



UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA

“MAESTRÍA EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”

TÍTULO:

**ANÁLISIS DEL EFECTO TOXICOLÓGICO QUE PROVOCA EL
CONSUMO HUMANO DE AGUA NO POTABLE, MEDIANTE LA
DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUAS
TRATADAS DE LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN
CUENCA.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTORA: BQF. Jahanina Alexandra Campoverde Barros

DIRECTORA: Dra. Blanca Esperanza Matute Parra, M. Sc.

CUENCA, ECUADOR

2015



RESUMEN

Debido a que la mayoría de parroquias rurales del cantón Cuenca, no cuentan con un servicio de agua potable, se planteó este proyecto, para evaluar los efectos toxicológicos y ambientales que el consumo de esta agua provoca en la población que la consume, mediante la determinación cuali-cuantitativa de cloro libre residual, para tener un sustento informativo y un indicador para vigilar la calidad de agua.

Como línea base se tomará los resultados de la Dirección Provincial de Salud del Azuay, y su proyecto "Agua Segura", que recopiló datos del estado físico químico y microbiológico de aguas tratadas de la provincia, cuyos datos, en su mayoría, demostraba la ausencia de cloro libre residual, en las muestras tomadas. Según el informe elaborado, sobre el 90% de muestras de agua tomadas, no se encontró cloro libre residual, datos que convierten al agua que consumen estas poblaciones en un potencial riesgo toxicológico de consumo diario

Además se recolectó los datos de la Dirección Provincial de Salud del Azuay, tomados del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica en su informe de Enfermedades Inmuno Prevenibles, con el objeto de relacionar, analizar y evaluar las enfermedades de mayor prevalencia en el Cantón Cuenca que se dan por el consumo de Agua Tratada no apta para Consumo Humano.

Esta investigación está planteada ejecutarla en las parroquias rurales de nuestro cantón y sus comunidades.

Además se obtuvo datos de densidad poblacional de cada una de las parroquias, datos publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

PALABRAS CLAVE: Agua, Agua tratada, Cloro, Cloro libre residual, Efecto Toxicológico, Parroquias Rurales.



ABSTRACT

Because most rural parishes of the canton Cuenca, do not have potable water service, is a proposed project to assess the toxicological and environmental effects that the consumption of this water causes in the population that consumes, by Qualitative and quantitative determination of residual free chlorine, to have an informative support and an indicator to monitor water quality.

As a baseline the results of the Dirección Provincial de Salud del Azuay be taken, and their project "Agua Segura", which compiled data from chemical and microbiological fitness of treated water in the province, whose data, mostly demonstrated the absence free residual chlorine in samples taken. According to the report, over 90% of water samples taken, no free chlorine residual was found data that make the water they consume these populations in potential toxicological risk of daily consumption

Furthermore, the data of the Dirección Provincial de Salud del Azuay, taken from the Integrated Epidemiological Surveillance System in its report of Immune Preventable Diseases in order to relate, analyze and evaluate the most prevalent diseases in the Canton Cuenca was collected given by Treated Water consumption unfit for human consumption.

This investigation is raised execute in rural parishes in our county and its communities.

Besides population density data from each of the parishes, data was obtained and published by the Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

KEYWORDS: Water, Treated water, Chlorine, Free chlorine residual, Toxicological effects, Rural parishes.



TABLA DE CONTENIDOS

1. Contenido

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
TABLA DE CONTENIDOS	3
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE ANEXOS	7
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	8
CLAUSULA DE DERECHOS DE AUTOR	9
CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	10
AGRADECIMIENTOS	11
DEDICATORIA	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. AGUA “TRATADA” Y “NO TRATADA”	16
2.1.1. Conceptos Locales	16
2.1.2. Definiciones Internacionales	16
2.2. TOMA DE MUESTRA Y TRATAMIENTO DE AGUA NO POTABLE “AGUA TRATADA”	18
2.2.1. Toma de Muestra para el Análisis	18
2.2.2. Análisis Físicoquímico	19
2.2.3. Desinfección de agua	21
2.2.3.1. Desinfectantes físicos:	22
2.2.3.2. Desinfectantes químicos:	22
2.3. CAMPO GEOGRÁFICO DE ACCIÓN	27
2.4. DATOS Y CIFRAS DEL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR – DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DEL AZUAY, CON RELACION A LA INGESTA DE AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO.	31
CAPÍTULO III: ANALISIS DEL EFECTO TOXICOLOGICO QUE PROVOCA EL CONSUMO DE AGUA TRATADA, SIN CLORO O MAL DOSIFICADO	34
3.1 EFECTO TOXICOLÓGICO POR MICROORGANISMO	35
3.1.1 Evaluación de la exposición	37



3.1.2. Evaluación de la relación entre dosis y respuesta	38
3.1.3 Caracterización de los riesgos	39
3.2 EFECTO TOXICOLÓGICO POR PRODUCTOS QUÍMICOS	40
3.3 EFECTO TOXICOLÓGICO POR LA FORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS QUE SE FORMAN AL ADICIONAR EL CLORO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA	49
3.4 EFECTO TOXICOLÓGICO POR CLORACIÓN EN EXCESO QUE SUPERE LOS LÍMITES PERMITIDOS DE CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL.....	51
CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS	54
4.1. METODOLOGÍA.....	54
4.2. FORMA DE MUESTREO Y MÉTODOS	55
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	56
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ..	56
4.5. TÉCNICA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICADO.....	59
CAPITULO V: RESULTADOS	61
5.1 ANÁLISIS POR ZONAS	71
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS POR TIPO DE ADMINISTRACIÓN	72
5.3 ANÁLISIS DE MEDIAS (ANOVA)	75
5.4 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	77
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN.....	83
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
7.1. CONCLUSIONES	88
7.2. RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS.....	92



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Densidad Poblacional de las Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.....	30
Tabla 2 NOTIFICACIÓN MENSUAL DE ENFERMEDADES DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE AZUAY ÚLTIMO TRIMESTRE DE 2013.....	31
Tabla 3 TOTAL DE PACIENTES DE LAS PARROQUIAS RURALES, ATENDIDOS EN EL TERCER TRIMESTRE DEL AÑO 2013, EN SUBCENTROS DEL MINISTERIO DE SALUD PUBLICA, CON SIGNOS, SÍNTOMAS Y/O DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS, RELACIONADAS CON EL LA INGESTA DE AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO.....	33
Tabla 4 Tasa mundial de morbilidad y mortalidad de las principales enfermedades relacionadas con el agua (OMS, 1993).	35
Tabla 5 Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua (15)	36
Tabla 6 Reducción alcanzable de la concentración de células de cianobacterias y de cianotoxinas para las que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento de cloración (15).....	37
Tabla 7 Reducción alcanzable, de la concentración de sustancias Químicas de origen natural para las que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento de cloración (15).....	41
Tabla 8 Reducción alcanzable de la concentración de sustancias químicas de actividades agropecuarias para las que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento de cloración.(15)	43
Tabla 9 Reducción alcanzable de la concentración de plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud pública para los que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento por cloración (15)	48
Tabla 10 Subproductos de la desinfección presentes en aguas cloradas (IPCS, 2000)	51
Tabla 11 Datos completos de donde fueron tomadas cada una de las muestras de agua tratada y su resultado en el análisis cuali-cuantitativo de Cloro libre residual. 62	
Tabla 12 PACIENTES DE LAS COMUNIDADES EN DONDE SE REALIZO EL MUESTREO, ATENDIDOS EN UNIDADES DEL MINISTERIO DE SALUD PUBLICA	



CON DIAGNOSTICOS DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS, ENFERMEDAD CONSECUENTE DE LA INGESTA DE AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO (DURANTE EL TRIMESTRE DE MUESTREO)	66
Tabla 13 Promedio del valor obtenido de la concentración de cloro libre residual en las aguas muestreadas por parroquia rural	67
Tabla 14 Aproximación del número de habitantes que estarían consumiendo agua tratada, con los valores del porcentaje de concentración de cloro encontrado en este estudio.	69
Tabla 15 Resultados de promedio de la concentración de cloro libre residual por zonas	71
Tabla 16 Valores de contenido de cloro libre residual en las aguas administradas por las Juntas Parroquiales.	72
Tabla 17 Valores de contenido de cloro libre residual en las aguas administradas por las Comunidades mediante los Comités o Sistemas de Agua.....	73
Tabla 18 Variables: cantidad de cloro libre residual y el número de casos clínicos de pacientes con E.D.A en las comunidades de las parroquias muestreadas.	77



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Evaluación del Cloro residual	21
Figura 2 División política territorial del cantón Cuenca, parroquias urbanas	28
Figura 3 División política territorial del cantón Cuenca, parroquias rurales	29
Figura 4 Instrucciones de uso kit hanna instruments®	58
Figura 5 Promedio de la cantidad de cloro libre residual por parroquia rural.....	68
Figura 6 Porcentaje de habitantes de las parroquias rurales muestreadas, que ingieren agua dentro y fuera de los estándares de cloro libre residual dadas por el INEN	70
Figura 7 Promedio de cloro libre residual por zonas.....	71

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS 1 MANUAL DE USO DEL KIT HANNA INSTRUMENTS®	93
ANEXOS 2 KIT HANNA INSTRUMENTS®.....	95
ANEXOS 3 MEDICIÓN DEL CLORO RESIDUAL EN EL AGUA, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD....	97
ANEXOS 4 TABLA APLICADA PARA CÁLCULOS	102
ANEXOS 5 MUESTRA DE FOTOGRAFÍAS EN LAS TOMAS DE MUESTRA, ANÁLISIS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO	104



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

BQF.: Bioquímica Farmacéutica

Dra.: Doctora

M. Sc: Magister en Ciencias

DPSA: Dirección Provincial de Salud del Azuay

EPI-2: Enfermedades Inmuno Prevenibles

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

E.D.A: Enfermedad Diarreica Aguda

OPS: Organización Panamericana de la Salud

CIIC: Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer

JECFA: Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios

JMPR: Reunión Conjunta FAO/OMS sobre residuos de plaguicidas

DSEAO: Concentración máxima de una sustancia química

DMEAO: dosis mínima con efecto adverso observado

IPCS: Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas



CLAUSULA DE DERECHOS DE AUTOR



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Jahanina Alexandra Campoverde Barros, autora de la tesis "ANÁLISIS DEL EFECTO TOXICOLÓGICO QUE PROVOCA EL CONSUMO HUMANO DE AGUA NO POTABLE, MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUAS TRATADAS DE LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN CUENCA", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGISTER EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 7 de mayo de 2015

Jahanina Alexandra Campoverde Barros

C.I: 0104858246



CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Jahanina Alexandra Campoverde Barros autora de la tesis “ANÁLISIS DEL EFECTO TOXICOLÓGICO QUE PROVOCA EL CONSUMO HUMANO DE AGUA NO POTABLE, MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUAS TRATADAS DE LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 7 de mayo de 2015



Jahanina Alexandra Campoverde Barros
C.I.: 0104858246



AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mí Directora de Tesis por su ayuda en la realización y culminación de este proyecto, y sobre todo por su amistad.

Al departamento de Planificación y Estadística de la Zona 6 de Salud, por la apertura brindada en la obtención de datos.

A mis padres, un agradecimiento infinito por la vida misma.

A mi hermana Jeaneth por toda la ayuda y el apoyo incondicional.

A Priscila por la ayuda, las malas noches y sobre todo por el aguante.

A Andrea, David, Estefanía, Abigail, Rafaela, Emilio, Jade, Anto, Wilson, Jhoana, Fernando y Jessica.

A Moly, Pepa, Lalo, Lola, Blu, Martin y Alex por sus lamidas únicas.

BQF. Jahanina Campoverde Barros



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a todas las personas que hacen feliz mi vida y que forman parte de ella, mi familia y amig@s.

BQF. Jahanina Campoverde Barros



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente. El agua es un derecho humano garantizado por la Constitución del Ecuador **“El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”** (1) y los Tratados Internacionales de Derechos Humanos, por tanto, el Estado ecuatoriano está obligado a garantizar y respetar este derecho.

El texto constitucional establece que el derecho humano al agua no se refiere únicamente al ejercicio del acceso para el consumo humano o doméstico, sino que está relacionado con la salud, los usos culturales, la soberanía alimentaria para garantizar el derecho a la alimentación; y los derechos de la naturaleza. (1)

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, ha implementado el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017, cuya Política Prioritaria es Proveer el presupuesto necesario para cubrir las demandas de agua y saneamiento de las poblaciones de mayor nivel de pobreza y de esta manera mejorar la salud y calidad de vida de la población.

Transformar el agua contaminada, en apta y segura para su uso y consumo humano, y conocer el valor real de cada litro de agua que usamos, nos ayudará a cambiar nuestra actitud de indiferencia ante un ambiente cada vez más deteriorado, por una conciencia social que permita ofrecer un mejor futuro a las próximas generaciones.

Para las aguas que requieren un tratamiento antes de ser consumidas, se han desarrollado innumerables operaciones y procesos unitarios tanto físicos, químicos, físico-químicos como biológicos. La selección y construcción de estos sistemas debe ser orientada por la economía unida a la utilidad, sencillez y seguridad, al hablar del tratamiento rural de las aguas.

La falta de disponibilidad de agua segura para el consumo humano y la contaminación de las fuentes, se manifiestan como uno de los problemas más frecuentes de



morbilidad expresada en la alta prevalencia de diarrea y enfermedades gastrointestinales, anualmente se reportan en Ecuador más de 225.000 casos, 8 de cada 10.000 niños que nacen mueren por esta causa. En los indicadores de salud en Ecuador del año 2008 en lo referente a las enfermedades diarreicas se reportaron 516,567 casos con una tasa 3.796,76 por 100.000 habitantes en el país. (2)

Los riegos que representa a la salud la presencia de sustancias químicas es distinto al que suponen los contaminantes microbiológicos porque, por lo general, estos últimos tienen efectos inmediatos más agudos.

Por otra parte, son pocas las sustancias químicas que, en las concentraciones que normalmente pueden detectarse en el agua contaminada, causan problemas a la salud con efectos inmediatos, ya que éstos se manifiestan tras largos períodos de exposición, por lo que las sustancias químicas que revisten especial importancia están representadas por los contaminantes químicos tienen importancia secundaria, cuando el agua está contaminada por microorganismos. El empleo de desinfectantes químicos es de gran importancia en lo que respecta a la conservación de la calidad microbiológica del agua. No obstante, puede formar productos químicos secundarios peligrosos para la salud, pero el riesgo es extremadamente pequeño en comparación con los que supone una desinfección inadecuada o deficiente.

En la mayoría de los países, los principales riesgos asociados al consumo de agua contaminada están relacionados con los microorganismos. Como se indica en el capítulo 18 de la “Orden del Día 21” de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “aproximadamente, un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de los defunciones en los países en desarrollo, tienen por causa el consumo de agua contaminada y en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se dedica a las enfermedades relacionadas con el agua”. (2)

La población que consume agua no potable en las parroquias rurales de nuestro cantón es muy grande, y por lo tanto su condición socio-económica les niega el derecho al acceso y consumo de agua de 100% óptima en calidad para consumo humano. La mejora de saneamiento básico, dentro de la cual está el adecuado



tratamiento de su agua, reduce la incidencia de enfermedades y mejora su calidad de vida.

El consumo de agua tratada inadecuadamente, es un problema de salud pública, ambiental, tóxica y social, ya que se traduce en graves problemas para la población que la consume, problemas de: salud, económicos, ambientales y sociales.

Se hará un estudio comparativo y discusión de resultados obtenidos con la investigación similar realizada en Lima – Perú denominada “SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN HOGARES DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS EN PERÚ, 2007-2010” (3), realizada por funcionarios del Instituto Nacional de Salud de Perú, Asesoría en Nutrición y Salud de Lima y el departamento de Física, Informática y Matemáticas de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

También se tomarán en cuenta para la discusión de resultados, los obtenidos del proyecto “Agua Segura” de la Dirección Provincial de Salud del Azuay”.

Además se relacionará, analizará y evaluará las enfermedades de mayor prevalencia en el cantón Cuenca y la provincia del Azuay con el consumo de agua tratada no apta para consumo humano, en las poblaciones de estudio, mediante la recolección de datos de la Dirección Provincial de Salud del Azuay, tomados del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica en su informe de Enfermedades Inmuno Prevenibles (EPI-2 2013 y EPI-2 I trimestre 2014).



CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. AGUA “TRATADA” Y “NO TRATADA”

2.1.1. Conceptos Locales.- Dentro del cantón Cuenca, sus parroquias y la Coordinación Zonal 6 de Salud, se maneja los siguientes conceptos y bajo los cuales está adaptado este trabajo. El “Agua No Tratada”, o cruda es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas. “Agua tratada”, es el agua que ha sido recolectada de fuentes naturales, y que pasa a un proceso sencillo de eliminación de contaminantes grandes mediante filtrado, y que posteriormente sufre un proceso de cloración, este proceso lo realiza la comunidad a donde pertenece el agua y la misma población que la va a consumir, no hay estándares definidos normados a cumplir, sin embargo en nuestra localidad se ejecuta el Manual de Vigilancia y Control de la Calidad del Agua, el mismo que explica la Desinfección de Agua. Se define como “Agua Potable”, es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. (4)

2.1.2. Definiciones Internacionales.- Agua “tratada” y “no tratada”: un límite ilusorio entre agua limpia y sucia. En la mayoría de los países ricos la frase “acceso al agua” tiene un significado sencillo y ampliamente conocido. Casi todo el mundo dispone de un sistema de agua en su casa conectada a una red mantenida por un servicio público. Las redes de abastecimiento deben mantener la red y cumplir con las normas de calidad del agua y están autorizadas a cobrar un precio estipulado por el servicio que suministran. En los países más pobres del mundo el “acceso al agua” significa algo muy distinto. (5)

El lenguaje de la recolección internacional de datos puede a veces impedir ver claramente la forma en que los hogares pobres acceden al agua. Las estadísticas internacionales distinguen entre el acceso a agua “tratada” y “no tratada”. El concepto “agua tratada” abarca tres dimensiones de la seguridad del agua: calidad, proximidad y cantidad. Con el fin de crear informes internacionales, las personas se clasifican como “con acceso a agua” si disponen de al menos 20 litros diarios de agua limpia procedentes de una fuente situada a menos de 1 kilómetro de su hogar. La tecnología



define a grandes rasgos si la fuente cumple con los criterios para ser una fuente de agua tratada. Las conexiones internas de una vivienda, las torres de suministro de agua, las bombas y los pozos protegidos son elementos que se definen como fuentes de agua tratada. El agua obtenida de vendedores y camiones de agua y el agua traída desde arroyos o pozos no protegidos es agua no tratada.

La distinción entre agua tratada y no tratada es clara y conveniente con el fin de crear informes internacionales. También es una guía sumamente engañosa hacia la realidad del terreno. En el mundo real de los hogares sin agua segura, el simple límite entre agua tratada y no tratada es ilusorio. Para millones de hogares pobres, los patrones de uso diario de agua combinan el acceso a agua tratada y no tratada. Además de los complejos patrones de uso del agua en la mayoría de las ciudades de países en desarrollo, las desigualdades basadas en la riqueza y la localización juegan un rol fundamental en la estructuración de los mercados del agua. Existen divisiones profundas entre los países en lo que se refiere a acceso a fuentes de agua clasificadas como tratadas. *“El hecho de ser pobre aumenta drásticamente la probabilidad de depender de una fuente de agua no tratada y los riesgos para la salud asociados que están relacionados con dicha dependencia. Más de un 70% de las personas sin acceso a agua tratada sobrevive con menos de US\$ 2 diarios y aproximadamente la mitad de este grupo sobrevive con menos de US\$ 1 al día. En muchos países, los ingresos constituyen un buen dato para pronosticar el acceso a agua tratada y el tipo de tecnología utilizada para obtener agua”.* (5)



2.2. TOMA DE MUESTRA Y TRATAMIENTO DE AGUA NO POTABLE “AGUA TRATADA”

2.2.1. Toma de Muestra para el Análisis

Puntos de muestreo en la red de distribución

La toma de muestras en la red de distribución se hará a través de las conexiones domiciliarias enlazadas directamente con ésta o en piletas públicas.

Los puntos de muestreo de la red de distribución serán:

1. A la salida de la planta de tratamiento, es decir al inicio de la red de distribución.
2. En puntos intermedios de la red, entre la planta de tratamiento y el último usuario, como son domicilios, escuelas, iglesias, etc.
3. El último usuario del servicio, al final de la red de distribución.

Toma de muestras

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos carecen de valor si las muestras analizadas no han sido recolectadas, almacenadas e identificadas debidamente.

Muestreo a través de un grifo.

A continuación se puntualizan los pasos a seguir si el muestreo se lo efectúa a través de un grifo:

- Retirar las boquillas, tuberías o cualquier aditamento que esté unido a la llave.
- Verificar que la llave no tenga fugas y que las uniones de las tuberías estén en buen estado.
- Limpiar cuidadosamente la boca de la llave con agua destilada y paño limpio o pañuelo de papel y retirar la suciedad que pueda existir.
- Abrir la llave y dejarla correr al menos un minuto antes de tomar la muestra para asegurarse de que cualquier posible depósito en la tubería se lo lleva la corriente.



- Tomar la muestra de agua con el vaso de succión no estéril de 200 ml aproximadamente. Proceder a hacer el análisis de cloro residual y turbiedad.
- Si así lo dictan los resultados del análisis de cloro residual y turbiedad, tomar la segunda muestra con el vaso estéril y proceder a efectuar al análisis microbiológico.

Muestreo de un pozo abierto o tanque de almacenamiento.

- Asegurar el cable de muestreo al orificio del vaso de muestreo por medio del gancho situado en un extremo del cable.
- Si fuera necesario, se puede añadir otro pedazo de cordel o soguilla al cable para alcanzar el nivel de agua deseado. Tener mucho cuidado de no perder el vaso de muestreo al realizar esta operación.
- Bajar el tarro al pozo o tanque; asegurarse que el tarro no toque las paredes de la construcción ya que puede ensuciarse.
- Sumergirlo a una profundidad de 30cm.
- Subir y poner la muestra en una superficie limpia donde no corra riesgo de ser golpeada y que se caiga.

2.2.2. Análisis Físicoquímico

Para el análisis físicoquímico se deberá proceder de la siguiente manera:

1. Realizar primeramente los análisis de Cloro Residual y Turbiedad.

Si los resultados son los siguientes:

- 1) Cloro residual superior a 0,2 mg/litro, y
- 2) Turbiedad menor de 5 NTU

No será necesario un análisis de coliformes (fecales) termotolerantes/termoresistentes. (2)

2. Si los resultados no están dentro de dichos niveles, hay que hacer un análisis de coliformes (fecales) termotolerantes. En estas circunstancias, se debe muestrear en un vaso de muestras estéril.



Análisis de cloro residual y pH

La desinfección de los abastecimientos de agua potable constituye una barrera importante contra las enfermedades de transmisión hídrica.

Aunque cabe utilizar diversos desinfectantes, el cloro, en una forma y otra, es el principal agente desinfectante empleado.

El cloro ofrece varias ventajas como desinfectante, entre ellas su costo relativamente bajo, su eficacia y la facilidad de medición, tanto en los laboratorios como sobre el terreno. Otra ventaja importante con respecto a otros desinfectantes es que el cloro deja un residuo desinfectante que contribuye a prevenir la nueva contaminación durante la distribución, el transporte y el almacenamiento del agua en el hogar.

En ciertas circunstancias, la ausencia de cloro residual en el sistema de distribución puede indicar la posibilidad de una contaminación ulterior al tratamiento.

Es importante medir el pH al mismo tiempo que el cloro residual ya que la eficacia de la desinfección con cloro depende en alto grado del pH.

Cuando el pH pasa de 8,0, la desinfección es menos eficaz. (2)

Evaluación del Cloro Residual

La prueba más común es el indicador de DPD (dietil-para-fenil-diamina) mediante un kit de comparación. Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual. En esta prueba, se añade una tableta de reactivo en muestra de agua, y ésta se tiñe de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Entre más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua. Hay muchos kits disponibles en el comercio para analizar el cloro residual en el agua, como el que se muestra más abajo. Los kits son pequeños y portátiles. (8) (Detalle completo Capítulo III)

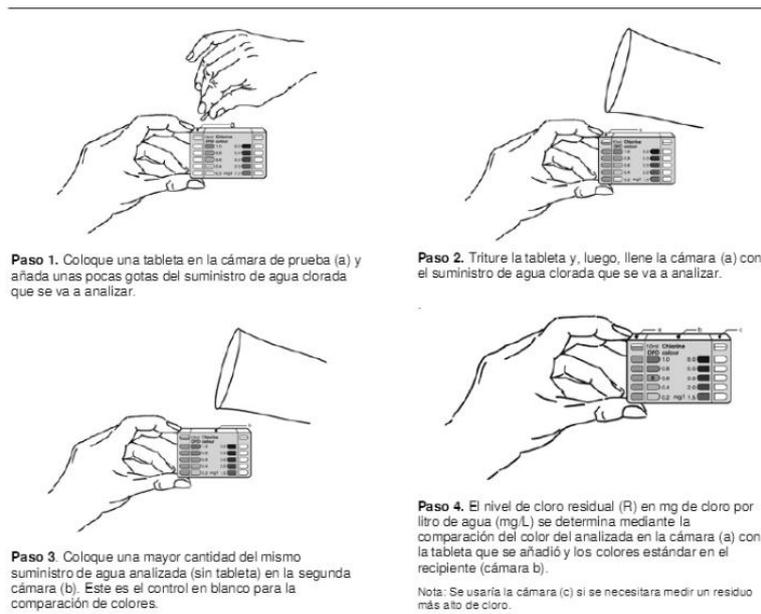


Figura 1 Evaluación del Cloro residual

Cloro Residual

El cloro es un producto que cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre. El cloro libre permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación.

Por esta razón, si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, es porque la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados del agua y, por lo tanto, es seguro consumirla. (8)

2.2.3. Desinfección de agua

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomienda la desinfección del agua como práctica general, ya que es la manera más segura y económica de eliminar la contaminación microbiológica del agua; y en el caso de aguas superficiales se



recomienda que la desinfección sea precedida de filtración u otros sistemas de tratamiento equivalentes.

La razón fundamental de la desinfección es disminuir el riesgo de infección de las enfermedades transmitidas por el agua mediante la destrucción o inactivación de los diversos organismos patógenos que están o pueden estar en la fuente de agua o adquirirse durante el proceso de transporte o almacenamiento.

Cuando se carece de un abastecimiento de agua corriente idóneo y continuo en el hogar, la desinfección domiciliaria y el almacenamiento seguro constituye las barreras más importantes contra las enfermedades transmitidas por el agua.

2.2.3.1. Desinfectantes físicos:

La desinsectación física en el ámbito domiciliario puede ser por ebullición, filtros y ultravioleta. La filtración es insuficiente y limitada por la formación de biopelículas en los filtros, la desinfección con ultravioleta no tiene efecto residual para prevenir la recontaminación.

Durante muchos años se ha motivado a la población a hervir el agua, lo cual se ha convertido en una costumbre frecuente y sana, una adecuada ebullición de 10 minutos asegura la desinfección del agua para el consumo inmediato, sin embargo no protege de una contaminación posterior causada por la manipulación o almacenamiento en recipientes sucios, inadecuados o sin tapa.

2.2.3.2. Desinfectantes químicos:

Los reactivos químicos más corrientes para desinfectar el agua son el cloro y el yodo. El uso de desinfectantes químicos suele dar lugar a la formación de subproductos químicos, algunos de los cuales pueden ser peligrosos, pero los riesgos para la salud que representan estos subproductos son sumamente pequeños en comparación en los inherentes a una desinfección tratando de controlar estos subproductos.

El cloro es uno de los desinfectantes más efectivos, seguro y barato y, por ende, el más utilizado en el continente americano y el mundo. (2)



Cloro

La OMS en la guía de la calidad del agua establece: *“se ha demostrado que la cloración puede convertir el agua contaminada por materias fecales en agua libre de patógenos, siempre que la concentración de cloro libre residual sea por lo menos 0,5mg/l, durante un período de contacto mínimo de 30 minutos a un pH inferior a 8 y con una turbiedad equivalente 1 UT o menor.”* (8)

Y cloro residual significa que después de 30 minutos de agregar cloro al agua, el efecto tendrá una acción hasta de 72 horas, donde se eliminará cualquier microorganismo que ingrese al agua.

El cloro, en general, es el desinfectante más económico y más común. Desde el punto de vista de la salud, la desinfección del agua, en su uso principal, es un bactericida y virucida eficaz en la mayoría de las situaciones, sin embargo es ineficaz contra algunos virus, hongos y quistes de protozoos en las dosificaciones, temperatura y tiempos de contacto normalmente usados en la cloración del agua para fines potables. La desinfección de cloro proporciona un residual que puede medirse fácilmente; es conveniente mantener un nivel de cloro libre residual de 0,2-0,5 mg/l para reducir el riesgo de reactivación microbiana. La detección de cloro entre estos valores indica ausencia de contaminación posterior a la desinfección. (2)

Durante inundaciones o desastres, se recomienda mantener cloro residual por encima de 0,7 mg/l, especialmente ante el riesgo de brotes o epidemias de cólera.

El residual de cloro en el agua desinfectada también ayuda a proteger el sistema de distribución contra la re-contaminación microbiana, impide el crecimiento bacteriano y retarda el deterioro microbiológico de las tuberías y demás componentes del sistema.

Cómo actúa el cloro

Cuando se añade cloro, éste purifica el agua al destruir la estructura celular de los organismos, lo cual los elimina. Sin embargo, este proceso sólo funciona si el cloro entra en contacto directo con los organismos. Si el agua contiene lodo, las bacterias se pueden esconder dentro del mismo y no son alcanzadas por el cloro. El cloro necesita cierto tiempo para destruir todos los organismos. En agua a una temperatura mayor de 18°C, el cloro debe estar en contacto con el agua, al menos, durante 30 minutos. Si el agua está más fría, el tiempo de contacto se debe incrementar. Por esta



razón, es normal que se le añada cloro al agua apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor. La efectividad del cloro también se ve afectada por el pH (acidez) del agua. La cloración no es efectiva si el pH es mayor de 7,2 o menor de 6,8. (7)

Cloración

La cloración de un agua, proceso clásico de oxidación y desinfección, suele conseguir la eliminación de cantidades discretas de hierro, manganeso, amonio, nitritos, ácido sulfhídrico y la flora microbiana habitual de un agua bruta. El ensayo proporciona la dosis de cloro para la cual, después de las reacciones correspondientes entre el oxidante y las sustancias del agua, se obtiene una concentración de cloro residual libre que pueda ser idónea, ésta suele ser de alrededor de 1 mg/l de Cloro libre en agua tratada. (9)

Se trata, pues, de adicionar cantidades crecientes de disolución de cloro de concentración conocida a un agua problema y determinar la dosis necesaria para reducir el problema concreto que tenga el agua a testar. En concreto, la reacción más típica de cloración es la experimentada por el amonio de un agua. En este caso, el cloro adicionado va reaccionando en varios pasos con el amonio hasta su eliminación total: primero se forman monocloraminas (ClNH_2), después dicloraminas (Cl_2NH), en tercer lugar tricloruro de nitrógeno (Cl_3N), para finalmente detectar cloro libre.

El cloro se presenta en diferentes tipos de compuestos, pero principalmente como hipoclorito de calcio o de sodio.

Hipoclorito de Calcio:

- Fórmula: $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
- También llamado HTH ó perclorán.
- Polvo blanco o granulado con cerca de 70% de cloro activo.
- Alta solubilidad.
- Posee estabilidad hasta 1 año, cuando está protegido de la humedad.



El hipoclorito de calcio se puede obtener en forma de polvo con concentraciones de alrededor de un 20, 35, 65 o 70% de cloro y en pastillas con una concentración de cloro disponible de alrededor del 65%.

Hipoclorito de Sodio:

- Fórmula: NaClO.
- Puede encontrarse en solución hasta con el 10% de cloro activo en el cloro comercial.
- Es estable durante algunas semanas hasta 1 mes.
- Es descompuesto por la luz y el calor, por esta razón debe ser almacenado en lugares fríos y protegido de la luz.

El hipoclorito de sodio es un líquido que se puede obtener en concentraciones desde 0.5% hasta un 10%. En concentraciones mayores al 10% es inestable. Algunos productos comerciales de hipoclorito de sodio puede contener otras sustancias no aptas para desinfección de agua de consumo humano, antes de su uso deberá observarse las indicaciones del fabricante.

El hipoclorito de sodio es la solución más fácil de dosificar y más cómoda de utilizar en el ámbito domiciliario para desinfección del agua de consumo humano.

La dosis recomendadas para desinfección sobre entre 0,3 a 1,5 mg/l para agua de consumo humano y la dosis a emplear dependerá de la cantidad o turbiedad del agua hasta 2mg/l.

Se utilizan dosis mayores de 4 mg/l para aguas turbias y muy contaminadas, sin embargo a esas concentraciones el agua tendría un sabor muy fuerte y desagradable, por lo que se recomienda que el agua turbia primero se filtre (puede utilizar una tela) hasta conseguir una disminución suficiente de la turbidez y luego se utilicen dosis normales sugeridas. Se recomienda que el nivel de cloro libre se mantenga entre 0.5 y 1mg/l para evitar un sabor desagradable del agua. (2)

Para dosificar diversos volúmenes de recipientes empleados en los hogares utilizando concentraciones diferentes del hipoclorito podemos basarnos en la siguiente fórmula.

$$V: \frac{V \times D}{C \times 10}$$



V : Volumen de solución de hipoclorito requerido en mililitros.

V: Volumen de agua a desinfectar.

D: Dosis a lograrse en mg/litro.

C: Concentración % de cloro disponible en la solución de hipoclorito.

10: Valor estándar.

Ejemplo:

Para desinfectar 20 litros de agua (bidón) con hipoclorito de sodio al 1.2 % (clorid) a una dosis de 4 mg/l.

$$v: \frac{20 \times 4\text{mg/l}}{1.2 \times 10} = \frac{80}{12} = 6.6 = 7 \text{ cc (7cc = 1 tapa rosca de cola)}$$

Después de la aplicación de hipoclorito, el agua debe mezclarse bien y dejarse reposar unos 30 minutos para dar tiempo suficiente para que el cloro entre en contacto con los microorganismos.

Para fines prácticos y facilitar las actividades de educación comunitaria se han estandarizado las dosis para el uso de hipoclorito de sodio producido in situ.

Subproductos y Toxicidad del Cloro

No se ha detectado ningún efecto adverso en el consumo de aguas desinfectada con cloro en las dosificaciones generalmente utilizadas, aunque existe cierta preocupación en la formación de subproductos químicos los que pueden tener un riesgo potencial para la salud.

En 1974, los científicos de las Agencias de Protección Ambiental de los EEUU (EPA) determinaron que el cloro al reaccionar con ciertos materiales orgánicos durante la desinfección de agua forma los trihalometanos (THM), pero, los riesgos para la salud que presentan estos subproductos son sumamente pequeños en comparación con los relacionados al consumo de agua contaminada.

Se tiene que recordar que el cloro en el agua, por sí solo, no parece ser carcinogénico, mutagénico o teratogénico para los animales. En las concentraciones empleadas en la desinfección del agua es inocuo.



El sabor y el olor del cloro pueden comenzar a sentirse a alrededor de 1,0 mg/l. en agua destilada. En bajas concentraciones, los efectos del cloro son alguna irritación en los ojos y las vías respiratorias superiores.

En cualquier caso deben tomarse las medidas preventivas en el manejo y almacenamiento de soluciones concentradas y compuestos de cloro y no comprometer la eficacia de la desinfección tratando de controlar los subproductos.

Se recomienda que el cloro se almacene fuera del alcance de los niños, en lugares frescos, secos y oscuros ya que el cloro es un oxidante fuerte que puede reaccionar violentamente con materiales fácilmente oxidables y pierde fuerza con el tiempo y la exposición a la luz, por ello el almacenamiento en condiciones adecuadas, es muy importante.

2.3. CAMPO GEOGRÁFICO DE ACCIÓN

División Política del Cantón Cuenca

Breve descripción socioeconómica de la ciudad

El cantón Cuenca, es uno de los 15 cantones de la provincia del Azuay, se encuentra ubicado en la región centro sur de la República del Ecuador. Su capital es la ciudad de Santa Ana de los Ríos de Cuenca, altura promedio es de 2.560 metros sobre el nivel del mar y su población es de 417.632 habitantes, de los cuales 331.028 se localizan en el área urbana y 86.604 personas viven en el sector rural. (10)

División del Territorio del Cantón Cuenca

De acuerdo a lo establecido en la reforma, actualización, complementación y codificación de la ordenanza que sanciona el plan de ordenamiento territorial del cantón Cuenca, el territorio se divide en:

- Área urbana, con una superficie de 6.771 hectáreas.
- Área de Influencia Inmediata, con una superficie de 12.013 hectáreas y
- Área rural, con una superficie de 312.880 hectáreas. (10)

División política territorial del cantón Cuenca, parroquias urbanas

El territorio rural se encuentra dividido en 21 Parroquias, que son: (10)

1. Molleturo
2. Chaucha
3. Sayausí
4. Chiquintad
5. Checa
6. San Joaquín
7. Baños
8. Sinincay
9. Octavio C. Palacios
10. Sidcay
11. Llacao
12. Ricaurte
13. Cuenca
14. Paccha
15. Nulti
16. Turi
17. El Valle
18. Santa Ana
19. Tarqui
20. Victoria del Portete
21. Cumbe
22. Quingeo



Figura 2 División política territorial del cantón Cuenca, parroquias urbanas

El sector Urbano está formado por las parroquias de:

1. San Sebastián
2. El Batán
3. Yanuncay
4. Bellavista
5. Gil Ramírez Dávalos.
6. El Sagrario
7. San Blas
8. Cañaribamba
9. Sucre
10. Huayna-Cápac
11. Hermano Miguel
12. El Vecino
13. Totoracocha
14. Monay
15. Machángara

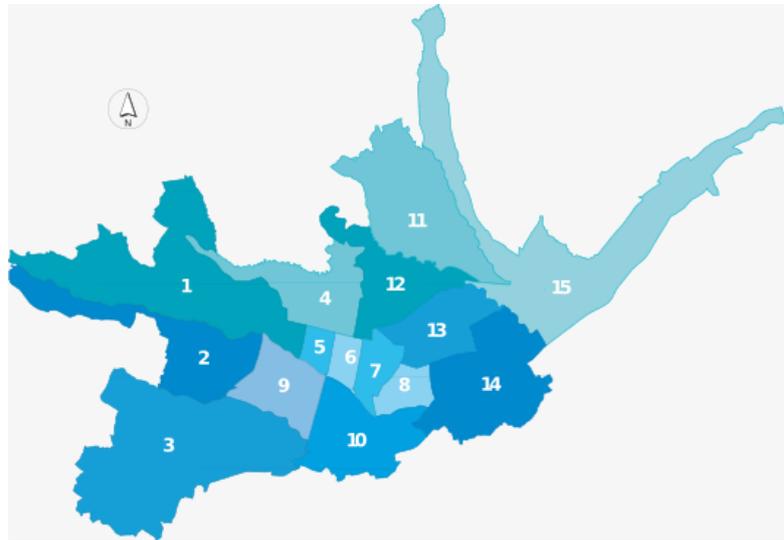


Figura 3 División política territorial del cantón Cuenca, parroquias rurales



Densidad poblacional de las parroquias rurales del cantón Cuenca

La densidad poblacional se calcula dividiendo la Superficie en Km² sobre el número de habitantes de la región en estudio.

Tabla 1 Densidad Poblacional de las Parroquias Rurales del Cantón Cuenca.

Nombre de parroquia	Población	Superficie de la parroquia (km ²)	Densidad Poblacional
CUENCA	331.888	70,59	4.701,63
BAÑOS	16.851	326,71	51,58
CUMBE	5.546	70,84	78,29
CHAUCHA	1.297	313,31	4,14
CHECA (JIDCAY)	2.741	62,81	43,64
CHIQUINTAD	4.826	92,90	51,95
LLACAO	5.342	17,84	299,44
MOLLETURO	7.166	976,70	7,34
NULTI	4.324	31,08	139,12
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	2.271	20,52	110,67
PACCHA	6.467	25,71	251,54
QUINGEO	7.450	116,59	63,90
RICAUARTE	19.361	14,00	1.382,93
SAN JOAQUIN	7.455	189,17	39,41
SANTA ANA	5.366	44,47	120,67
SAYAUSI	8.392	365,75	22,94
SIDCAY	3.964	17,08	232,08
SININCAY	15.859	24,66	643,11
TARQUI	10.490	137,87	76,09
TURI	8.964	26,82	334,23
VALLE	24.314	43,05	564,79
VICTORIA DEL PORTETE	5.251	202,07	25,99

(11)



2.4. DATOS Y CIFRAS DEL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR – DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DEL AZUAY, CON RELACION A LA INGESTA DE AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO.

El principal y más grave efecto tóxico de la ingesta de Agua no apta para el consumo humano es la Enfermedad Diarreica Aguda (E.D.A), enfermedad ocasionada por las toxinas de diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos, la mayoría de los cuales se transmiten por agua con contaminación fecal. La infección es más común cuando hay escasez de agua limpia para beber, cocinar y lavar. Las dos causas más comunes de enfermedades diarreicas en países en desarrollo son los rotavirus y *Escherichia coli*. (12)

Según los datos proporcionados por el departamento de Aseguramiento de la Calidad – Estadística, de la Dirección Provincial de Salud del Azuay, las E.D.A son la segunda causa de morbilidad en consulta externa y emergencia, según el reporte de Enfermedades de Vigilancia Epidemiológica (EPI-2), después de Infecciones Respiratorias Agudas, como primera causa y antes de Hipertensión Arterial como tercera causa.

En la provincia del Azuay, en el año 2013 hubo 29.001 casos de enfermedad diarreica aguda, la segunda enfermedad con mayor índice de morbilidad en el Azuay después de enfermedades respiratorias, de los cuales 11.903 casos fueron de niños de 1 a 9 años, siendo el primer grupo de prevalencia, mientras que adultos entre 20 y 49 años son el segundo grupo de prevalencia con 6.202 casos.

Tabla 2 NOTIFICACIÓN MENSUAL DE ENFERMEDADES DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DEL AZUAY ÚLTIMO TRIMESTRE DE 2013

ENFERMEDAD		CASOS NUEVOS CONFIRMADOS EN CONSULTA EXTERNA Y EMERGENCIA DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS									SEXO			
		Grupos de edad									Total	FALLEC	FEM.	MAS.
		< 1 MES	1 -11 MES	1-4	5-9	10-14	15-19	20-49	50-64	65Y+				
OCTUBRE	E.D.A.	28	226	705	313	252	249	622	215	118	2728	0	1510	1218
NOVIEMBRE	E.D.A.	22	175	569	246	187	152	508	128	86	2073	0	1121	952
DICIEMBRE	E.D.A.	23	238	614	264	184	135	506	98	89	2151	0	1223	928

Datos y cifras de la OPS



Las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años. Son enfermedades prevenibles y tratables.

Las enfermedades diarreicas matan a 760.000 niños menores de cinco años cada año. Una proporción significativa de las enfermedades diarreicas se puede prevenir mediante el acceso al agua potable y a servicios adecuados de saneamiento e higiene. En todo el mundo se producen unos 1.700 millones de casos de enfermedades diarreicas cada año. La diarrea es una de las principales causas de malnutrición de niños menores de cinco años. Las enfermedades diarreicas son una causa principal de mortalidad y morbilidad en la niñez en el mundo, y por lo general son consecuencia de la exposición a alimentos o agua contaminados. En todo el mundo, 780 millones de personas carecen de acceso al agua potable, y 2.500 millones a sistemas de saneamiento apropiados. La diarrea causada por infecciones es frecuente en países en desarrollo. (12)

A continuación se muestra la prevalencia de esta enfermedad mensual por parroquia, durante el período de toma de muestras de este proyecto, ya que es la enfermedad directamente relacionada a la toxicidad relacionada con esta investigación.



Tabla 3 TOTAL DE PACIENTES DE LAS PARROQUIAS RURALES, ATENDIDOS EN EL TERCER TRIMESTRE DEL AÑO 2013, EN SUBCENTROS DEL MINISTERIO DE SALUD PUBLICA, CON SIGNOS, SÍNTOMAS Y/O DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS, RELACIONADAS CON EL LA INGESTA DE AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO

PARROQUIA RURAL	NUMERO DE PACIENTES ATENDIDOS POR MES			TOTAL DE PACIENTES ATENDIDOS EN EL TRIMESTRE
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
BAÑOS	361	0	51	412
CHECA	59	15	15	89
CHIQUINTAD	82	51	21	154
CUMBE	24	39	11	74
EL VALLE	142	72	57	271
LLACAO	25	23	15	63
MOLLETURO	91	84	69	244
NULTI	31	5	12	48
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	15	34	18	67
PACCHA	77	30	11	118
QUINGEO	27	9	28	64
RICURTE	48	35	31	114
SANTA ANA	29	72	68	169
SAYAUSI	78	9	15	102
SIDCAY	32	15	21	68
SININCAY	132	73	71	276
TARQUI	79	42	59	180
VICTORIA DEL PORTETE	74	31	20	125
TOTAL	1.406	639	593	2.638

(14)



CAPÍTULO III: ANALISIS DEL EFECTO TOXICOLOGICO QUE PROVOCA EL CONSUMO DE AGUA TRATADA, SIN CLORO O MAL DOSIFICADO

La mayoría de las enfermedades y efectos toxicológicos más comunes que se encuentran en comunidades sin acceso a agua potable, están relacionadas con el consumo de agua contaminada sin ningún tratamiento previo al consumo o con un tratamiento básico e ineficiente de filtración y cloración. Cuando el agua se encuentra ineficientemente clorada, los valores estarán por debajo de la concentración mínima permisible, y en este caso el cloro no desempeñará su función y el agua será un potencial tóxico si se encuentra contaminada, por otro lado, otros efectos toxicológicos no muy frecuentes, son primero la formación de subproductos que se forman al reaccionar el cloro añadido con la materia orgánica presente en el agua cruda y segundo la cloración en exceso que supere los límites permitidos de concentración de Cloro Libre Residual.

Los efectos toxicológicos por la contaminación de agua se pueden dar por 3 factores:

1. Por microorganismos
2. Por productos químicos de contaminación natural
3. Por residuos químicos adicionados por el hombre

Este trabajo de investigación se concretó en los efectos causados por el consumo de agua contaminada con microorganismos, puesto que son los efectos toxicológicos más comunes y se pueden reducir con la cloración. Las enfermedades diarreicas agudas (E.D.A) relacionadas con el consumo de agua contaminada con microorganismos son: Diarrea, Fiebre tifoidea, Hepatitis, Cólera, si bien el consumo de agua contaminada no es la única causa de estas enfermedades, si es la más común y las otras causas de estas enfermedades también están relacionadas directamente con el agua (falta de saneamiento, malas prácticas de higiene), entre las más comunes.

La contaminación química es difícil de tratar y requiere conocimiento y equipos especializados, sin embargo son detallados a manera de análisis toxicológico en esta sección.



Tabla 4 Tasa mundial de morbilidad y mortalidad de las principales enfermedades relacionadas con el agua (OMS, 1993).

Enfermedades	NUMERO/AÑO	
	Morbilidad	Mortalidad
Cólera	297.000	4.971
Fiebre tifoidea	500.000	25.000
Giardiasis	500.000	Bajo
Amibiasis	48.000.000	110.000
Enfermedad Diarreica (<5 años)	1.600.000.000	3.200.000
Dracontiasis (gusano de Guinea)	2.600.000	-
Esquistosomiasis	200.000.000	200.000

3.1 EFECTO TOXICOLÓGICO POR MICROORGANISMO

El efecto toxicológico para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo es la contaminación microbiana, en términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales. Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Además de los patógenos fecales, pueden tener importancia para la salud pública en determinadas circunstancias otros peligros microbianos (por ejemplo, el dracúnculo [*Dracunculus medinensis*], las cianobacterias tóxicas y las legionelas).

Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta a riesgos toxicológicos de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de consumo, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, potencialmente, a una gran proporción de la comunidad.

Tabla 5 Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua (15)

Agente patógeno	Importancia para la salud	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua ^a	Resistencia al cloro ^b	Infectividad relativa ^c	Fuente animal importante
Bacterias					
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Baja	Puede proliferar	Baja	Baja	No
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli</i> patógena ^d	Alta	Moderada	Baja	Baja	Sí
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Alta	Moderada	Baja	Alta	Sí
<i>Legionella</i> spp.	Alta	Prolifera	Baja	Moderada	No
Micobacterias no tuberculosas	Baja	Prolifera	Alta	Baja	No
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ^e	Moderada	Puede proliferar	Moderada	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Moderada	Baja	Baja	No
Otras salmonelas	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja	Sí
<i>Shigella</i> spp.	Alta	Corta	Baja	Moderada	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Corta	Baja	Baja	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	Larga	Baja	Baja	Sí
Virus					
Adenovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Enterovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Virus de la hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Virus de la hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Norovirus y sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Protozoos					
<i>Acanthamoeba</i> spp.	Alta	Larga	Alta	Alta	No
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	Sí
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	No
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	No
<i>Giardia intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	Sí
<i>Naegleria fowleri</i>	Alta	Puede proliferar ^f	Alta	Alta	No
<i>Toxoplasma gondii</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	Sí
Helmintos					
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	Alta	No
<i>Schistosoma</i> spp.	Alta	Corta	Moderada	Alta	Sí

Nota: La transmisión por el agua de los agentes patógenos incluidos en el cuadro ha sido confirmada mediante estudios

epidemiológicos e historias clínicas. La comprobación de la patogenicidad se basa, en parte, en la reproducción de la enfermedad en hospedadores adecuados. El valor de la información de estudios experimentales en los que se expone a voluntarios a concentraciones conocidas de agentes patógenos es relativo; como la mayoría de los estudios se realizan con voluntarios adultos sanos, la información obtenida sólo es aplicable a una parte de la población expuesta y la extrapolación a grupos más vulnerables debe estudiarse más a fondo.

a Periodo de detección del estado infeccioso en agua a 20 °C: persistencia corta: hasta 1 semana; moderada: de 1 semana a 1 mes; larga: más de 1 mes.

b Estando el estado infeccioso en suspensión libre en agua tratada con dosis y tiempos de contacto convencionales. La resistencia es «moderada» si es posible que el agente no sea destruido completamente.

c Determinada en experimentos con voluntarios o basándose en información epidemiológica.

d Incluye los tipos enteropatógenos, enterotoxígenos y enteroinvasivos.

e La vía de infección principal es por contacto con la piel, pero puede infectar a enfermos de cáncer o personas inmunodeficientes por vía oral.

f En agua templada.



Tabla 6 Reducción alcanzable de la concentración de células de cianobacterias y de cianotoxinas para las que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento de cloración (15)

	Cloración	Efectos en la salud humana
Células de cianobacterias Cianotoxinas	+++	Muchas cianobacterias producen toxinas potentes. Cada toxina tiene propiedades específicas, y algunos de sus efectos perjudiciales específicos son daños hepáticos, neurotoxicidad y oncogenia. 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.

a La cloración u ozonización puede liberar cianotoxinas.

b +++: 80% o más de reducción de la concentración

3.1.1 Evaluación de la exposición

La evaluación de la exposición consiste en el cálculo del número de microorganismos patógenos a los que se expone una persona, principalmente por ingestión. La evaluación de la exposición es una actividad de predicción basada frecuentemente en juicios subjetivos. Conlleva, inevitablemente, incertidumbre y debe tener en cuenta la variabilidad de factores como las concentraciones de microorganismos (que varían en el tiempo), los volúmenes ingeridos, etcétera.

La exposición puede considerarse en términos de una dosis única de agentes patógenos ingerida por un consumidor en un momento determinado, o bien en términos de la cantidad total ingerida en varias exposiciones (por ejemplo, a lo largo de un año). Se determina en función de la concentración de microorganismos en el agua de consumo y del volumen de agua consumida.

Rara vez es posible o pertinente medir directamente y de forma sistemática la concentración de agentes patógenos presentes en el agua de consumo. Lo habitual es medir las concentraciones en las aguas de origen, o suponer su valor, y aplicar reducciones estimadas de las concentraciones, por ejemplo, debidas al tratamiento del agua para calcular la concentración en el agua consumida. Si se mide la concentración de agentes patógenos, es mejor, por lo general, hacerlo donde es máxima (generalmente en las aguas de origen). La reducción de la concentración de agentes patógenos lograda mediante la aplicación de sucesivas medidas de control se determina generalmente por medio de indicadores, como *E. Coli*, en el caso de las bacterias entéricas patógenas.



El otro componente de la evaluación de la exposición, que es independiente del agente patógeno objeto de evaluación, es el volumen de agua contaminada consumida por la población, teniendo en cuenta las variaciones de los hábitos de consumo entre personas diferentes y, sobre todo, entre grupos de riesgo diferentes. En la evaluación de los riesgos derivados de peligros microbianos, es importante basarse en el volumen de agua contaminada consumida, tanto directamente como en la elaboración de alimentos, ya que el calentamiento del agua inactivará rápidamente los agentes patógenos que contenga. Este volumen es menor que el utilizado para determinar los valores de referencia de sustancias químicas y las metas relativas a la calidad del agua.

La exposición diaria de un consumidor puede calcularse multiplicando la concentración de agentes patógenos en el agua de consumo por el volumen de agua consumida. Se supone un consumo diario de 1 litro de agua de consumo no potable.

3.1.2. Evaluación de la relación entre dosis y respuesta

La probabilidad de que la exposición a uno o más organismos patógenos ocasione un efecto perjudicial para la salud se determina mediante un modelo de relación entre dosis y respuesta. Los datos disponibles sobre relaciones entre dosis y respuesta proceden principalmente de estudios con voluntarios adultos sanos. Varios subgrupos de población, como los niños, los ancianos y las personas con inmunodeficiencia, son más vulnerables a las enfermedades infecciosas; sin embargo, no se dispone actualmente de datos que lo tengan adecuadamente en cuenta.

Conceptualmente, el modelo de infección se basa en la observación de que la probabilidad de infección como consecuencia de la exposición a la dosis descrita es función de las probabilidades de una serie de acontecimientos. Para que se produzca un caso de infección, la persona infectada deberá haber ingerido uno o más agentes patógenos viables; además, uno o más de los agentes patógenos ingeridos deberá haber sobrevivido en el organismo del hospedador. Un concepto importante es el principio de infectividad por un único agente patógeno: que es posible, aunque la probabilidad pueda ser baja, que incluso un único microorganismo pueda producir una infección y hacer enfermar a la persona infectada.



Este concepto sustituye al concepto de dosis infecciosa (mínima) utilizado con frecuencia en la bibliografía menos reciente.

En general, se considera que si los agentes patógenos están dispersos uniformemente en el agua, su distribución puede describirse mediante una distribución de Poisson. Si la probabilidad de supervivencia e infección de cualquier microorganismo individual es la misma, la relación entre dosis y respuesta se simplifica mediante una función de tipo exponencial. No obstante, si la probabilidad individual de infección es heterogénea, la relación entre dosis y respuesta será de tipo beta-Poisson, en la que la «beta» representa la distribución de las probabilidades individuales entre agentes patógenos (y hospedadores). Con niveles de exposición bajos, como los típicos del agua de consumo, el modelo de relación entre dosis y respuesta es aproximadamente lineal y puede representarse simplemente como la probabilidad de infección resultante de la exposición a un único microorganismo.

3.1.3 Caracterización de los riesgos

La caracterización de los riesgos reúne diversos tipos de datos: exposición a agentes patógenos, relación entre dosis y respuesta, gravedad de la enfermedad y carga de morbilidad.

La probabilidad de infección puede calcularse como el producto de la exposición por el agua de consumo y la probabilidad de infección por exposición a un único microorganismo. La probabilidad de infección diaria se multiplica por 365 para calcular la probabilidad de infección anual. En este cálculo, suponemos que las diferentes exposiciones son independientes; es decir, que no se genera inmunidad protectora. Esta simplificación únicamente está justificada para niveles de riesgo bajos.

No todas las personas infectadas contraerán la enfermedad clínica; la mayoría de los agentes patógenos generan habitualmente infecciones asintomáticas. El porcentaje de personas infectadas que sufrirán la enfermedad clínica es función del agente patógeno, pero también de otros factores, como el estado inmunitario del hospedador. El riesgo de enfermar anual se determina multiplicando la probabilidad de infección por la probabilidad de enfermar en caso de infección.



3.2 EFECTO TOXICOLÓGICO POR PRODUCTOS QUÍMICOS

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables.

Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro toxico inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada.

La exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas. Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, pueden también ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva. La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas. Sobre todo en zonas con aguas corrosivas o ácidas, la utilización de cañerías y accesorios o soldaduras de plomo puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo, que ocasionan efectos neurológicos adversos.

Son pocas las sustancias cuya presencia en el agua de consumo suponga una contribución importante a la ingesta general en términos de prevención de enfermedades. Un ejemplo es el efecto potenciador de la prevención contra la caries dental del fluoruro del agua de consumo.

Se han calculado valores de referencia para muchos componentes químicos del agua de consumo. Un valor de referencia representa normalmente la concentración de un



componente que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida. Algunos valores de referencia se han fijado con carácter provisional basándose en la concentración alcanzable mediante tratamiento y la capacidad de detección analítica. En estos casos, el valor de referencia es mayor que el calculado basándose en efectos sobre la salud.

Se han evaluado los posibles efectos sobre la salud de las sustancias contempladas en el presente documento, y sólo se han propuesto aquellas sustancias consideradas peligrosas para la salud.

No todas las sustancias químicas incluidas en los estarán siempre presentes en el agua, ni estarán necesariamente ausentes las no mencionadas en las listas.

Productos químicos de contaminación natural:

Tabla 7 Reducción alcanzable, de la concentración de sustancias Químicas de origen natural para las que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento de cloración (15)

Sustancias químicas	Cloración	Reseña toxicológica
Arsénico		No se ha demostrado que el arsénico sea esencial en el ser humano. Es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua incluso potable. Hay pruebas, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones. Dado que la reactividad y toxicidad del arsénico inorgánico trivalente son mayores que las del arsénico inorgánico pentavalente, se cree generalmente que la forma trivalente es la cancerígena. El CIIC (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) clasifica los compuestos inorgánicos de arsénico en el Grupo 1 (cancerígenos para el ser humano) basándose en la existencia de pruebas suficientes de su capacidad cancerígena en seres humanos y de pruebas limitadas en animales
Fluoruro		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. En muchas regiones con un índice alto de exposición al fluoruro, éste es una causa significativa de morbilidad. El fluoruro 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 en el agua de consumo, en función de la ingesta. Estos mismos estudios demuestran claramente que el fluoruro afecta principalmente a los tejidos óseos (huesos y dientes) si la ingesta total es de 14 mg/día e indicios que sugieren un incremento del riesgo de efectos en el esqueleto cuando la ingesta total de fluoruro supera los 6 mg/día aproximadamente.
Manganeso	+++ <0,05	El manganeso es un elemento esencial para el ser humano y otros animales. Tanto la carencia como la sobreexposición pueden causar efectos adversos. Se sabe que el manganeso produce efectos neurológicos tras la exposición por inhalación, especialmente de tipo laboral, y hay



		<p>estudios epidemiológicos que han notificado efectos neurológicos adversos tras la exposición prolongada a concentraciones muy altas en el agua de consumo. Sin embargo, en esos estudios hay varios posibles factores de confusión significativos y en otros varios estudios no se han observado efectos adversos tras la exposición por el agua de consumo. Los datos de estudios en animales, especialmente los de roedores, no son convenientes para la evaluación de riesgos en las personas debido a que las necesidades orgánicas de manganeso varían entre las especies. Además, el valor de los roedores para la evaluación de efectos neuroconductuales es limitado, debido a que los efectos neurológicos 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) que no se observan en los roedores. La utilidad para una evaluación cuantitativa de riesgos del único estudio en primates es limitada, debido a que se estudió una sola dosis en un número reducido de animales y no se informó del contenido de manganeso en la alimentación de base.</p>
Selenio		<p>El selenio es un elemento esencial para el ser humano, y la ingesta diaria recomendada para adultos se sitúa alrededor de 1 mg/kg de peso corporal. Se ha comprobado que los compuestos de selenio son genotóxicos en sistemas <i>in vitro</i> con activación metabólica, pero no en personas. No se obtuvieron pruebas de efectos teratógenos en monos. La toxicidad a largo plazo en ratas se caracteriza por la inhibición del crecimiento y trastornos hepáticos. En personas, los efectos tóxicos de la exposición prolongada al selenio se manifiestan en las uñas, el cabello y el hígado. Datos obtenidos en China indican que aparecen signos clínicos y bioquímicos con una ingesta diaria mayor que 0,8 mg.</p> <p>La ingesta diaria de niños venezolanos que presentaban signos clínicos era de 0,7 mg aproximadamente; esta cifra se calculó a partir de sus concentraciones sanguíneas y de los datos sobre la relación entre la concentración sanguínea y la ingesta obtenidos en China. En un pequeño grupo de pacientes con artritis reumatoide a los que se administró selenio a razón de 0,25 mg al día, además de la aportación procedente de los alimentos, también se observaron efectos en la síntesis de una proteína hepática. En un estudio realizado en un grupo de 142 personas con una ingesta media diaria de 0,24 mg (0,72 mg como máximo) procedente de los alimentos, no se observaron signos clínicos o bioquímicos de toxicidad por selenio.</p>
Uranio		<p>No hay datos suficientes sobre la capacidad cancerígena del uranio en seres humanos y en animales de experimentación. La nefritis es el principal efecto químico inducido por el uranio en personas. Hay poca información sobre efectos crónicos en la salud del ser humano provocados por la exposición al uranio presente en el medio ambiente. Algunos estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas al uranio en el agua de consumo han mostrado su correlación con la presencia de fosfatasa alcalina y β-microglobulina en la orina, junto con leves alteraciones de la función tubular proximal. Sin embargo, las mediciones reales se mantenían en el intervalo fisiológico normal</p>

a El significado de los símbolos es el siguiente:

+++ : 80% o más de reducción de la concentración

b Se incluyen en el cuadro únicamente las sustancias químicas de las que se dispone de datos sobre tratamientos. La ausencia de datos en una casilla del cuadro indica que el proceso es completamente ineficaz o que no hay datos sobre su eficacia. Para los procesos más eficaces, el cuadro indica la concentración de la sustancia química, en mg/l, que debería poderse alcanzar.



Por residuos químicos adicionados por el hombre:

Tabla 8 Reducción alcanzable de la concentración de sustancias químicas de actividades agropecuarias para las que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento de cloración.(15)

Sustancias químicas de actividades agropecuarias	Cloración	Reseñas toxicológicas
Nitrato		El principal riesgo para la salud del nitrito y el nitrato es la metahemoglobinemia, también llamada «síndrome del recién nacido cianótico». 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.
Nitrito	+++ <0,1	Las pruebas, en su conjunto, no respaldan en absoluto la existencia de una asociación entre la exposición de los seres humanos al nitrito o el nitrato y el riesgo de cáncer. 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. El JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) calculó una ingesta diaria de 5 mg para el nitrito potásico por kg de peso corporal.
Alacloro		Según los datos experimentales disponibles, las pruebas sobre la genotoxicidad del alacloro se consideran ambiguas. No obstante, se ha comprobado la capacidad mutágena de un metabolito del alacloro: la 2,6-dietilnilina. Los datos disponibles de dos estudios en ratas indican claramente que el alacloro es cancerígeno y ocasiona tumores benignos y malignos del cornete nasal, tumores malignos de estómago y tumores benignos de tiroides.
Aldicarb	+++ <0,001	El aldicarb es uno de los plaguicidas de toxicidad más aguda, aunque el único efecto tóxico que se observa siempre, tanto por la exposición prolongada como tras una dosis única, es la inhibición de la acetilcolinesterasa. Su metabolismo produce un sulfóxido y una sulfona. El sulfóxido de aldicarb es un inhibidor de la acetilcolinesterasa más potente que el propio aldicarb, mientras que la sulfona de aldicarb es considerablemente menos tóxica que el aldicarb o que su sulfóxido. Las pruebas, en su conjunto, indican que el aldicarb, su sulfóxido y su sulfona no son sustancias genotóxicas ni cancerígenas.
Aldrín y dieldrín		Ambos compuestos son muy tóxicos en animales de experimentación, y se han dado casos de envenenamiento en personas. La toxicidad del aldrín y el dieldrín se debe a varios mecanismos. Los órganos afectados son el sistema nervioso central y el hígado. Estudios a largo plazo han demostrado que el dieldrín produce tumores hepáticos en ambos sexos de dos estirpes de ratones. No aumentó los tumores en ratas y, según parece, no es genotóxico.
Atrazina		Las pruebas obtenidas en muy diversos estudios de genotoxicidad indican, en su conjunto, que la atrazina no es genotóxica. Hay pruebas de que la atrazina puede inducir tumores de mama en ratas. Es muy probable que el mecanismo de este efecto no sea genotóxico. No se ha observado un aumento significativo de neoplasias en ratones. El CIIC ha concluido que la atrazina no es clasificable con respecto a su capacidad cancerígena en el ser humano
Carbofurán	+	El carbofurán es muy tóxico tras la administración de una dosis única por vía oral. El efecto sistémico principal de la intoxicación por carbofurán en los estudios de toxicidad a corto y largo plazo parece ser la inhibición de la colinesterasa. No se han encontrado pruebas de



		teratogenia en los estudios de toxicidad para la función reproductora. A tenor de los estudios disponibles, no parece que el carbofurán sea cancerígeno ni genotóxico.
Clordano		La exposición prolongada por la alimentación causa daños hepáticos en los animales de experimentación. El clordano produce tumores hepáticos en los ratones, pero el conjunto de las pruebas indica que no es genotóxico. Puede interferir en la comunicación celular <i>in vitro</i> , característica que poseen muchos promotores tumorales. El CIIC volvió a evaluar el clordano en 1991 y concluyó que no hay pruebas suficientes de su capacidad cancerígena en el ser humano pero sí en animales.
Clorotolurón		La toxicidad del clorotolurón es baja en exposiciones únicas, breves o prolongadas en animales, pero se ha demostrado que produce un aumento de adenomas y carcinomas renales en ratones macho a los que se suministraron dosis altas durante dos años. Dado que no se observaron efectos cancerígenos en un estudio de dos años en ratas, se ha sugerido que el potencial cancerígeno del clorotolurón es específico tanto para el sexo como para la especie. No hay pruebas de que el clorotolurón o sus metabolitos sean genotóxicos.
Cianazina		Los datos disponibles sobre la mutagenia de la cianazina, las pruebas sobre su genotoxicidad son ambiguas. La cianazina produce tumores de mama en ratas Sprague-Dawley, pero no en ratones. El mecanismo de desarrollo de los tumores de mama en ratas Sprague-Dawley se está investigando actualmente, y podría ser hormonal. También se ha comprobado que la cianazina es teratógena mediante la administración a ratas Fischer 344 de dosis diarias de 25 mg/kg de peso corporal o superiores.
Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D)		Se ha sugerido en estudios epidemiológicos la existencia de una asociación entre la exposición a herbicidas clorofenoxiacéticos, incluido el 2,4-D, y dos tipos de cáncer en seres humanos: sarcomas de partes blandas y linfomas no hodgkinianos. No obstante, los resultados de estos estudios son discordantes; las asociaciones detectadas son poco sólidas y los investigadores han formulado conclusiones contradictorias. La mayoría de los estudios no ofrecían información sobre la exposición al 2,4-D, en particular, sino que el riesgo se refería a la categoría general de los clorofenoxiacéticos, un grupo al que pertenece el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), que podía estar contaminado con dioxinas. La JMPR (Reunión Conjunta FAO/OMS sobre residuos de plaguicidas) concluyó que no era posible evaluar el potencial cancerígeno del 2,4-D basándose en los estudios epidemiológicos disponibles; asimismo, concluyó que el 2,4-D y sus sales y ésteres no son genotóxicos. La toxicidad de las sales y los ésteres de 2,4-D es comparable a la del ácido.
1,2-Dibromo-3-cloropropano		Basándose en los datos de estudios realizados con distintas estirpes de ratas y ratones, se determinó que este compuesto es cancerígeno para ambos sexos por inhalación y por vía oral y cutánea. También se comprobó que es tóxico para la función reproductora del ser humano y en varias especies de animales de laboratorio. Mostró capacidad genotóxica en la mayoría de los estudios <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> . El CIIC ha clasificado en el Grupo 2B basándose en la existencia de pruebas suficientes de su capacidad cancerígena en animales. Los resultados de estudios epidemiológicos recientes sugieren un aumento de la mortalidad por cáncer en personas expuestas a concentraciones altas.
1,2-Dibromoetano		El 1,2-dibromoetano indujo un aumento de la incidencia de tumores en varias partes del organismo en todos los bioensayos de carcinogenia analizados en los que se expuso a ratas o ratones al compuesto mediante alimentación forzada, ingestión en el agua de bebida, aplicación cutánea e inhalación. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se



		<p>caracterizaron por una alta mortalidad precoz, escasos análisis histopatológicos, número reducido de ejemplares o el uso de un único nivel de exposición. La sustancia indujo la formación de focos hepáticos en un estudio de iniciación/inducción, pero no desencadenó el desarrollo de tumores de piel. El 1,2-dibromoetano resultó ser genotóxico en todos los estudios <i>in vitro</i>, pero en los estudios <i>in vivo</i> se obtuvieron resultados discordantes. La información disponible no respalda la existencia de un mecanismo no genotóxico de inducción de tumores; por consiguiente, indican que el 1,2-dibromoetano es una sustancia cancerígena genotóxica para los roedores. La información sobre la posible capacidad cancerígena en seres humanos es insuficiente; sin embargo, es probable que el 1,2-dibromoetano se metabolice de forma parecida en el ser humano y en roedores.</p>
1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)		<p>El CIIC evaluó el 1,2-DCP en 1986 y 1987. La sustancia se incluyó en el Grupo 3 (no clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos) debido a la escasez de pruebas sobre su capacidad cancerígena en animales de experimentación y por no disponer de datos suficientes con los que evaluar su capacidad cancerígena en seres humanos. Los estudios <i>in vitro</i> sobre su mutagenia produjeron resultados dispares. Los estudios <i>in vivo</i>, escasos y de diseño similar, produjeron resultados negativos. Coincidiendo con la evaluación del CIIC, las pruebas de los estudios de carcinogenia a largo plazo realizados en ratones y ratas se consideraron escasas y se concluyó que para evaluar la toxicidad del 1,2-DCP era pertinente aplicar un método basado en su umbral de toxicidad.</p>
Dimetoato	+++ <0,0	<p>En estudios realizados con voluntarios, se ha demostrado que el dimetoato es un inhibidor de la colinesterasa y un irritante de la piel. El dimetoato no es cancerígeno para los roedores. La JMPR ha concluido que, aunque los estudios <i>in vitro</i> indican que el dimetoato tiene potencial mutágeno, éste no parece expresarse <i>in vivo</i>. En un estudio multigeneracional de toxicidad para la función reproductora en ratas, la DSEAO (concentración máxima de una sustancia química) aparente era de 1,2 mg/kg de peso corporal al día, pero había indicios de que el rendimiento reproductor podía haberse visto afectado con dosis más bajas. No se disponía de datos suficientes para evaluar si los efectos en el rendimiento reproductor eran consecuencia de la inhibición de la colinesterasa. La JMPR concluyó que no era adecuado basar la ingesta diaria en los resultados de los estudios realizados con voluntarios, ya que el criterio principal de valoración (el rendimiento reproductor) no se ha evaluado en el ser humano. Se sugirió que, si se establece que el dimetoato es un residuo importante, podría ser necesario volver a evaluar la toxicidad del dimetoato cuando haya concluido el examen periódico del residuo y de los aspectos analíticos del dimetoato.</p>
Endrín		<p>Los datos toxicológicos son insuficientes para determinar si el endrín constituye un riesgo cancerígeno para los seres humanos. El endrín afecta principalmente al sistema nervioso central.</p>
Isoproturón	++	<p>El isoproturón produce toxicidad aguda baja y toxicidad baja o moderada tras exposiciones breves o prolongadas. No posee actividad genotóxica significativa, pero produce una notable inducción enzimática y hepatomegalia. El isoproturón ocasionó un aumento de carcinomas hepatocelulares en ratas hembra y macho, pero este aumento se manifestó únicamente con dosis que también causaban toxicidad hepática. No parece que el isoproturón sea un carcinógeno completo, sino más bien un promotor tumoral.</p>
Lindano		<p>El lindano resultó tóxico para el riñón y el hígado tras su administración por vía oral, cutánea o por inhalación en estudios a corto y a largo plazo de toxicidad y toxicidad para la función reproductora en ratas. La toxicidad renal del lindano afectó específicamente a</p>



		<p>las ratas macho y no se consideró relevante para la evaluación de riesgos para las personas debido a que es una consecuencia de la acumulación de α2u-globulina, una proteína que no se encuentra en el ser humano. En diversos estudios en ratones, ratas y conejos se observó hipertrofia hepatocelular que revirtió parcialmente después de un periodo de recuperación de hasta seis semanas. El lindano no indujo una respuesta cancerígena en ratas ni en perros pero, en un estudio de la importancia de los antecedentes genéticos en la latencia y la incidencia de la oncogenia, produjo un aumento de la incidencia de adenomas y carcinomas hepáticos en ratones agutí y pseudoagutí, pero no en ratones negros ni de ninguna otra estirpe. La JMPR concluyó que no había pruebas de genotoxicidad. Dada la ausencia de genotoxicidad y basándose en el conjunto de las pruebas</p> <p>de los estudios de carcinogénesis, la JMPR concluyó que es poco probable que el lindano constituya un riesgo de cáncer para el ser humano. Además, no se encontró ninguna correlación con el lindano en un estudio epidemiológico diseñado para evaluar la posible asociación entre el cáncer de mama y la exposición a plaguicidas clorados.</p>
MCPA (ácido 4-cloro-2-toliloxiacético)		<p>Los datos disponibles son escasos y poco concluyentes con respecto a la genotoxicidad del MCPA. El CIIC evaluó el MCPA en 1983 y concluyó que los datos disponibles sobre el ser humano y los animales de experimentación eran insuficientes para evaluar su capacidad cancerígena. Evaluaciones posteriores del CIIC, en 1986 y 1987, sobre los herbicidas clorofenoxiacidos concluyeron que las pruebas sobre su capacidad cancerígena eran escasas para el ser humano e insuficientes para los animales (Grupo 2B).</p> <p>Estudios recientes de carcinogénesis en ratas y ratones no indicaron que el MCPA fuera cancerígeno. No hay suficientes datos epidemiológicos disponibles sobre la exposición al MCPA por sí solo.</p>
Mecoprop		<p>El CIIC ha clasificado los herbicidas clorofenoxiacidos, en conjunto, en el Grupo 2B. No obstante, los datos disponibles de estudios en animales y poblaciones expuestas no permiten evaluar el potencial cancerígeno para el ser humano de ningún herbicida clorofenoxiacido concreto. Por lo tanto, los valores de referencia para estos compuestos en el agua de consumo se basan en sus umbrales de toxicidad para otros efectos tóxicos. La administración de mecoprop en la alimentación produjo una disminución del peso relativo de los riñones (en ratas y perros <i>beagle</i>), un aumento del peso relativo del hígado (en ratas), efectos en los parámetros sanguíneos (en ratas y perros <i>beagle</i>) y un menor aumento del peso corporal (en perros <i>beagle</i>) en estudios a corto y largo plazo.</p>
Metoxicloro		<p>El potencial genotóxico del metoxicloro parece ser insignificante. En 1979, el CIIC clasificó el metoxicloro en el Grupo 3. Datos posteriores sugieren que el metoxicloro tiene potencial cancerígeno para el hígado y los testículos en ratones. Esto puede deberse a la actividad hormonal de sus metabolitos proestrogénicos en mamíferos, por lo que podría existir un umbral. No obstante, el estudio es insuficiente porque se utilizó una única dosis, que posiblemente era superior a la dosis máxima tolerada. La base de datos de estudios de toxicidad a corto y largo plazo y de toxicidad para la función reproductora es insuficiente. En un estudio de teratogénesis en ratones se obtuvo una DSEAO sistémica de 5 mg/kg de peso corporal al día, que es más baja que las DMEAO (dosis mínima con efecto adverso observado) y DSEAO de otros estudios. Por lo tanto, se seleccionó esta DSEAO para utilizarla en el cálculo de una ingesta diaria.</p>
Metolacloro		<p>En un estudio de un año en perros <i>beagle</i>, la administración de metolacloro produjo una disminución del peso de los riñones con las dos dosis más altas. En estudios de dos años de duración en roedores a los que se administró metolacloro en la alimentación, los únicos</p>



		efectos tóxicos se produjeron con la dosis más alta: en ratones albinos se observó un menor aumento del peso corporal y una disminución de la supervivencia en las hembras, mientras que en ratas se observó un menor aumento del peso corporal y una reducción del consumo de alimentos. Los estudios disponibles no aportan pruebas de que el metolaclo ro sea cancerígeno en ratones. En ratas, se han observado un aumento de tumores hepáticos en las hembras, así como algunos tumores nasales en los machos. El metolaclo ro no es genotóxico.
Simazina	+	La simazina no parece ser genotóxica en sistemas mamíferos. Estudios recientes han demostrado un aumento en los tumores de mama en ratas hembra, pero no se han observado efectos en ratones
2,4,5-T		El CIIC ha clasificado a los herbicidas clorofenoxiácidos, en conjunto, dentro del Grupo 2B. No obstante, los datos disponibles de estudios realizados en poblaciones y animales expuestos no permiten evaluar el potencial cancerígeno para el ser humano de ningún herbicida clorofenoxiácido concreto. Por lo tanto, los valores de referencia para estos compuestos en el agua de consumo se basan en sus umbrales de toxicidad para otros efectos tóxicos. La DSEAO correspondiente a efectos sobre la reproducción (menor supervivencia neonatal, disminución de la fertilidad, reducción del peso relativo del hígado y del peso del timo en las crías) del 2,4,5-T sin dioxinas (<0,03 mg/kg) en un estudio de toxicidad para la función reproductora en tres generaciones de ratas es la misma que la DSEAO correspondiente a la ralentización del aumento de peso corporal, al aumento del peso del hígado y los riñones y a la toxicidad renal en un estudio de toxicidad en el que se alimentó a las ratas con 2,4,5-T (prácticamente libre de contaminación por dioxinas) durante 2 años.
Terbutilazina (TBA)		No hay pruebas de que la TBA sea cancerígena o mutágena. En estudios a largo plazo de alimentación en ratas, se observaron efectos sobre los parámetros eritrocíticos en las hembras, un aumento de la incidencia de lesiones no neoplásicas en el hígado, los pulmones, la glándula tiroidea y los testículos, así como una ligera ralentización del aumento de peso corporal.
Trifluralina		La trifluralina de gran pureza no tiene propiedades mutágenas. La trifluralina técnica con un grado de pureza bajo puede contener contaminantes nitrosados y se ha comprobado que es mutágena. No se han hallado pruebas de capacidad cancerígena en varios estudios de toxicidad o carcinogénesis a largo plazo realizados con trifluralina pura (99%). El CIIC ha evaluado recientemente la trifluralina de calidad técnica y la ha clasificado en el Grupo 3.

a El significado de los símbolos es el siguiente:

+: Reducción de la concentración escasa

++: 50% o más de reducción de la concentración

+++: 80% o más de reducción de la concentración

b Se incluyen en el cuadro únicamente las sustancias químicas de las que se dispone de datos sobre tratamientos. La ausencia de datos en una casilla del cuadro indica que el proceso es completamente ineficaz o que no hay datos sobre su eficacia. Para los procesos más eficaces, el cuadro indica la concentración de la sustancia química, en mg/l, que debería poderse alcanzar.



Tabla 9 Reducción alcanzable de la concentración de plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud pública para los que se han establecido valores de referencia a,b, mediante tratamiento por cloración (15)

Plaguicidas	Cloración	Reseña toxicológica
DDT y sus metabolitos	+	<p>Un grupo de trabajo reunido por el CIIC clasificó el complejo DDT como sustancias cancerígenas no genotóxicas para los roedores y como potente inductor de tumores hepáticos. El CIIC ha concluido que no existen pruebas suficientes en seres humanos, pero sí en animales de experimentación, sobre la capacidad cancerígena del DDT (Grupo 2B) basándose en la observación de tumores hepáticos en ratas y ratones.</p> <p>Los resultados de estudios epidemiológicos sobre el cáncer de páncreas, el mieloma múltiple, los linfomas no hodgkinianos y el cáncer de útero no respaldaban la hipótesis de su relación con la exposición medioambiental al complejo DDT. Para algunos criterios de valoración toxicológicos, se obtuvieron datos contradictorios. En la mayoría de los estudios, el DDT no indujo efectos genotóxicos en sistemas de células humanas o de roedores, ni mostró capacidad mutágena en hongos o bacterias. La Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR</i>) de los Estados Unidos concluyó que el complejo DDT podría alterar la función reproductora o el desarrollo de varias especies. El DDT produce los siguientes efectos hepáticos en ratas: aumento de peso del hígado, hipertrofia, hiperplasia, inducción de enzimas microsómicas (incluido el citocromo P450), necrosis celular, aumento de la actividad de las enzimas hepáticas séricas y efectos mitógenos, que podrían estar relacionados con una respuesta regenerativa del hígado al DDT.</p>
Piriproxifeno		<p>La JMPR concluyó que el piriproxifeno no es cancerígeno ni genotóxico. En estudios a largo y corto plazo sobre los efectos del piriproxifeno en ratones, ratas y perros, la toxicidad afectó principalmente al hígado (aumento del peso y alteración de las concentraciones plasmáticas de lípidos, sobre todo el colesterol).</p>

a El significado de los símbolos es el siguiente:

+: Reducción de la concentración escasa

+++ : 80% o más de reducción de la concentración

b Se incluyen en el cuadro únicamente las sustancias químicas de las que se dispone de datos sobre tratamientos. La ausencia de datos en una casilla del cuadro indica que el proceso es completamente ineficaz o que no hay datos sobre su eficacia. Para los procesos más eficaces, el cuadro indica la concentración de la sustancia química, en mg/l, que debería poderse alcanzar.



3.3 EFECTO TOXICOLÓGICO POR LA FORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS QUE SE FORMAN AL ADICIONAR EL CLORO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Al clorar el agua con cualquier compuesto químico clorado elegido para ese tratamiento (el compuesto usualmente utilizado es el hipoclorito de sodio), además de cumplir con su efecto desinfectante, también forma subproductos, en mayor o menor proporción, dependiendo de la materia orgánica presente y de elementos dispersos natural o artificialmente en el agua sin tratar, de allí que los subproductos descritos a continuación, también pueden dar efectos toxicológicos al momento de consumir el agua clorada.

Contaminantes procedentes del almacenamiento y la elaboración de soluciones de hipoclorito

Las soluciones de hipoclorito sódico se descomponen lentamente, más rápidamente a temperaturas más altas, generando iones clorato y clorito. Conforme la solución envejece y disminuye la concentración de cloro disponible, es necesario aumentar la dosis del producto para lograr la concentración de cloro residual deseada, aumentando así las cantidades de clorato y clorito añadidas al agua tratada. La descomposición del hipoclorito cálcico sólido es mucho más lenta, de modo que es menos probable que se produzca una contaminación significativa. No obstante, si se preparan soluciones de hipoclorito cálcico y se almacenan antes de usarlas, también se produciría la descomposición del hipoclorito y formación de clorato y clorito.

El hipoclorito sódico se elabora mediante electrólisis de cloruro sódico, que contiene, de forma natural, concentraciones pequeñas de bromuro sódico, de modo que la solución de hipoclorito sódico contendrá bromato y contaminará el agua tratada. La calidad y aceptabilidad del hipoclorito sódico dependerá en parte de la concentración de bromato residual. Los productos destinados a usos industriales pueden no ser aceptables para uso en agua de consumo. La oxidación a bromato del bromuro sódico presente en el cloruro sódico también se producirá en sistemas con generación electroquímica de hipoclorito *in situ*.



Reseña toxicológica de Clorito y Clorato

Dióxido de cloro

Se ha demostrado que el dióxido de cloro altera el desarrollo neurológico y neuroconductual en ratas sometidas a exposición perinatal. También se ha observado una disminución significativa de las hormonas tiroideas en ratas y monos expuestos al dióxido de cloro en estudios de agua de bebida. No se ha establecido un valor de referencia para el dióxido de cloro porque se hidroliza a clorito rápidamente y el valor de referencia provisional del clorito constituye una protección suficiente frente a la posible toxicidad del dióxido de cloro. El umbral gustativo y olfativo para este compuesto es de 0,4 mg/l.

Reseña toxicológica de Bromato

El CIIC ha concluido que, a pesar de que no hay 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 y lo ha clasificado en el Grupo 2B (posiblemente cancerígeno para el ser humano). El bromato es mutágeno tanto *in vitro* como *in vivo*. 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, no hay ninguna prueba que sugiera que esta misma relación dosis-respuesta intervenga en el desarrollo de mesoteliomas o de tumores tiroideos.

(15)



Tabla 10 Subproductos de la desinfección presentes en aguas cloradas (IPCS, 2000)

Desinfectante	Productos organohalogenados significativos	Productos inorgánicos significativos	Productos no halogenados significativos
Cloro/ ácido hipocloroso	Trihalometanos, ácidos haloacéticos, haloacetnitrilos, hidrato de cloral, cloropicrina, clorofenoles, <i>N</i> -cloraminas, halofuranonas, bromohidrinas	Clorato (principalmente por el uso de hipoclorito)	Aldehídos, ácidos cianoalcanóicos, ácidos alcanóicos, benceno, ácidos carboxílicos
Dióxido de cloro Cloramina	Haloacetnitrilos, cloruro de cianógeno, cloraminas orgánicas, ácidos cloramínicos, hidrato de cloral, halocetonas	Clorito, clorato Nitrato, nitrito, clorato, hidrazina	No se conocen Aldehídos, cetonas

3.4 EFECTO TOXICOLÓGICO POR CLORACIÓN EN EXCESO QUE SUPERE LOS LÍMITES PERMITIDOS DE CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL.

Muegge (16) sintetiza los resultados de informes sobre los efectos negativos en la salud, de aguas altamente cloradas que han sido consumidas por periodos que comprenden desde algunos días a varias semanas, y que causaron algunos casos clínicos de toxicidad relacionados con el cloro, ácido hipocloroso o hipoclorito en el agua de bebida. Sin embargo, el autor presenta los datos en forma anecdótica y sin precisar lo concerniente a las pruebas efectuadas.

Por otro lado, Muegge informa sobre el caso de 150 personas de una base militar que consumieron agua con 50 ppm (parte por millón) de cloro (cerca de 1.4 mg Cl/kg/día) durante un período de varios meses de desinfección, sin que se hubieran reportado efectos adversos.

Se notificó que el personal militar que tomo agua durante varios meses, con niveles de cloro entre 5 y 32 ppm (cerca de 0.14 a 0.91 mg Cl/kg/día), no tuvo problemas. Sin



embargo, los que consumieron agua con concentraciones mayores a 90 ppm de cloro, experimentaron una sensación de estrangulamiento e irritación en la boca y garganta. Generalmente, la mayoría de la población rechaza el consumo de agua con niveles de cloro de 25 ppm (cerca de 0.7 mg/kg/día), por causa del sabor y olor provenientes de blanqueadores a base de cloro.

La ingestión de cloro más común ocurre por niños que beben blanqueadores (lejía) por accidente. Estas soluciones generalmente tienen concentraciones de hipoclorito de sodio de 3 a 6% en agua con pH alrededor de 11. Las cantidades que accidentalmente ingieren los niños son de 4 a 5 ml, y causan irritaciones en la laringe y esófago y, en raras ocasiones, daños al esófago con perforación o formación de obstrucciones. No se precisa si la lesión es causada por el hipoclorito de sodio o debido a la naturaleza extremadamente caustica del blanqueador.

Lubbers (16) investigó los efectos de la administración continua de agua clorada en un grupo de voluntarios de sexo masculino, entre 21 y 35 años de edad. En la Fase I del estudio se les aumento progresivamente la dosis de cloro en el agua. Cada tres días, durante un periodo de 18 días, las concentraciones aumentaron de 0, 0.1, 1.0, 5.0, 10.0, 18.0 a 24.0 mg/l (0, 0.001, 0.014, 0.071, 0.14, 0.26 y 0.34 mg/kg, respectivamente). Durante la Fase II, 10 personas ingirieron cloro, a una concentración diaria de 5 mg/l en un volumen de 500 ml, durante 12 semanas consecutivas.

Los exámenes médicos para la Fase I se realizaron durante el segundo y tercer días, luego de finalizado el tratamiento. Para la Fase II, los exámenes se realizaron semanalmente y después de 8 semanas de iniciado el tratamiento. Los resultados indicaron ausencia de efectos tóxicos adversos en todos los grupos de estudio. Sin embargo, se pudo apreciar desviaciones estadísticamente significativas de los niveles de creatinina, calcio, gamma glutameltransverasa y del conteo de linfocitos, al compararse los niveles antes y después del tratamiento. Finalmente, la investigación concluyo que ninguna de las tendencias mostradas tenía consecuencias fisiológicas. Dos estudios más recientes, en donde los voluntarios eran expuestos a cantidades conocidas de cloro en el agua suministrada no hay evidencia de efectos adversos. En uno de ellos, el consumo de agua que contenía 5 mg/l de cloro libre (aproximadamente 0,036 mg Cl / kg / día) no tuvo evidencia significativas de efectos en hematología, bioquímica sérica, análisis de orina, o parámetros fisiológicos adicionales. Otro estudio



de alcance limitado demostró que el consumo de agua que contiene 20 ppm de cloro (aproximadamente 0,4 mg Cl / kg / día) no tuvo efecto significativo sobre los lípidos en suero o los niveles séricos de hormonas tiroideas. No se sabe si la exposición oral al cloro puede afectar a los sistemas inmunológico y nervioso, o la reproducción o el desarrollo en los seres humanos. No hay estudios de cáncer en seres humanos expuestos al cloro en sí. No existen pruebas suficientes de carcinogenicidad de sales de hipoclorito en animales y no hay datos de estudios en los seres humanos, un estudio determinó que las sales de hipoclorito no son clasificables en cuanto a carcinogenicidad en los seres humanos. (17)



CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en este estudio fue mediante una técnica de contrastación experimental, con una direccionalidad retrospectiva y la evolución del fenómeno estudiado fue transversal. El tipo de diseño fue cuantitativo experimental.

Técnica de contrastación experimental: cuando los datos son obtenidos de fenómenos condicionados por el investigador, en donde se manipula una sola variable a la vez y se espera la respuesta de otra o más variables.

Direccionalidad retrospectiva: cuando el fenómeno a estudiarse presenta un efecto en el presente y buscamos la causa en el pasado.

Evolución del fenómeno estudiado transversal: estudio en el cual se mide una sola vez las variables y de inmediato se procede a su descripción o análisis.

Se aplicó además una investigación de campo denominada in situ ya que se realizó en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permitió el conocimiento más a fondo, se pudo manejar los datos con más seguridad y pudo soportarse en diseños experimentales, creando una situación de control en la cual se manipula sobre una variable y dando como consecuencia de los resultados más variables dependientes (efectos).

Para el análisis de resultados se considerará como variable independiente el Cloro libre residual encontrado o no y como variable dependiente el efecto toxicológico ambiental de su ausencia o exceso en agua tratada.

Investigación de campo: Podríamos definirla diciendo que es el proceso que, utilizando el método científico, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social. (Investigación pura), o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos (investigación aplicada). (13)



4.2. FORMA DE MUESTREO Y MÉTODOS

Investigación De Campo: La toma de muestra se la realizó de la siguiente manera, siguiendo la mayoría de recomendaciones descritas en el punto 2.2.1. de este trabajo de tesis, e inmediatamente después de la toma de muestra se procedió con el análisis de cloro libre residual con el kit descrito anteriormente:

Muestreo a través de un grifo:

- Retirar las boquillas o cualquier aditamento que esté unido a la llave.
- Verificar que la llave no tenga fugas y que las uniones de las tuberías estén en buen estado.
- Limpiar cuidadosamente la boca de la llave con agua destilada y paño limpio o pañuelo de papel y retirar la suciedad que pueda existir.
- Abrir la llave y dejarla correr al menos un minuto antes de tomar la muestra para asegurarse de que cualquier posible depósito en la tubería se lo lleva la corriente.
- Tomar la muestra de agua con el vaso no estéril pero completamente limpio, y se procede inmediatamente a hacer el análisis de cloro libre residual.
- Si se cree conveniente se repite la prueba, y/o se lleva una muestra al laboratorio.

Puntos de muestreo en la red de distribución utilizados:

La toma de muestras en la red de distribución se hizo a través de las conexiones domiciliarias enlazadas directamente con la red de distribución.

Los puntos de muestreo de la red de distribución fueron:

4. A la salida de la planta de tratamiento, es decir al inicio de la red de distribución.
5. En puntos intermedios de la red, entre la planta de tratamiento y el último usuario, como son domicilios, escuelas, iglesias, etc.



4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Este proyecto se planteó tomar como campo de acción 18 de las 21 parroquias rurales del cantón Cuenca. Inicialmente se planteó elegir las de mayor densidad poblacional, sin embargo hay 2 parroquias que no tenían ya consumo de agua tratada que son Turi y San Joaquín, por lo que quedaron fuera del estudio, y la otra parroquia que no se tomó en cuenta por ser la de menor densidad poblacional fue Chaucha. Por lo tanto las 18 parroquias rurales intervenidas en este estudio fueron: Baños, Cumbe, Checa (Jidcay), Chiquintad, Llacao, Molleturo, Nulti, Octavio Cordero Palacios, Paccha, Quingeo, Ricaurte, Santa Ana, Sayausi, Sidcay, Sinincay, Tarqui, Valle y Victoria del Portete, correspondientes al 85,71% del total de Parroquias rurales de este cantón y con un número total de habitantes en estos sectores de 155.981 habitantes (11). Estas parroquias rurales aún tienen comunidades que consumen agua no potable, tratada por las mismas comunidades y/o juntas de agua, comunidades que fueron el punto de muestreo.

Se escogieron aleatoriamente 2 comunidades que aun consumen agua tratada de cada parroquia y se realizó la primera toma de muestra en una casa domiciliaria o centro educativo, y la segunda toma de muestra en la salida de la planta de tratamiento, cuando esta última toma no fue posible realizar se tomó las muestras de 2 casas domiciliaria o centros educativos, por lo que se obtuvieron a la final del muestreo en total 4 muestras de agua en cada una de las 18 parroquias rurales del cantón Cuenca, 72 muestras de agua tratada no potable en total, en las cuales se realizó el análisis cuali-cuantitativo de Cloro libre residual, 30 min después de la toma de cada muestra.

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El instrumento de recolección de datos fue el kit de pruebas rápidas cuali-cuantitativas para determinación de Cloro libre residual en agua, de la marca comercial HANNA INSTRUMENTS® el cual utiliza el método colorimétrico y que tiene una especificidad de identificación de concentración de cloro libre en agua en un rango entre 0 y 3,5 mg/L, el cual es de fácil manejo, transporte y uso, y es aprobado por el Ministerio de Salud Pública, y utilizadas actualmente en el proyecto “Agua Segura” de la Zona 6 de



Salud del Ministerio de Salud del Ecuador y descrito en el Manual de vigilancia y control de la calidad del agua del mismo ministerio.

Otro instrumento de recolección de datos fue las Normas INEN, NTE INEN 2176:98 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo y la Norma NTE INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos, esta última como Norma referencial para los valores mínimos y máximos de Cloro libre residual que debe estar presente en el agua para ser apta para consumo humano, el cual debe estar entre 0,3 mg/l como valor mínimo y 1,5 mg/l como valor máximo, en un tiempo máximo de 30 minutos después de recolectada la muestra

La técnica que se utilizó es la descrita en el manual de uso del kit HANNA INSTRUMENTS® (ANEXO 1): Cada kit va equipado con:

- 1) Reactivo Cloro libre HI 93701-0, paquetes (100 u.);
- 2) Agua desionizada, 1 botella (500 ml);
- 3) 1 checker disc (contiene el disco);
- 4) 2 viales de cristal con tapas;
- 5) 1 pipeta de plástico (3 ml).

REACCIÓN QUÍMICA: La reacción entre el cloro y el reactivo DPD (dietil-p-fenilendiamina) origina una coloración rosa en la muestra que es proporcional a la concentración de cloro.

INSTRUCCIONES: LEA TODAS LAS INSTRUCCIONES ANTES DE USAR EL KIT.

Figura 4 Instrucciones de uso kit hanna instruments®

1) Use la pipeta para llenar cada vial de cristal con 5 ml de muestra (hasta la marca).

2) Inserte uno de los viales en el orificio izquierdo del checker disc. Este es el blanco.

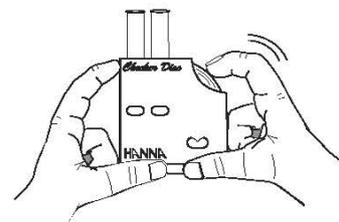
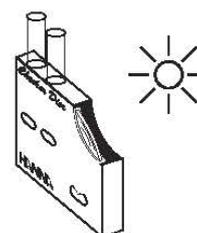
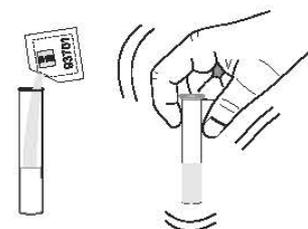
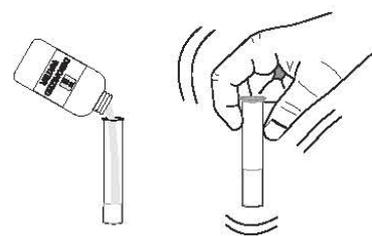
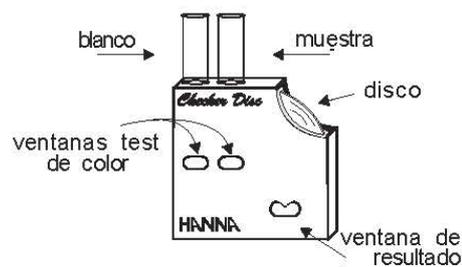
3) Añada al otro vial agua desionizada hasta la marca de 10 ml. Coloque la tapa y agite para mezclar.

4) Retire la tapa y añada 1 paquete de reactivo HI 93701-0. Coloque la tapa y mezcle. Esta es la muestra tratada.

5) Quite la tapa e inserte la muestra tratada en el orificio.

6) Sujete el checker disc de forma que una fuente de luz ilumine las muestras desde la parte posterior de las ventanas.

7) Mantenga el checker disc a una distancia de 30-40 cm de los ojos para comparar el color. Haga girar el disco mientras mira a las ventanas de test de color y pare cuando el color coincida. Lea el valor en la ventana de resultado directamente en mg/l (o ppm) de Cloro.





4.5. TÉCNICA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICADO

Introducción

El uso de Estadística en investigación permite analizar los datos y transformarlos en información válida y confiable.

Existen varias herramientas, en este trabajo, además se presentan gráficos y tablas que permiten contar con una visión general de la concentración de cloro en las muestras obtenidas en las comunidades pertenecientes a las diferentes parroquias en donde se realizó el muestreo.

Como se indicó anteriormente, se escogieron aleatoriamente 2 comunidades que aun consumen agua tratada de cada parroquia y se realizó la primera toma de muestra en una casa domiciliaria o centro educativo, y la segunda toma de muestra en la salida de la planta de tratamiento, cuando esta última toma no fue posible realizar se tomó las muestras de 2 casas domiciliaria o centros educativos, por lo que se obtuvieron al final del muestreo en total 4 muestras de agua tratada en cada una de las 18 parroquias rurales del cantón Cuenca, 72 muestras de agua tratada no potable en total, en las cuales se realizó el análisis cuali-cuantitativo de Cloro libre residual, inmediatamente después de la toma de cada muestra.

En base de los datos obtenidos, se ha realizado un análisis comparativo respecto a la administración de las aguas en las parroquias. Se ha buscado además, un modelo matemático lineal y no lineal aplicando regresión y correlación. La administración de las aguas en las parroquias rurales se encuentra a cargo, en algunas comunidades por la Junta Parroquial y en otras comunidades por los Sistemas o Comités de agua. Las Juntas Parroquiales son elegidas por elecciones populares, conjuntamente con Alcalde y Prefecto, en las parroquias rurales además se elige un presidente de la Junta Parroquial, y como un proyecto y responsabilidad de ella, es tener un sistema de tratamiento de agua para las comunidades de la parroquia que aún no tiene agua potable, esta junta tiene un presupuesto público para ello. Sin embargo cuando la Parroquia es grande, el agua tratada por las juntas tampoco abastece a todas las comunidades, y es ahí cuando las comunidades a las que no les llega el agua de la junta, se agrupan y crean los comités. Los Comités o Sistemas, son agrupaciones de



las propias comunidades que con fondos propios crean un sistema básico de tratamiento de Agua, usualmente los Comités y/o Sistemas, hay en las comunidades más alejadas a los que no llega el agua tratada de la junta parroquial, y son los moradores de la comunidad los que se encargan de tratar el agua. Lo que tiene en común tanto las Juntas como los Comités o Sistemas, es que las plantas de tratamiento son muy básicas, lo que se hace prácticamente es filtrar el agua de las vertientes naturales, y al agua ya filtrada se le agrega cloro, y ese es todo el proceso. Otra cosa en común es que las vertientes naturales casi siempre son las mismas en cada Parroquia.

Con el análisis de ANOVA nos ha permitido, probar la hipótesis de medias iguales en las muestras organizadas en grupos por zonas. El total de parroquias rurales muestreadas, se clasifico en 4 zonas, de acuerdo



CAPITULO V: RESULTADOS

A lo largo de desarrollo de esta investigación, se recolectaron 72 muestras de agua en comunidades de 18 parroquias rurales del cantón Cuenca, en las cuales se analizó cualitativamente la presencia o no de cloro libre residual. (Descripción completa en el punto 4.3)

Además, de las muestras que evidenciaron la presencia de Cloro libre, se evaluó cuantitativamente su concentración en el agua, y se relacionó con los valores de referencia detallados en la Norma INEN 1108:2014 Quinta Revisión. Agua Potable. Requisitos, para clasificarlas en correctamente dosificadas e incorrectamente dosificadas, de acuerdo a los valores mínimos y máximos de Cloro libre residual que debe estar presente en el agua para ser apta para consumo humano.

Otros resultados obtenidos para el análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, fueron los datos de morbilidad y asistencia de personas con signos, síntomas y/o diagnóstico de enfermedades diarreicas agudas, relacionadas con el consumo de agua no potable, sin cloro libre a los Subcentros del Ministerio de Salud de las comunidades de las 18 parroquias correspondiente a este estudio, en el último trimestre de 2013, período en el cual se realizaron las tomas de muestra de agua.

A continuación, en la Tabla 11 se describen los datos completos de donde fueron tomadas cada una de las muestras de agua tratada y su resultado en el análisis cuali-cuantitativo de Cloro libre residual.



Tabla 11 Datos completos de donde fueron tomadas cada una de las muestras de agua tratada y su resultado en el análisis cuali-cuantitativo de Cloro libre residual.

PARROQUIA RURAL	NOMBRE DE LA COMUNIDAD	SECTOR Y/O PLANTA DE TRATAMIENTO	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	PRESENCIA DE CLORO LIBRE		RESULTADO CLORO LIBRE RESIDUAL EN mg/l (miligramos por litro)
				SI	NO	
BAÑOS	CABECERA PARROQUIAL	JUNTA PARROQUIAL DE BAÑOS	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		1,1
BAÑOS	LA UNION	COMITÉ DE AGUA DE LA UNION	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		0,1
BAÑOS	PACCHA	COMITÉ DE AGUA DE SULIN	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
BAÑOS	HUISHIL	COMITÉ DE AGUA DE HUISHIL	ESCUELA CORNELIO CT	X		0,5
CUMBE	UCURURO	COMITÉ DE AGUA UCURURO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		1
CUMBE	RAMBRAN NASCARIO	COMITÉ DE AGUA DE RAMBRAN	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
CUMBE	CABECERA PARROQUIAL	JUNTA PARROQUIAL DE CUMBE	COLEGIO TECNICO CUMBE		X	0
CUMBE	CABECERA PARROQUIAL	JUNTA PARROQUIAL DE CUMBE	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
CHECA (JIDCAY)	CABECERA CANTONAL	SISTEMA COMUNITARIO DE CHECA	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO	X		1
CHECA (JIDCAY)	CABECERA CANTONAL	SISTEMA COMUNITARIO DE CHECA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		0,8
CHECA (JIDCAY)	ABUGA	COMITÉ DE AGUA DE ABUGA	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO		X	0
CHECA (JIDCAY)	CORPACHE	SISTEMA COMUNITARIO DE CHECA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		0,5
CHIQUINTAD	CABECERA PARROQUIAL	JUNTA PARROQUIAL DE CHIQUINTAD	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO		X	0
CHIQUINTAD	SAN ANDRES	COMITÉ DE AGUA DE SAN ANDRES	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO	X		0,5
CHIQUINTAD	SANTA TERESITA	COMITÉ DE AGUA DE SANTA TERESITA	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO	X		0,5
CHIQUINTAD	SAN ANTONIO DE SAN JOSE	COMITÉ DE AGUA DE SAN ANTONIO	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO		X	0
LLACAO	LA MERCED	JUNTA PARROQUIAL DE LLACAO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		1
LLACAO	SHIQUIR	COMITÉ DE AGUA DE SHIQUIR	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0



PARROQUIA RURAL	NOMBRE DE LA COMUNIDAD	SECTOR Y/O PLANTA DE TRATAMIENTO	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	PRESENCIA DE CLORO LIBRE		RESULTADO CLORO LIBRE RESIDUAL EN mg/l (miligramos por litro)
				SI	NO	
LLACAO	CHALLUABAMBA DE LLACAO	COMITÉ DE AGUA DE CHALLUABAMBA DE LLACAO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
LLACAO	CRUZ LOMA	COMITÉ DE AGUA DE CRUZ LOMA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
MOLLETURO	JESUS DEL GRAN PODER	COMITÉ DE AGUA JESUS DEL GRAN PODER	ESCUELA		X	0
MOLLETURO	PUTUCAY	COMITÉ DE AGUA DE PUTUCAY	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO		X	0
MOLLETURO	AGUAS CALIENTES	COMITÉ DE AGUA DE AGUAS CALIENTES	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
MOLLETURO	TAMARINDO	COMITÉ DE AGUA DE TAMARINDO	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO		X	0
NULTI	CABECERA PARROQUIAL	JUNTA PARROQUIAL DE NULTI	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
NULTI	LOMA DE CAPILLA	COMITÉ DE AGUAS DE LOMA DE CAPILLA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
NULTI	APAGORAS	COMITÉ DE AGUA DE APAGORAS	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO		X	0
NULTI	APAGORAS	COMITÉ DE AGUA DE APAGORAS	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	VIRGEN DEL CONSUELO	PROYECTO OCTAVIO CORDERO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	CHACLICAY	JUNTA PARROQUIAL DE OCTAVIO CORDERO	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	CHACLICAY	JUNTA PARROQUIAL DE OCTAVIO CORDERO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	VIRGEN DE LA NUBE	PROYECTO OCTAVIO CORDERO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
PACCHA	SAN MIGUEL DE BAGUANCHI	PROYECTO LANCON	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
PACCHA	SAN MIGUEL DE BAGUANCHI	PROYECTO LANCON	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
PACCHA	TY	PROYECTO PEÑASOL	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
PACCHA	AUSHANGATA	PROYECTO PEÑASOL	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
QUINGEO	MACAS	PILLACHIQUIR DE QUINGEO	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN	X		1,6



PARROQUIA RURAL	NOMBRE DE LA COMUNIDAD	SECTOR Y/O PLANTA DE TRATAMIENTO	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	PRESENCIA DE CLORO LIBRE		RESULTADO CLORO LIBRE RESIDUAL EN mg/l (miligramos por litro)
				SI	NO	
QUINGEO	MACAS	PILLACHIQUIR DE QUINGEO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		1,2
QUINGEO	MACAS ALTO	ÑUÑUZHINA	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
QUINGEO	MACAS ALTO	ÑUÑUZHINA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCION		X	0
RICAURTE	CRISTAL LA TRONCAL	JUNTA DE PARROQUIAL DE RICAURTE	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCION	X		0,8
RICAURTE	POTOSI LA NORMA	COMITÉ DE AGUA DE POTOSI	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO	X		0,5
RICAURTE	BUENA VISTA EL PARAISO	COMITÉ DE AGUA BUENA VISTA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCION		X	0
RICAURTE	POTOSI LA NORMA	COMITÉ DE AGUA POTOSI	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCION	X		0,2
SANTA ANA	GORDELEG	PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA JUNTA PARROQUIAL DE SANTA ANA	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCION		X	0
SANTA ANA	GORDELEG	PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA JUNTA PARROQUIAL DE SANTA ANA	ESCUELA FISCAL MIXTA ALFONSO MARIA BORRERO		X	0
SANTA ANA	BELLAUNION	PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAUNION	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCION	X		0,3
SANTA ANA	BELLAUNION	PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAUNION	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCION	X		0,3
SAYAUSI	BUENOS AIRES	JUNTA DE AGUA CABOGANA	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCION		X	0
SAYAUSI	BUENOS AIRES	JUNTA DE AGUA CABOGANA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCION		X	0
SAYAUSI	BELLAVISTA ALTA	JUNTA DE AGUA DE CHUALLACO	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCION		X	0
SAYAUSI	BELLAVISTA ALTA	JUNTA DE AGUA DE CHUALLACO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
SIDCAY	SAN JOSE	JESUS DEL GRAN PODER	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
SIDCAY	SAN JOSE	JESUS DEL GRAN PODER	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
SIDCAY	BIBIN	JUNTA DE AGUA DE SIDCAY	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCION		X	0



PARROQUIA RURAL	NOMBRE DE LA COMUNIDAD	SECTOR Y/O PLANTA DE TRATAMIENTO	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	PRESENCIA DE CLORO LIBRE		RESULTADO CLORO LIBRE RESIDUAL EN mg/l (miligramos por litro)
				SI	NO	
SIDCAY	BIBIN	JUNTA DE AGUA DE SIDCAY	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
SININCAY	MIRAFLORES	JUNTA PARROQUIAL DE SININCAY	SALIDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO	X		0,7
SININCAY	MIRAFLORES	JUNTA PARROQUIAL DE SININCAY	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
SININCAY	MAYANCELA	COMITÉ DE AGUA DE MAYANCELA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		1,2
SININCAY	EL SALADO	COMITÉ DE AGUA EL SALADO	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
TARQUI	ZHUCAY	JUNTA DE AGUA ZHUCAY	ESCUELA HORACIO VEGA	X		0,25
TARQUI	TUTUPALI GRANDE	COMITÉ DE AGUA TUTUPALI	ESCUELA JUAN CONTRERAS		X	0
TARQUI	TUTUPALI CHICO	COMITÉ DE AGUA TUTUPALI	ESCUELA FRANCISCO MOSCOSO		X	0
TARQUI	CABECERRA PARROQUIAL	JUNTA DE AGUA DE TARQUI	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
EL VALLE	TOTORACOCHA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE TOTORACOCHA	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
EL VALLE	TOTORACOCHA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE TOTORACOCHA	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
EL VALLE	PAREDONES	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PAREDONES	DOMICILIO DE PRIMER PUNTO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
EL VALLE	PAREDONES	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PAREDONES	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
VICTORIA DEL PORTETE	CABECERA PARROQUIAL	JUNTA PARROQUIAL DE VICTORIA DEL PORTETE	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
VICTORIA DEL PORTETE	SAN AGUSTIN	JUNTA PARROQUIAL DE VICTORIA DEL PORTETE	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0
VICTORIA DEL PORTETE	PORTETE	COMITÉ DE AGUA DE PORTETE	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN	X		0,3
VICTORIA DEL PORTETE	SAN VICENTE DE ARRAYAN	COMITÉ DE AGUA DE SAN VICENTE	DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCIÓN		X	0



Según los datos de la tabla 12, que se trata de los datos obtenidos de pacientes de las comunidades en donde se realizó el muestreo, que fueron atendidos en unidades del Ministerio de Salud Pública con diagnósticos de enfermedades diarreicas agudas, enfermedad consecuente de la ingesta de agua no apta para consumo humano (durante el trimestre de muestreo), se correlaciona estadística los datos y se ratificará el análisis del efecto toxicológico descrito en el Capítulo III.

Tabla 12 PACIENTES DE LAS COMUNIDADES EN DONDE SE REALIZO EL MUESTREO, ATENDIDOS EN UNIDADES DEL MINISTERIO DE SALUD PUBLICA CON DIAGNOSTICOS DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS, ENFERMEDAD CONSECUENTE DE LA INGESTA DE AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO (DURANTE EL TRIMESTRE DE MUESTREO)				
PARROQUIA RURAL	NÚMERO DE PACIENTES ATENDIDOS POR MES			TOTAL DE PACIENTES ATENDIDOS EN EL TRIMESTRE
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
BAÑOS	25	0	6	31
CHECA	16	4	4	24
CHIQUINTAD	26	14	6	46
CUMBE	15	18	6	39
EL VALLE	32	26	15	73
LLACAO	16	15	11	42
MOLLETURO	30	27	14	71
NULTI	26	3	18	47
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	14	31	17	62
PACCHA	24	19	15	58
QUINGEO	8	3	7	18
RICOURTE	13	9	6	28
SANTA ANA	6	22	19	47
SAYAUSI	31	7	13	51
SIDCAY	12	13	9	34
SININCAY	15	5	4	24
TARQUI	11	12	9	32
VICTORIA DEL PORTETE	11	8	11	30

(18)



A continuación, una visión general de la calidad del agua que consumen los habitantes de las comunidades de las 18 parroquias rurales del cantón Cuenca, considerando la cantidad de cloro que tiene el agua que consumen estas comunidades (Descripción completa en el punto 4.3).

Se ha considerado únicamente parroquias que hasta el momento no cuentan con agua potable, por lo que, no constan en la lista, Turi y San Joaquín; tampoco se ha tomado en cuenta la parroquia de Chaucha por tener la menor densidad poblacional.

En la tabla 13, Se representa el valor obtenido de la concentración de cloro libre residual en las aguas muestreadas por parroquia rural y los datos que se presentan corresponden al promedio de las 4 muestras existentes por parroquia, en miligramos de Cloro por litro.

Tabla 13 Promedio del valor obtenido de la concentración de cloro libre residual en las aguas muestreadas por parroquia rural	
Parroquia	Cloro (mg/l.)
Quingeo	0,7
Sinincay	0,475
Chica (Jidcay)	0,45
Ricaurte	0,325
Baños	0,3
Chiquintad	0,25
Llacao	0,25
Cumbe	0,25
Santa Ana	0,075
Victoria del Portete	0,075
Tarqui	0,0625
Sayausi	0
Sidcay	0
Octavio Cordero Palacios	0
Paccha	0
Nulti	0
El Valle	0
Molleturo	0

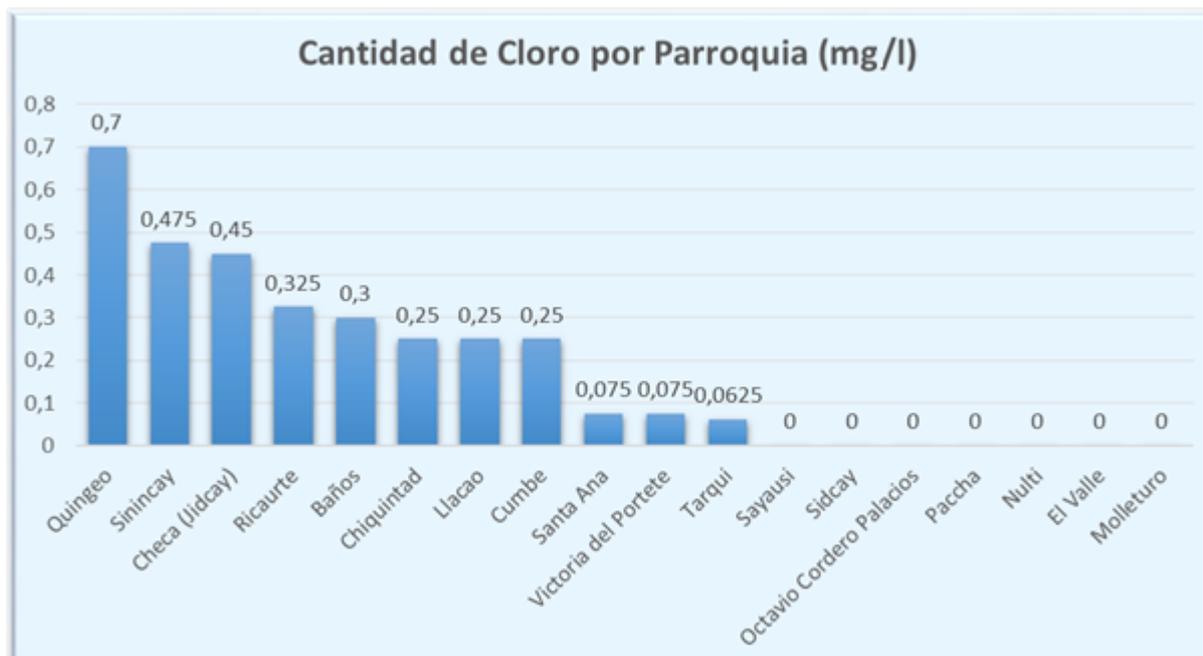


Figura 5 Promedio de la cantidad de cloro libre residual por parroquia rural

Si bien es importante ubicar la parroquia rural y relacionarla con la calidad de agua que consume, también nos interesa aproximar la cantidad de habitantes que estarían consumiendo esta agua, representado en la tabla 14. Para ello tomamos los datos del Instituto nacional de estadísticas de Censos (INEC), provenientes del último censo nacional de población y vivienda realizado en el año 2010, en lo referente al total de habitantes por parroquia rural del cantón Cuenca. Los datos indicados corresponden al total de habitantes de cada parroquia, sin embargo cabe aclarar que el muestreo, se realizó en aguas tratadas de comunidades de las parroquias, sin embargo no existe datos sobre el número de habitantes de cada comunidad de cada parroquia, por lo tanto no significa que el 100% de los habitantes aquí indicados este consumiendo el agua con el porcentaje de cloro reportado, sin embargo se aproxima a la realidad.



Tabla 14 Aproximación del número de habitantes que estarían consumiendo agua tratada, con los valores del porcentaje de concentración de cloro encontrado en este estudio.

PARROQUIA	Cloro (mg/l)	# Habitantes
Quingeo	0,7	7450
Sinincay	0,475	15859
Checa (Jidcay)	0,45	2741
Ricaurte	0,325	19361
Baños	0,3	16851
Chiquintad	0,25	4826
Llacao	0,25	5342
Cumbe	0,25	5546
Santa Ana	0,075	5366
Victoria del Portete	0,075	5251
Tarqui	0,0625	10490
Sayausi	0	8392
Sidcay	0	3964
Octavio Cordero Palacios	0	2271
Paccha	0	6467
Nulti	0	4324
El Valle	0	24314
Molleturo	0	7166

Según los datos del INEC, el número de habitantes total del cantón Cuenca es de 505.585 y de este total el 34,36% corresponde a los habitantes de las parroquias rurales significando un total de 173.697 habitantes.

Este estudio abarcó 18 de las 21 parroquias rurales, lo que significó un alcance del 89,80% de los habitantes de las parroquias rurales y numéricamente significa 155.981 habitantes. De este total, y de acuerdo a la tabla y a la explicación precedente, aproximadamente 93.719 habitantes están ingiriendo agua no apta de consumo humano, ya que el valor promedio de Cloro Libre Residual está por debajo del límite mínimo permisible según la Norma INEN de referencia para Agua Potable 1108 en donde indica que el límite mínimo es 0,3mg/l y el límite máximo es 1,5mg/l.

La figura 6, muestra el porcentaje de habitantes de las parroquias rurales muestreadas, que ingieren agua que no cumplen con los estándares de cloro libre

residual dada por el INEN, y corresponden al 60%, mientras que únicamente el 40% de los habitantes, cuentan con agua apta para el consumo humano, en cuanto a las concentraciones de cloro libre residual.

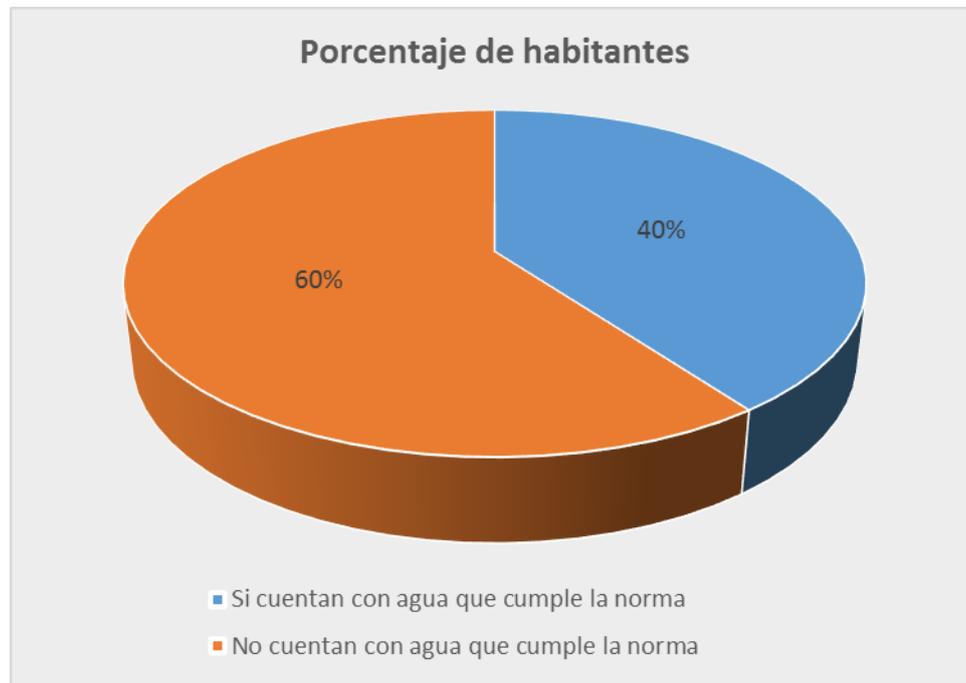


Figura 6 Porcentaje de habitantes de las parroquias rurales muestreadas, que ingieren agua dentro y fuera de los estándares de cloro libre residual dadas por el INEN

Solo 5 de las 18 parroquias rurales estudiadas del cantón Cuenca, cuentan con agua que cumple con la norma INEN de referencia, respecto a la cantidad de cloro libre y que apenas equivale al 27,7% de las ellas, cumpliendo con la primera parte del objetivo general de esta investigación.

5.1 ANÁLISIS POR ZONAS

Se ha agrupado varias parroquias geográficamente cercanas y se ha obtenido un promedio de la cantidad de cloro en sus aguas. Realizaremos un análisis por zonas geográficas de ubicación de cada parroquia en relación al cantón Cuenca.

Zona 1 (Sector oeste): Molleturo, Sayausí, Baños.

Zona 2 (Sector norte): Checa, Chiquintad, Sidcay, Sinincay, Octavio Cordero Palacios, Llaoca y Ricaurte.

Zona 3 (Sector este): Paccha, Nulti, El Valle y Santa Ana.

Zona 4 (Sector sur): Tarqui, Victoria del Portete, Cumbe y Quingeo.

Tabla 15 Resultados de promedio de la concentración de cloro libre residual por zonas

ZONA	Promedio cloro libre residual (mg/l)
1	0,1
2	0,25
3	0,075
4	0,272

El gráfico muestra que ninguna de las zonas, en promedio; cuentan con la cantidad necesaria de cloro libre residual en el agua. Si bien la zona 4 (sector sur) es la región que tiene el mayor nivel, no alcanza los valores dados en la norma. La zona 3 (sector este) tiene los valores menores.

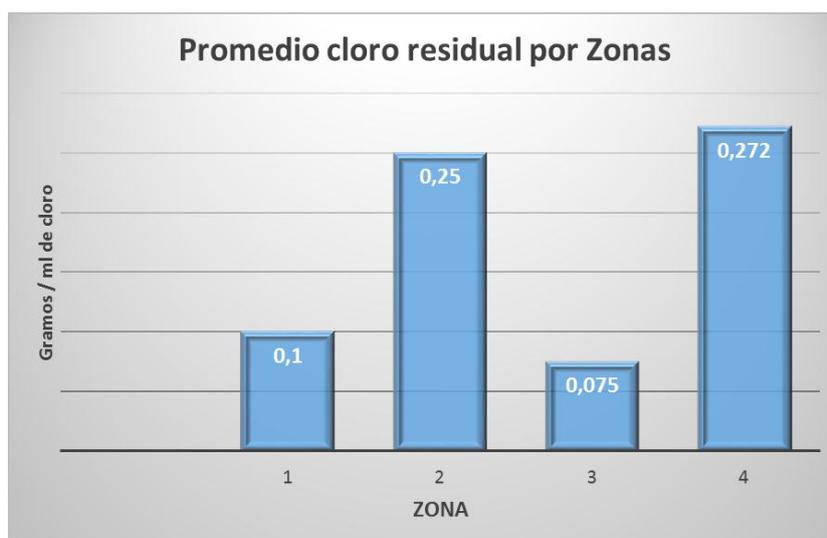


Figura 7 Promedio de cloro libre residual por zonas



5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS POR TIPO DE ADMINISTRACIÓN

Como se explicó detenidamente en el punto 4.5, el tratamiento de las aguas tiene 2 sistemas de administración, las plantas de tratamiento administradas por las Juntas Parroquiales y las plantas de tratamiento administradas por la propia comunidad llamados los Comités o Sistemas de Agua.

En la tabla 15, se muestra los valores de contenido de cloro libre en las aguas administradas por 23 Juntas Parroquiales.

Tabla 16 Valores de contenido de cloro libre residual en las aguas administradas por las Juntas Parroquiales.

PARROQUIA	JUNTA PARROQUIAL A LA QUE PERTENECE EL AGUA MUESTREADA	RESULTADO CLORO RESIDUAL EN mg/l (miligramos por litro)
BAÑOS	JUNTA PARROQUIAL DE BAÑOS	1,1
CUMBE	JUNTA PARROQUIAL DE CUMBE	0
CUMBE	JUNTA PARROQUIAL DE CUMBE	0
CHIQUINTAD	JUNTA PARROQUIAL DE CHIQUINTAD	0
LLACAO	JUNTA PARROQUIAL DE LLACAO	1
NULTI	JUNTA PARROQUIAL DE NULTI	0
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	JUNTA PARROQUIAL DE OCTAVIO CORDERO	0
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	JUNTA PARROQUIAL DE OCTAVIO CORDERO	0
RICAUARTE	JUNTA DE PARROQUIAL DE RICAUARTE	0,8
SANTA ANA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA JUNTA PARROQUIAL DE SANTA ANA	0
SANTA ANA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA JUNTA PARROQUIAL DE SANTA ANA	0
SAYAUSI	JUNTA DE AGUA CABOGANA	0
SAYAUSI	JUNTA DE AGUA CABOGANA	0
SAYAUSI	JUNTA DE AGUA DE CHUALLACO	0
SAYAUSI	JUNTA DE AGUA DE CHUALLACO	0
SIDCAY	JUNTA DE AGUA DE SIDCAY	0
SIDCAY	JUNTA DE AGUA DE SIDCAY	0
SININCAY	JUNTA PARROQUIAL DE SININCAY	0,7
SININCAY	JUNTA PARROQUIAL DE SININCAY	0
TARQUI	JUNTA DE AGUA ZHUCAY	0,25
TARQUI	JUNTA DE AGUA DE TARQUI	0
VICTORIA DEL PORTETE	JUNTA PARROQUIAL DE VICTORIA DEL PORTETE	0
VICTORIA DEL PORTETE	JUNTA PARROQUIAL DE VICTORIA DEL PORTETE	0



El promedio de cloro libre en el agua es de 0,167 mg/l, la junta parroquial de Baños es la que mantiene la mayor cantidad; en tanto que, 18 de las 23 Juntas Parroquiales tienen valores de cero en el agua que administran y corresponde al 78,2%.

La siguiente tabla, muestra el cloro libre residual en aquellas aguas que no son controladas las mismas comunidades y corresponden a comités, sistemas comunitarios, proyectos y otros que se caracterizan por el autocontrol comunitario del agua, sin la intervención de gobiernos parroquiales.

Tabla 17 Valores de contenido de cloro libre residual en las aguas administradas por las Comunidades mediante los Comités o Sistemas de Agua.

PARROQUIA	SECTOR Y/O PLANTA DE TRATAMIENTO	RESULTADO CLORO LIBRE RESIDUAL EN mg/l (miligramos por litro)
BAÑOS	COMITÉ DE AGUA DE LA UNION	0,1
BAÑOS	COMITÉ DE AGUA DE SULIN	0
BAÑOS	COMITÉ DE AGUA DE HUIHIL	0,5
CUMBE	COMITÉ DE AGUA UCURURU	1
CUMBE	COMITÉ DE AGUA DE RAMBRAN	0
CHECA (JIDCAY)	SISTEMA COMUNITARIO DE CHECA	1
CHECA (JIDCAY)	SISTEMA COMUNITARIO DE CHECA	0,8
CHECA (JIDCAY)	COMITÉ DE AGUA DE ABUGA	0
CHECA (JIDCAY)	SISTEMA COMUNITARIO DE CHECA	0,5
CHIQUINTAD	COMITÉ DE AGUA DE SAN ANDRES	0,5
CHIQUINTAD	COMITÉ DE AGUA DE SANTA TERESITA	0,5
CHIQUINTAD	COMITÉ DE AGUA DE SAN ANTONIO	0
LLACAO	COMITÉ DE AGUA DE SHIQUIR	0
LLACAO	COMITÉ DE AGUA DE CHALLUABAMBA DE LLACAO	0
LLACAO	COMITÉ DE AGUA DE CRUZ LOMA	0
MOLLETURO	COMITÉ DE AGUA JESUS DEL GRAN PODER	0
MOLLETURO	COMITÉ DE AGUA DE PUTUCAY	0
MOLLETURO	COMITÉ DE AGUA DE AGUAS CALIENTES	0
MOLLETURO	COMITÉ DE AGUA DE TAMARINDO	0
NULTI	COMITÉ DE AGUAS DE LOMA DE CAPILLA	0
NULTI	COMITÉ DE AGUA DE APAGORAS	0
NULTI	COMITÉ DE AGUA DE APAGORAS	0
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	PROYECTO OCTAVIO CORDERO	0



OCTAVIO CORDERO PALACIOS	PROYECTO OCTAVIO CORDERO	0
PACCHA	PROYECTO LANCON	0
PACCHA	PROYECTO LANCON	0
PACCHA	PROYECTO PEÑASOL	0
PACCHA	PROYECTO PEÑASOL	0
QUINGEO	PILLACHIQUIR DE QUINGEO	1,6
QUINGEO	PILLACHIQUIR DE QUINGEO	1,2
QUINGEO	ÑUÑUZHINA	0
QUINGEO	ÑUÑUZHINA	0
RICAUARTE	COMITÉ DE AGUA DE POTOSI	0,5
RICAUARTE	COMITÉ DE AGUA BUENA VISTA	0
RICAUARTE	COMITÉ DE AGUA POTOSI	0,2
SANTA ANA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAUNION	0,3
SANTA ANA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAUNION	0,3
SIDCAY	JESUS DEL GRAN PODER	0
SIDCAY	JESUS DEL GRAN PODER	0
SININCAY	COMITÉ DE AGUA DE MAYANCELA	1,2
SININCAY	COMITÉ DE AGUA EL SALADO	0
TARQUI	COMITÉ DE AGUA TUTUPALI	0
TARQUI	COMITÉ DE AGUA TUTUPALI	0
EL VALLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE TOTORACOCHA	0
EL VALLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE TOTORACOCHA	0
EL VALLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PAREDONES	0
EL VALLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE PAREDONES	0
VICTORIA DEL PORTETE	COMITÉ DE AGUA DE PORTETE	0,3
VICTORIA DEL PORTETE	COMITÉ DE AGUA DE SAN VICENTE	0

Las aguas administradas por las mismas comunidades, tienen en promedio 0,214mg/l de cloro libre residual. El valor mayor corresponde a Pillachiquir de Quingeo con valores de 1,6. Por otro lado, el 67% de los comités o sistemas tienen valores de cloro libre de cero en sus aguas.

Si comparamos los valores en los dos casos, se concluye que las aguas que son administradas por las Juntas Parroquiales, tienen valores inferiores de cloro y un mayor porcentaje de Juntas que no administran cloro al agua.



5.3 ANÁLISIS DE MEDIAS (ANOVA)

El análisis ANOVA nos permitirá determinar si hay diferencias significativas entre las medias de las distintas zonas.

El siguiente cuadro muestra las medias en las cuatro zonas:

Informe^{1 2}

Cloro

Zona	Media	N	Desv. típ.
1	,1417	12	,33428
2	,2750	28	,39122
3	,0375	16	,10247
4	,2719	16	,51445
Total	,1993	72	,37889

Si bien la tabla muestra valores de las medias distintas para las 4 zonas, esas diferencias podrían deberse al muestro, de ahí que realizaremos una tabla ANOVA (análisis de varianzas) que permite determinar si las medias son iguales o no lo son en la población, para ello, se plantean las hipótesis:

- **Hipótesis nula:** las medias de las cuatro zonas son iguales.
- **Hipótesis alternativa:** las medias de las cuatro zonas son distintas.

La prueba se realiza en el programa SPSS, y se obtiene la siguiente tabla:

¹ Informe obtenido en SPSS versión 19.

² Trabajado en SPSS



ANOVA

Zona

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter- grupos	15,161	11	1,378	1,405	,194
Intra- grupos	58,839	60	,981		
Total	74,000	71			

Al analizar el valor de significancia, 0,194 que es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula, por tanto se acepta la igualdad de las medias con un nivel de confianza del 95%.

Concluimos que no hay diferencia entre las medias de las cuatro zonas analizadas.



5.4 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Esta herramienta nos permite medir la fuerza de relación entre dos variables y se denomina coeficiente de correlación, el mismo que tiene valores que van de 0 a 1 o de 0 a -1, valores cercanos a 0 indican que no hay relación entre las dos variables, es decir que no hay dependencia estadísticamente significativa y valores cercanos a 1 o a -1, nos indican que hay fuerte relación, y la misma dependerá de cuán cercano sea el valor. Los valores positivos o negativos del coeficiente de correlación, indican que la relación es directa o inversamente proporcional. Se espera que al analizar la cantidad de cloro libre residual y el número de casos clínicos de pacientes con enfermedades diarreicas agudas (E.D.A) de residencia en las comunidades muestreadas, la relación sea inversa ya que si hay menos cloro, los casos de enfermedades aumentarían.

Para este análisis, iniciaremos graficando las dos variables que constan en la tabla 18, en un gráfico de dispersión que nos permite observar si existe alguna tendencia:

Tabla 18 Variables: cantidad de cloro libre residual y el número de casos clínicos de pacientes con E.D.A en las comunidades de las parroquias muestreadas.

PARROQUIA RURAL	Concentración de cloro libre en mg/litro	# Pacientes
BAÑOS	0,3	31
CHECA	0,45	24
CHIQUINTAD	0,25	46
CUMBE	0,25	39
EL VALLE	0	73
LLACAO	0,25	42
MOLLETURO	0	71
NULTI	0	47
OCTAVIO CORDERO PALACIOS	0	62
PACCHA	0	58
QUINGEO	0,7	18
RICAURTE	0,325	28
SANTA ANA	0,075	47
SAYAUSI	0	51
SIDCAY	0	34
SININCAY	0,475	24
TARQUI	0,0625	32
VICTORIA DEL PORTETE	0,075	30



Análisis de Regresión:

El coeficiente de regresión, mide la fuerza de relación entre dos variables, el número de pacientes relacionados con la concentración de cloro en el agua.

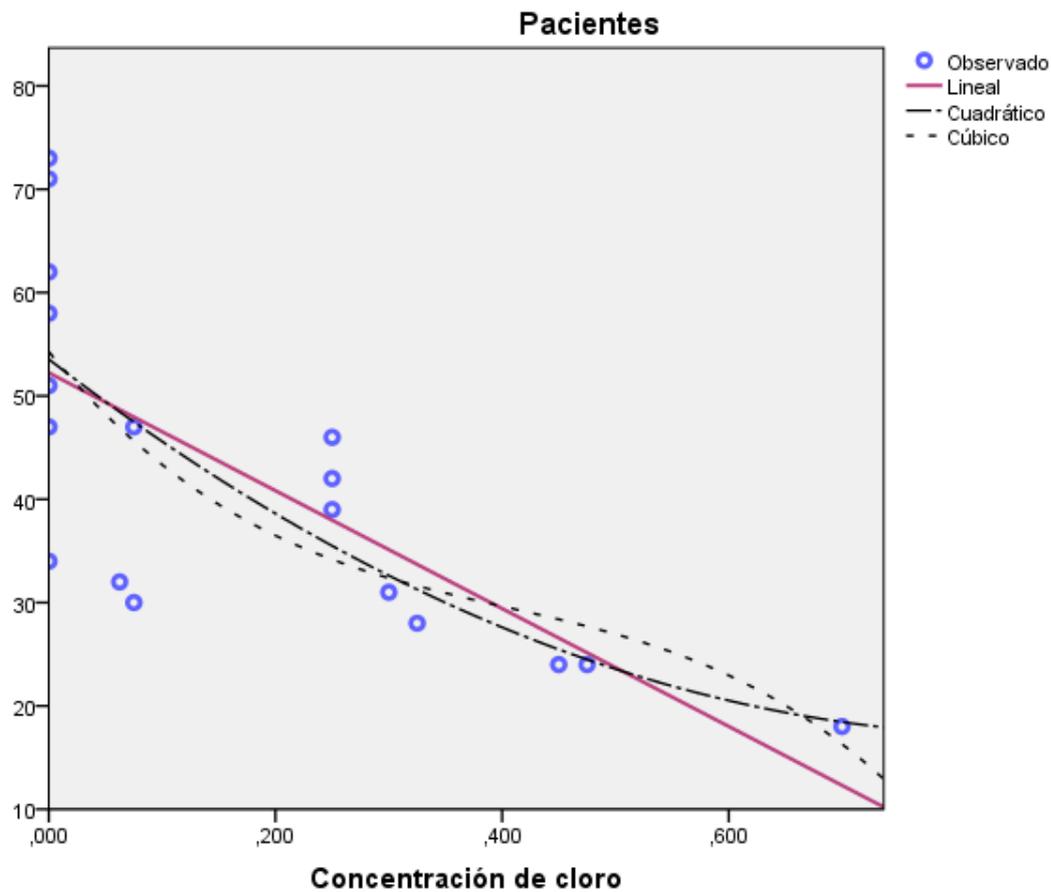
La siguiente tabla muestra el valor del coeficiente de determinación (R^2) que corresponde a $-0,736$, es decir que en un $73,6\%$ su enfermedad es causada por la concentración de cloro libre del agua, y en un $26,4\%$ se deberán a otras causas. Si analizamos el coeficiente de correlación que mide la fuerza de relación entre las dos variables, correspondería a $-0,86$ que significa una relación alta entre las dos variables, considerando que 1 o -1 es la relación ideal (no dado en la realidad) y un valor de 0 , significa que no existe relación entre las dos variables analizadas.

Correlaciones

		Concentración	Pacientes
Concentración de cloro en miligramos/litro.	Correlación de Pearson	1	$-,736^{**}$
	Sig. (bilateral)		,000
	N	18	18
Pacientes	Correlación de Pearson	$-,736^{**}$	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	18	18

** . La correlación es significativa al nivel $0,01$ (bilateral).

El siguiente paso es hallar el modelo matemático que relacione las dos variables y para ello realizaremos el análisis de la gráfica que muestre los datos reales de cada una de las parroquias de la cantidad de pacientes y la concentración de cloro libre en el agua que consumen en su comunidad. Se tomará la variable “pacientes” como variable dependiente y la “concentración” como variable independiente. Se buscará el modelo cuyo valor del coeficiente de determinación corresponda a $-0,736$



Al analizar la gráfica, se observa que los valores reales (puntos en azul) no guardan mayor relación con ninguno de los tres modelos analizados. El modelo logarítmico e inverso no se muestra por cuanto existen valores de 0 y, al no existir la división para cero y tampoco logaritmo de 0 como valores reales, lo que se muestra en la siguiente tabla.



Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros

Variable dependiente: Pacientes

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,542	18,901	1	16	,000	52,234	-57,032		
Logarítmica ^a	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Inversa ^b	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cuadrático	,560	9,546	2	15	,002	53,543	-84,452	49,019	
Cúbico	,569	6,170	3	14	,007	54,279	-134,2627	271,47	-224,541

La variable independiente es Concentración.

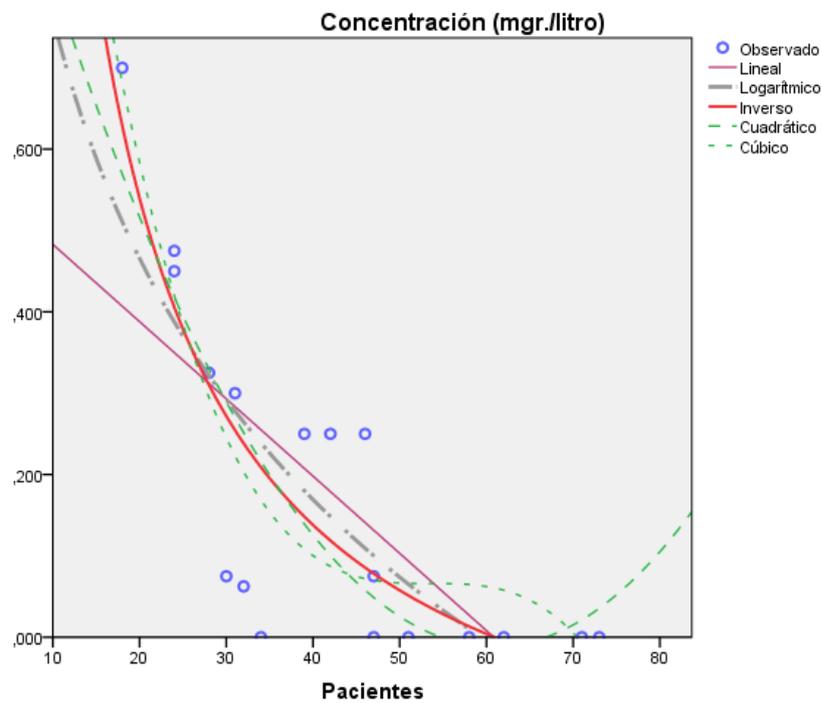
a. La variable independiente (Concentración) contiene valores no positivos. El valor mínimo es ,000. No es posible calcular el modelo logarítmico ni el de potencia.

b. La variable independiente (Concentración) contiene valores de cero. No es posible calcular el modelo inverso ni el de curva S.

En los resultados se observa que no consta el valor de 0,736 hallado en la tabla anterior de correlación y en la observación b, señala que no es posible obtener un modelo logarítmico ni inverso porque no existe la división, ni el logaritmo de cero; por lo tanto, para obtener un modelo cuyo valor de correlación corresponda a 0,736 y evitar la división para cero, procederemos a cambiar la variable independiente; es decir la concentración pasará a ser la variable dependiente para evitar la división para cero.



Los resultados en SPSS, son:



Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros

Variable dependiente: Concentración

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,542	18,901	1	16	,000	,578	-,009		
Logarítmica	,654	30,296	1	16	,000	1,747	-,428		
Inversa	,739	45,208	1	16	,000	-,264	16,069		
Cuadrático	,694	16,992	2	15	,000	1,161	-,039	,000	
Cúbico	,752	14,115	3	14	,000	2,169	-,118	,002	-1,368E-5

La variable independiente es Pacientes.



El modelo que corresponde a una mayor relación entre la concentración y el número de pacientes, corresponde al modelo inverso, cuya función viene dada por:

$f(x) = a + \frac{b}{x}$ y la tabla dada nos muestra los valores de a (constante) y los valores de b (b_1); por lo que el modelo correspondería a:

$f(x) = -2,64 + \frac{16,069}{x}$ en donde $f(x)$ sería la concentración y x , el número de pacientes.

En la realidad, este modelo no es funcional ya que no tiene sentido que la concentración de cloro libre dependa del número de pacientes; es decir, en la práctica lo correcto sería que el número de pacientes atendidos dependen de la concentración de cloro en el agua que consumen; sin embargo, queda demostrado estadísticamente la relación alta que se existe entre las dos variables.

El cuadro también muestra el valor de significancia de 0,000 lo que prueba la hipótesis de que la relación entre las dos variables a nivel de población es cierta, ya que estaría en la zona de rechazo.



CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

El presente trabajo de tesis determinó la presencia o ausencia de Cloro libre residual y su concentración en muestras de agua no potable, tratada por las Juntas Parroquiales o por las Comunidades de 18 parroquias rurales del cantón Cuenca que fueron: Baños, Cumbe, Checa (Jidcay), Chiquintad, Llaqueo, Molleturo, Nulti, Octavio Cordero Palacios, Paccha, Quingeo, Ricaurte, Santa Ana, Sayausi, Sidcay, Sinincay, Tarqui, Valle y Victoria del Portete. Con los datos obtenidos se evidencio en términos generales que las comunidades de las parroquias rurales que consumen el agua tratada, en su mayoría están expuestas diariamente a múltiples problemas de salud que les puede provocar a corto y mediano plazo la ingesta de agua sin cloro, no apta para el consumo humano, ya que de las 72 muestras obtenidas, las 51 muestras, equivalente al 70,83% dieron como resultado un valor de 0 mg/l de cloro libre residual y el 4,16% dio valores inferiores al límite mínimo permisible según normativa que es de 0,3 mg/l, comprobándose de esta manera la primera parte de la hipótesis planteada y únicamente 17 muestras, equivalentes al 23,61% dieron resultados dentro de los valores aceptables de cloro libre residual según normativa que son entre 0,3 mg/l y 1,5 mg/l, para ser apta de consumo humano.

Tomando las cuatro muestras de agua pertenecientes a cada parroquia se realizó el promedio de la concentración de cloro libre en el agua de cada parroquia, y se evidencio datos similares a los analizados de forma individual, ya que con este resultado se vio que 13 de las 18 parroquias rurales muestreadas, están consumiendo agua tratada con valores entre 0mg/l y <0,3mg/l, es decir inferiores al mínimo permisible, y únicamente 5 parroquias dieron resultados con valores de referencia óptimos, y estas fueron: Quingeo con el mayor porcentaje de cloro libre en su agua dando como promedio 0,7 mg/l, seguido de Sinincay con 0,475 mg/l, Checa con 0,45 mg/l, Ricaurte con 0,325 mg/l y Baños con 0,3 mg/l.

Al realizar un análisis de proyección de acuerdo al número de habitantes que estarían consumiendo agua no apta de consumo humano, los resultados obtenidos nuevamente mostraron una prevalencia significativamente superior para habitantes consumidores de agua tratada sin cloro o con concentraciones de cloro libre residual



inferiores al límite permisible, ya que del total de la población rural estudiada, el 60% de habitantes, estaría ingiriendo agua no apta de consumo humano.

Con el objeto de hacer comparaciones por factores comunes entre parroquias, se agruparon todos los datos obtenidos de las parroquias en grupos por zonas según ubicación geográfica (por cercanía, vertientes naturales de agua compartidas), tomando como centro el cantón Cuenca, se obtuvieron cuatro zonas: Zona 1 (Sector oeste): Molleturo, Sayausí, Baños; Zona 2 (Sector norte): Checa, Chiquintad, Sidcay, Sinincay, Octavio Cordero Palacios, Llacao y Ricaurte; Zona 3 (Sector este): Paccha, Nulti, El Valle y Santa Ana y Zona 4 (Sector sur): Tarqui, Victoria del Portete, Cumbe y Quingeo. Luego del análisis de los 4 promedios de la concentración de cloro libre, se obtuvo como resultado que ninguna de las zonas alcanza los valores mínimos permisibles de cloro libre, ya que los 4 valores fueron inferiores a 0,3 mg/l.

Mediante la aplicación de técnicas estadísticas como ANOVA, pudimos llegar a confirmar la tendencia de que nos dieron los análisis de datos anteriores, mediante el análisis de medias y de diferencias significativas. Luego del análisis de las medias de las cuatro zonas llegamos a determinar que no existen diferencias significativas entre las zonas. Además esto también lo determinamos con el valor de significancia obtenido en el análisis.

Otro de los análisis que se realizó, fue el análisis de resultados dependientes del tipo de administración, o del tipo de responsables del tratamiento de las aguas en las parroquias. Estos tratamientos de agua tienen dos tipos de administraciones, la primera son las plantas de tratamiento de agua administradas por las Juntas Parroquiales, estas Juntas son elegidas por votación popular, como se indicó anteriormente, tienen proyecto obligatorio y a su vez un presupuesto estatal para el tratamiento del agua que van a utilizar las comunidades de las parroquias que aún no tienen agua potable, existe, por lo general, una o varias personas contratadas por la junta para realizar el tratamiento de las aguas y el mantenimiento adecuado de las plantas. La otra forma de administración son los Comités o Sistemas de Agua, y que por lo general se da en las parroquias grandes en territorio, en donde hay comunidades que no tienen agua potable, y que tampoco les abastece en agua tratada por las Juntas Parroquiales, estos Comités o Sistemas son creados y administrados



por la misma comunidad y sin presupuesto estatal, sino que se autofinancia la misma comunidad, por lo general hay uno o dos responsables del tratamiento del agua, que es parte de la misma comunidad y no recibe salario. Durante el proceso de toma de muestras lo que esperaba encontrar es que el tratamiento que da las Juntas Parroquiales sea más eficiente que el tratamiento que da los Comités o Sistemas de Agua, en cuanto a cloración, sin embargo en base a los resultados obtenidos esto no fue así, y luego del análisis de datos hay una notoria diferencia en donde se evidencia que en promedio el agua tratada por las mismas comunidades mediante sus Comités o Sistemas de Agua es relativamente de mejor calidad que el agua tratada por las Juntas Parroquiales. Esto podemos asumir que se trata por que las personas que más necesitan del agua tratada, son las personas de las comunidades y su tratamiento lo hacen a conciencia ya que ellos mismos van a ser quienes consuman esa agua, en cambio podemos pensar que las Juntas Parroquiales, al ser un gobierno local, no es quien consume esa agua sino da únicamente el servicio y este no es controlado.

Como una segunda etapa, y luego de los análisis realizados a los datos individuales o agrupados obtenidos, nos es de suma importancia relacionarlos con los pacientes que fueron atendidos en unidades del Ministerio de Salud Pública, con presencia de signos, síntomas y enfermedades diarreicas agudas, que son las enfermedades que directamente se relacionan con la ingesta y uso de agua no apta para consumo humano.

Se realizó un análisis de correlación para medir la fuerza de relación que existe entre los valores obtenidos de concentración de cloro libre residual en el agua analizada y los pacientes atendidos en el Ministerio de Salud por causas relacionadas con la ingesta de estas aguas, que según los datos del E.P.I son la segunda causa de morbilidad, para de esta manera llegar a conclusiones y ratificar el efecto toxicológico analizado, que el consumo humano de estas aguas provoca.

Luego del análisis de correlación entre las dos variables “pacientes” y “concentración de cloro”, se verifica que existe una alta relación inversa entre las 2 variables, esto quiere decir que a menor cantidad de cloro libre residual en el agua tratada, mayor cantidad de pacientes han sido tratados, y se comprueba una vez más el efecto toxicológico que el consumo de agua no apta para consumo humano está provocando



en las comunidades de las parroquias rurales del cantón Cuenca, y queda demostrada la hipótesis planteada completamente.

Otros de los objetivos planteados, fue comparar los datos recolectados y analizarlos con estudios similares hechos en el país o región, y a continuación planteamos dos estudios similares.

Desde el último trimestre del año 2010, el Departamento de Vigilancia Sanitaria de la Dirección Provincial de Salud del Azuay, puso en marcha el Proyecto “Agua Segura”, que tenía como objetivos principales la determinación de Cloro libre residual en aguas tratadas de comunidades de la provincia del Azuay y la Capacitación a los responsables de su tratamiento y a las juntas parroquiales, tomando como herramienta de capacitación el Manual de vigilancia y control de la calidad del agua, en el cual se detallan todas las formas de tratamiento comunitario de agua no potable y la forma correcta de dosificación de Cloro. Dicho proyecto arrojó cifras similares a esta tesis, cuyo factor común fue que los tratamientos que se realizaban en el agua no se estaban realizando correctamente, y el agua que consumían las poblaciones sin acceso a agua potable, no contenían Cloro libre residual, en su mayoría. No existe un informe final realizado de este proyecto hasta la fecha, sin embargo estos datos fueron tomados del departamento de vigilancia sanitaria de la Dirección Provincial de Salud, y de los archivos de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, que autorizaron a revisar los resultados de los análisis realizados en este proyecto.

Sin embargo, cuatro años después desde el inicio de este proyecto, se demuestra con los resultados obtenidos, que las poblaciones rurales siguen consumiendo agua no apta para consumo humano, resultado de que los responsables del tratamiento de estas aguas, después de las capacitaciones dadas por la Dirección de Salud, aun no logran hacer un adecuado sistema tratamiento al agua.

Otro estudio que citado, que tiene íntima relación con este trabajo, es el artículo “SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN HOGARES DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS EN PERÚ, 2007-2010”, realizado en Perú, cuya muestra total comprendió 3756 niños menores de cinco años. Para este artículo, se incluyó la evaluación de cloro en muestras de agua correspondiente a 3570 hogares, distribuidos por ámbitos de la siguiente manera: Lima metropolitana 666; resto de



costa 755; sierra urbana 703; sierra rural 667 y selva 779. Asimismo, desde noviembre de 2008 evaluaron la presencia de coliformes totales y *E. coli* en 2310 hogares, según la siguiente distribución: Lima Metropolitana 445; resto de costa 510; sierra urbana 479; sierra rural 393 y selva 483. Los resultados publicados fue que la proporción nacional de niños menores de cinco años que residen en hogares con cloro libre adecuado en el agua para consumo, alcanza a 19,5% del total, mientras que la correspondiente a agua libre de coliformes y *E. coli* asciende a 38,3%. Existe una marcada diferencia de los resultados por área de residencia (los ámbitos más afectados fueron sierra rural y selva), red pública domiciliaria dentro de la vivienda y quintiles de ingreso. La conclusión a este artículo fue que existe una gran desventaja en los niños menores de cinco años provenientes de hogares pertenecientes al área rural y en extrema pobreza, para acceder al consumo de agua de calidad. Esta situación representa un serio problema para el control de las enfermedades diarreicas y la desnutrición infantil.



CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos se analizó y evidencio el riesgo toxicológico al que están expuestas diariamente las poblaciones y comunidades de las parroquias rurales del cantón Cuenca, ya que más del 60% de la población en estudio ingieren agua no apta para el consumo humano, que se convierte en el tóxico, de mayor consumo en estas comunidades, y al no tener un tratamiento adecuado de filtración y una correcta dosificación de cloro, contendrá diversos tóxicos químicos y biológicos.

La causa principal de la falta de cloro en el agua es el incorrecto e inadecuado tratamiento que se da al agua en las parroquias rurales, y que es más notable en las aguas tratadas administradas por las Juntas Parroquiales que en el agua tratada administrada por las mismas Comunidades

Las enfermedades diarreicas agudas, relacionadas con la ingesta de agua no apta para consumo humano, son la segunda causa de Morbilidad y asistencia de pacientes provenientes de las parroquias rurales, a centros, subcentros y unidades del Ministerio de Salud. Por lo tanto estas enfermedades se convierten en el mayor efecto toxicológico provocado por el consumo de las aguas muestreadas en este estudio. Dados los resultados obtenidos se demostró la relación de que el número de pacientes atendido con E.D.A en el Ministerio de Salud aumentan cuando la concentración de cloro en el agua disminuye.

Dados los resultados de esta investigación, queda comprobada la hipótesis planteada, al inicio de este proyecto *“Al menos la mitad de las muestras de agua tomadas en las parroquias rurales del cantón Cuenca, no presentan Cloro libre residual y/o no presentan una dosificación correcta de cloro, por lo tanto causará efectos toxicológicos en la comunidad que la consume”*, ya que más del 70% de las muestras tomadas, carecen de Cloro libre residual, y el consumo de esta agua provoca enfermedades diarreicas agudas, como efecto toxicológico predominante.



7.2. RECOMENDACIONES

Al ser el limitado acceso de agua potable en las parroquias rurales un problema de pobreza evidente y desigualdad social entre áreas urbanas y rurales, es responsabilidad del Estado según nuestra Constitución, garantizar el acceso a agua de calidad, por lo tanto:

- a) Por intermedio de las instituciones Públicas relacionadas y el Ministerio de Salud, se debe dar intervención, seguimiento y sostenibilidad a los proyectos en marcha.
- b) Gestión de recursos suficientes para nuevos proyectos de control de calidad de agua con personal capacitado, equipo necesario y acceso a servicios a la población.
- c) Involucrar directamente a las comunidades en la participación de estos proyectos con un enfoque de capacitación a un autocuidado, protección y buen vivir.
- d) Difusión continua, al menos a la población involucrada, de los resultados de la calidad de agua que consumen.
- e) Cumplimiento de cronogramas establecidos.
- f) Optimizar el acceso de la población que necesita control de calidad de agua de su consumo.
- g) Concientizar a la población rural de la importancia del consumo de agua de calidad.
- h) Recordar a la comunidad y a todos los actores sociales, que el acceso de la población a agua de calidad es un derecho que debe ser garantizado.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Constitución Política del Ecuador, Artículo 12, 66, 71 y 318, 2008
2. Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Manual de vigilancia y control de la calidad del agua, Quinta Edición, Abril 2010. p1, 2, 15 y 27
3. MIRANDA, ARAMBURU, JUNCO, CAMPOS, Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, Scielo Perú, Lima 2010.
4. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NTE INEN 1108 Agua Potable. Requisitos, Quinta revisión, enero 2014.
5. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, Informe sobre Desarrollo Humano, 2006. p 80, 81
6. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, Informe sobre Desarrollo Humano, 2006.
7. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad, Guías para la calidad del agua potable, Segunda Edición, Ginebra 1998. p 1, 2, 3
8. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Medición del cloro residual en el agua, Guía técnica No. 11 – Revisión mayo 2009.
9. RAMIREZ Quiros Francisco, Desinfección del agua con cloro y cloraminas, diciembre 2005.
10. ALCALDIA DE CUENCA, División Política, tomado de <http://www.cuenca.gov.ec/> , 5 de noviembre de 2014
11. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS, Censo de población y vivienda (CPV 2010).
12. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Nota descriptiva N°330, Abril de 2013
13. GRATEROL Rafael, Escuela de Derecho, Facultad de Ciencias Jurídicas, Políticas y Criminológicas, Universidad de Los Andes, Mérida – Venezuela, 2011.



14. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR, Zona 6 de Salud, Datos proporcionados por el Departamento de Planificación y Estadística (Datos en Validación)
15. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición, Volumen 1, 2006
16. A. SÁNCHEZ ZAFRA, Efectos de los trihalometanos sobre la salud, Higiene, Sanidad, Ambiente 8: 280-290, España, 2008
17. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, TOXICOLOGICAL PROFILE FOR CHLORINE, Atlanta-EEUU, 2010.
18. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR, Zona 6 de Salud, Datos proporcionados por los subcentros de Salud de la parroquias rurales (Datos en Validación)



ANEXOS



ANEXOS 1 MANUAL DE USO DEL KIT HANNA INSTRUMENTS®

Manual de Instrucciones

HI 3875 Cloro Libre Rango Medio Test Kit con Checker Disc



www.hannainst.es

Estimado Cliente,

Gracias por elegir un Producto Hanna.

Si desea leer las instrucciones detenidamente antes de utilizar el Test de Análisis Químico para, de ese modo, tener la información necesaria para el correcto uso del mismo. Si necesitan información adicional no dude en enviarnos un correo electrónico a sart@hannainst.com

Desembale el kit y exáminelo minuciosamente para asegurarse de que no ha sufrido daños durante el transporte. Si hay algún desperfecto, notifíquelo inmediatamente a su Distribuidor o al Servicio de Atención al Cliente de Hanna más cercano.

Cada kit va equipado con:

- Reactivo Cloro Libre HI 93701-0, paquetes (100 u.);
- Agua desionizada, 1 botella (500 ml);
- 1 checker disc (contiene el disco);
- 2 vidrios de cristal con tapas;
- 1 pipeta de plástico (3 ml).

Nota: Todo artículo defectuoso ha de ser devuelto en su embalaje original.

ISTR3875 02/00 PRINTED IN ITALY

ESPECIFICACIONES

Rango	0 a 3,5 mg/l (ppm) como Cloro Libre
Incremento Mínimo	0,1 mg/l
Método de Análisis	Colorimétrico
Cantidad muestra	5 ml
Número de Tests	100
Dimensiones Caja	235x175x115 mm
Peso de embalaje	984 g

TRANSCENDENCIA Y USO

El Cloro es el desinfectante de agua más comúnmente usado en aplicaciones que van desde el tratamiento de agua potable y agua residual, esterilización de piscinas y hospitales, hasta el procesado y esterilización de los alimentos. El Cloro presente en el agua se mezcla con los bacterias, dejando solo una parte de la cantidad original (cloro libre) para continuar con su acción desinfectante. Si el nivel de cloro libre no es el adecuado con respecto al pH, el agua tendrá un olor y sabor desagradables y el potencial desinfectante del cloro se verá disminuido.

El cloro libre reacciona con los iones de amonio y compuestos orgánicos hasta formar compuestos de cloro que dan como resultado una disminución en la capacidad de desinfección en comparación con el cloro libre. Los compuestos de cloro junto con los cloraminas forman el cloro combinado. El cloro combinado junto con el cloro libre dan como resultado el cloro total.

Añentras que el cloro libre tiene un potencial desinfectante mucho mayor, el cloro combinado tiene una estabilidad mucho más alta y una menor volatilidad.

Nota: mg/l equivale a ppm (partes por millón).

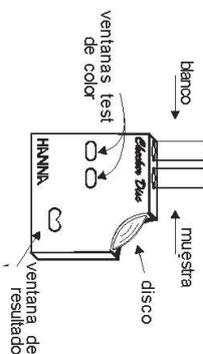
REACCION QUIMICA

La reacción entre el cloro y el reactivo DPD origina una coloración rosa en la muestra que es proporcional a la concentración de cloro.

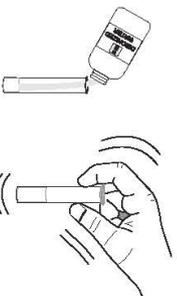
INSTRUCCIONES

LEA TODAS LAS INSTRUCCIONES ANTES DE USAR EL KIT

- Use la pipeta para llenar cada vial de cristal con 5 ml de muestra (hasta la marca).
- Inserte uno de los vidrios en el orificio izquierdo del checker disc. Este es el blanco.



- Ayuda el otro vial agua desionizada hasta la marca de 10 ml. Coloque la tapa y agite para mezclar.

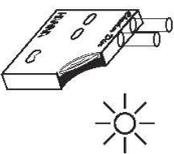


- Retire la tapa y añada 1 paquete de reactivo HI 93701-0. Coloque la tapa y mezcle. Esto es la muestra tratada.

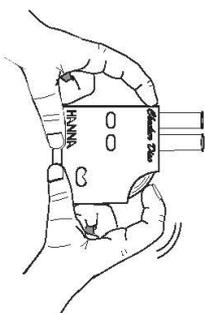


- Quite la tapa e inserte la muestra tratada en el orificio derecho del checker disc.

- Sujete el checker disc de forma que una fuente de luz ilumine los mostradores desde la parte posterior de las ventanas.



- Mantenga el checker disc a una distancia de 30-40 cm de los ojos para comparar el color. Haga girar el disco mientras mira a las ventanas de test de color y pare cuando el color coincide. Lea el valor en la ventana de resultado directamente en mg/l (o ppm) de Cloro.



Para lograr los mejores resultados: Realice la lectura tres veces y coja el valor medio (divida entre 3 la suma de los tres números). Los mostradores intrínsecamente coloreados facilitan la comparación de color y deben ser rotados adecuadamente antes de realizar el test. La materia suspendida en grandes cantidades deberá ser eliminada mediante filtrado previo.

Atención: La radiación ultravioleta puede hacer que los colores se apen. Cuando no lo esté utilizando, mantenga el disco protegido de la luz en un lugar seco y fresco.

Interferencias: bromo, yodo, flúor, ozono, manganeso y como oxidados.

REFERENCIAS

Adaptación del método DPD 330 5 recomendado por EPA.

SEGURIDAD E HIGIENE

Las sustancias químicas que contiene este kit pueden resultar peligrosos si son manipuladas de forma inadecuada. Lea la Hoja de Seguridad e Higiene correspondiente antes de realizar este test.



ANEXOS 2 KIT HANNA INSTRUMENTS®



KIT HANNA INSTRUMENTS®



**ANEXOS 3 MEDICIÓN DEL CLORO RESIDUAL EN EL AGUA,
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – ORGANIZACIÓN
MUNDIAL DE LA SALUD**

Medición del cloro residual en el agua



Organización Mundial de la Salud

La importancia del cloro en el agua

La mayoría de las enfermedades más comunes que se encuentran en comunidades traumatizadas después de un desastre, están relacionadas con el consumo de agua contaminada. La contaminación se puede dar por microorganismos (tabla 1) o por productos químicos naturales o hechos por el hombre (tabla 2). Esta hoja informativa se concentra en los problemas causados por el consumo de agua contaminada con microorganismos, puesto que son de lejos los más comunes y se pueden reducir con la cloración. La contaminación química es difícil de tratar y requiere conocimiento y equipos especializados.

Tabla 1. Enfermedades relacionadas con el consumo de agua

Diarrea*
Fiebre tifoidea*
Hepatitis*
Cólera*

**El agua contaminada no es la única causa de estas enfermedades; la cantidad de agua, la falta de saneamiento y las malas prácticas de higiene también juegan un papel importante.*

Tabla 2. Algunos contaminantes químicos del agua para consumo que pueden ser perjudiciales para la salud

Arsénico	Flúor
Cadmio	Plomo
Cromo	Mercurio
Cianuro	

Las personas que viven en el mismo lugar durante toda su vida y consumen regularmente agua contaminada, pueden volverse algo resistentes a los contaminantes y sufrir pocos problemas de salud o ninguno. Sin embargo, las comunidades afectadas por una emergencia son muy diferentes.

Las emergencias tienen tres efectos relevantes en las personas:

- obligan a las personas a mudarse a otros lugares donde la calidad del agua puede ser diferente de la que consumen normalmente y para la que no poseen inmunidad;
- obligan a las personas a vivir en malas condiciones, como en tiendas o en construcciones temporales, lo que les hace difícil mantener buenas prácticas de higiene, y
- afectan su dieta, generalmente reducen su valor nutricional, y las hace más vulnerables a las enfermedades.

Por eso es tan importante que todas las personas afectadas por la emergencia reciban agua de muy buena calidad.

Existen muchas formas para mejorar la calidad del agua para consumo. Las más comunes son la decantación y el filtrado, seguidas por la desinfección (las dos primeras se discuten en otras notas de esta serie). La eliminación de los organismos patógenos y la desinfección se pueden lograr de muchas formas, pero la más común es mediante la adición de cloro. Sin embargo, el cloro sólo actúa de forma correcta si el agua está limpia (caja 1).

Cloro residual

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama *cloro libre* (figura 1). El cloro libre permanece en el agua hasta

Medición del cloro residual

perdersen en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación.

Caja 1. Cómo actúa el cloro

Cuando se añade cloro, éste purifica el agua al destruir la estructura celular de los organismos, lo cual los elimina. Sin embargo, este proceso sólo funciona si el cloro entra en contacto directo con los organismos. Si el agua contiene lodo, las bacterias se pueden esconder dentro del mismo y no son alcanzadas por el cloro.

El cloro necesita cierto tiempo para destruir todos los organismos. En agua a una temperatura mayor de 18°C, el cloro debe estar en contacto con el agua, al menos, durante 30 minutos. Si el agua está más fría, el tiempo de contacto se debe incrementar.

Por esta razón, es normal que se le añada cloro al agua apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor.

La efectividad del cloro también se ve afectada por el pH (acidez) del agua. La cloración no es efectiva si el pH es mayor de 7,2 o menor de 6,8.

Por esta razón, si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados del agua y, por lo tanto, es seguro consumirla. A este procedimiento lo conocemos como medición del *cloro residual*.

La medida del cloro residual en un suministro de agua es un método simple pero importante para revisar si el agua que se suministra es segura para beber.

Cuándo y dónde se analiza el agua

El cloro se usa como desinfectante con mayor frecuencia cuando el agua se suministra mediante tuberías. La cloración regular de otros suministros de agua es difícil y se reserva usualmente para la desinfección después de la reparación y el mantenimiento.

Generalmente, el cloro residual se determina en los siguientes puntos:

- inmediatamente después de que se ha añadido el cloro al agua para revisar que el proceso de cloración esté funcionando;
- en el sitio de entrega al público más cercano al punto de cloración, para verificar que los niveles de cloro residual estén dentro de los límites establecidos (entre 0,5 y 0,2 mg/L);
- en el punto más lejano de la tubería, donde probablemente los niveles de cloro residual sean los más bajos. Si los niveles de cloro se encuentran por debajo de 0,2 mg/L, es necesario añadir más cloro en un punto intermedio de la red de tuberías.

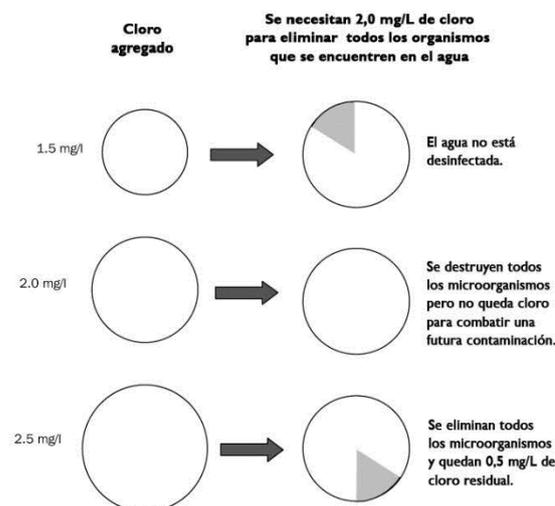


Figura 1. Efecto del cloro residual

Precaución: todas las formas de cloro son perjudiciales para la salud. Evite el contacto con la piel y la inhalación de los vapores que de él se desprenden. El cloro siempre debe almacenarse en recipientes fríos, oscuros, secos, sellados y deben estar fuera del alcance de los niños.

La cantidad de cloro residual cambia durante el día y la noche. Si se asume que la red de tuberías está bajo presión todo el tiempo (véase la caja 2, en la otra página), existe una tendencia a que haya más cloro residual en el sistema durante el día que durante la noche. Esto se debe a que el agua permanece en el sistema más tiempo durante la

Medición del cloro residual

noche (cuando la demanda es menor) y, por esta razón, existe una mayor oportunidad para que el agua contaminada consuma el cloro residual.

El cloro residual se debe revisar frecuentemente. Si el sistema es nuevo o se ha rehabilitado, se deben hacer chequeos diarios hasta que esté seguro de que el proceso de cloración está funcionando correctamente. Después de esto, haga, por lo menos, un control semanal.

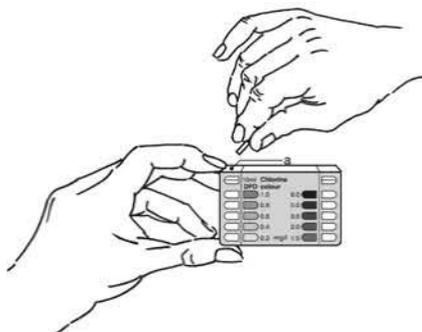
Evaluación del cloro residual

La prueba más común es el indicador de DPD (dietil-para-fenil-diamina) mediante un kit de

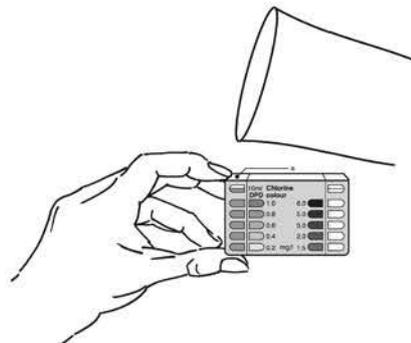
comparación. Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual.

En esta prueba, se añade una tableta de reactivo a una muestra de agua, que la tiñe de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Entre más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua.

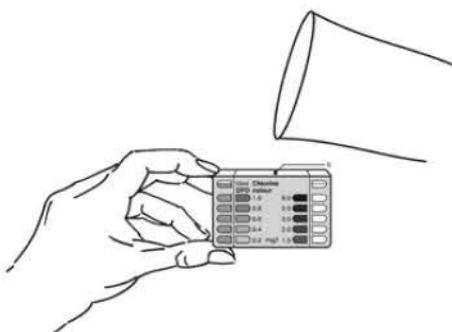
Hay muchos kits disponibles en el comercio para analizar el cloro residual en el agua, como el que se muestra más abajo. Los kits son pequeños y portátiles.



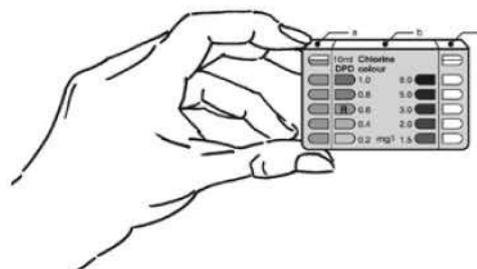
Paso 1. Coloque una tableta en la cámara de prueba (a) y añada unas pocas gotas del suministro de agua clorada que se va a analizar.



Paso 2. Triture la tableta y, luego, llene la cámara (a) con el suministro de agua clorada que se va a analizar.



Paso 3. Coloque una mayor cantidad del mismo suministro de agua analizada (sin tableta) en la segunda cámara (b). Este es el control en blanco para la comparación de colores.



Paso 4. El nivel de cloro residual (R) en mg de cloro por litro de agua (mg/L) se determina mediante la comparación del color del analizada en la cámara (a) con la tableta que se añadió y los colores estándar en el recipiente (cámara b).

Nota: Se usaría la cámara (c) si se necesitara medir un residuo más alto de cloro.

Figura 2. Pasos para determinar el residuo de cloro en agua con el uso de un comparador

Medición del cloro residual

Caja 2. Cloración y suministros intermitentes

No hay razón para clorar el agua en la red de tuberías si el suministro es intermitente. Todos los sistemas de tubería tienen fugas y, cuando se detiene el suministro de agua, la presión baja y entra agua contaminada en los tubos a través de las grietas en las paredes de los tubos. Ningún nivel aceptable de cloro residual para los consumidores puede neutralizar niveles tan altos de contaminación. Se debe asumir que todos los suministros intermitentes de agua están contaminados y se deben tomar las medidas necesarias para desinfectarla en el punto de uso.



Lista de control de la cloración

- El cloro debe estar en contacto con el agua, por lo menos, media hora para desinfectarla. El mejor momento para añadirlo es después de todos los otros procesos de tratamiento y antes de su almacenamiento y uso.
- Nunca añada cloro antes de la filtración lenta por arena o por cualquier otro proceso biológico, pues el cloro elimina las bacterias que ayudan en el tratamiento, lo cual lo torna inefectivo.
- Nunca añada ninguna forma sólida de cloro directamente al suministro de agua, pues no se mezcla ni se disuelve. Siempre haga primero una pasta, mezclando el compuesto con un poco de agua.
- La desinfección es sólo una defensa contra las enfermedades. Se deben hacer todos los esfuerzos posibles para proteger las fuentes de agua de la contaminación y prevenir la subsecuente contaminación durante su recolección y almacenamiento.
- Se debe seguir estrictamente el procedimiento correcto para aplicar el desinfectante al agua y se debe hacer un control regular de los suministros de agua para asegurarse de que estén libres de bacterias. De otra forma, se puede engañar a las personas pues creerán que el agua es potable cuando, de hecho, es riesgoso consumirla.
- El cloro residual óptimo en un suministro pequeño y comunal de agua está en el rango de 0,3 a 0,5 mg/L.
- La dosis de cloro necesaria para desinfectar un suministro de agua se incrementa si está muy turbia. En estas circunstancias, es mejor tratar el agua para reducir la turbiedad antes de la cloración.

Mayor información

OMS (2004) *Guidelines for drinking water quality*, 3RD ED., OMS, Ginebra.

Organización Mundial de la Salud

Sede OMS
Avenue Appia 20
1211 Ginebra 27
Suiza

Teléfono: (+ 41 22) 791 21 11
Fax: (+ 41 22) 791 3111
Télex: 415 416
Telégrafo: UNISANTE GENEVA



Esta información fue preparada por WEDC

Autor y editor de la serie: Bob Reed **Diseño:** Glenda McMahon **Ilustraciones:** Rod Shaw **Gráficos:** Ken Chatterton
Water, Engineering and Development Centre, Loughborough University, Leicestershire, UK.
Teléfono: +44 1509 222885 Fax: +44 1509 211079 E-mail: WEDC@lboro.ac.uk Web: www.lboro.ac.uk/wedc



ANEXOS 4 TABLA APLICADA PARA CÁLCULOS



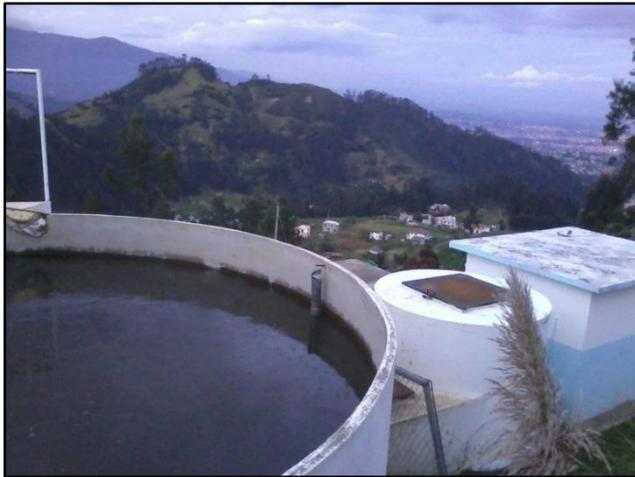
TABLA DE CÁLCULOS APLICADOS			
Gráficos: RESULTADOS DE PRESENCIA DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN 4 MUESTRAS DE AGUA TRATADA			
UNIVERSO DE MUESTRAS POR PARROQUIA (4)	MUESTRAS CON CLORO (CC)	MUESTRAS SIN CLORO (SC)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD (100)
	% MUESTRAS CON CLORO	$\frac{CC \times 100}{4}$	
	% MUESTRAS SIN CLORO	$\frac{SC \times 100}{4}$	
Gráfico: PRESENCIA O AUSENCIA DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN LAS 72 MUESTRAS DE AGUA ANALIZADAS			
UNIVERSO DE MUESTRAS POR PARROQUIA (72)	MUESTRAS CON CLORO (21)	MUESTRAS SIN CLORO (51)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD (100)
	% MUESTRAS CON CLORO	$\frac{21 \times 100}{4} = 29,17\%$	
	% MUESTRAS SIN CLORO	$\frac{51 \times 100}{4} = 70,83\%$	
Gráfico: NÚMERO DE PACIENTES ATENDIDOS CON SIGNOS, SÍNTOMAS Y/O DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS, REALACIONADAS CON EL CONSUMO DE AGUA SIN CLORO LIBRE RESIDUAL DE OCTUBRE A DICIEMBRE DE 2013 EN LAS 18 PARROQUIAS RURALES DEL ESTUDIO			
UNIVERSO DE PACIENTES EN LAS 18 PARROQUIAS (155981)	NÚMERO DE PACIENTES ATENDIDOS EN EL TRIMESTRE (2638)	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD (100)	
	% PACIENTES ATENDIDOS EN 3 MESES	$\frac{2638 \times 100X}{155981} = 1,70\%$	



**ANEXOS 5 MUESTRA DE FOTOGRAFÍAS EN LAS TOMAS DE
MUESTRA, ANÁLISIS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO**

PROCESAMIENTO Y MEDICION DE UNA MUESTRA CON CLORO LIBRE RESIDUAL





PLANTA DE TRATAMIENTO - CABECERA CANTONAL
- PARROQUIA BAÑOS



ESCUELA ALFONSO MARIA BORRERO - COMUNIDAD
GORDELEG - PARROQUIA SANTA ANA



PLANTA DE TRATAMIENTO - COMUNIDAD DE BELLAVISTA ALTA -
PARROQUIA SAYAUSI



DOMICILIO DE PUNTO MEDIO DE DISTRIBUCION -
COMUNIDAD DE BUENOS AIRES - PARROQUIA SAYAUSI



PLANTA DE TRATAMIENTO - COMUNIDAD MACAS - PARROQUIA
QUINGEO