saneamiento e higiene. En la actualidad trabaja como delegada de Cruz Roja en Guinea Bissau en intervenciones de WASH y Seguridad Alimentaria.

**Eloy Vidales del Castillo** es licenciado en Ciencias del Medio Ambiente y Máster en prevención de riesgos laborales con las especialidades de seguridad en el trabajo, ergonomía y psicología aplicada e higiene industrial. Actualmente cursa un ciclo de grado superior en gestión y organización de los recursos naturales y paisajísticos.



**Foto 21.** Inicio de la primera campaña de muestreo y análisis de agua.

## **6. DOSSIER FOTOGRÁFICO**

Se adjunta a esta memoria un CD-ROM con el dossier fotográfico solicitado.