

# EFFECTO DEL USO DE UN MÉTODO ARTESANAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES DE LA REGIÓN SAN MARTÍN, PERÚ

Rollin Cruz M<sup>1</sup>, Heriberto Arévalo M<sup>1</sup>, Freddy Chamorro R<sup>1</sup>, Freddy Fernández V<sup>1</sup>.

## RESUMEN

**Objetivos:** Evaluar la eficacia y aceptabilidad del microdosificador de cloro como sistema de tratamiento de agua para consumo humano en localidades rurales en la Región San Martín, Perú. **Materiales y métodos:** Estudio realizado en cinco localidades rurales (cuatro intervenidas y una de control). Se realizaron reuniones de sensibilización, capacitación en el manejo y uso del sistema de microdosificación de cloro y se entregaron los materiales necesarios para la implementación de la intervención. El seguimiento se realizó mediante la evaluación de la cantidad de cloro residual en el agua de consumo humano, y se midieron también los niveles de contaminación del agua. **Resultados:** Luego de un período de 17 semanas de seguimiento, 75,9% de los 1281 participantes usaban el sistema, la contaminación de agua antes de la intervención era > 800UFC/50mL de coliformes en las cinco localidades, luego de la intervención se redujo a cero en tres de las cuatro localidades intervenidas. Las concentraciones de cloro residual en el agua de consumo de las localidades intervenidas se encontraron en rangos adecuados. **Conclusiones:** El uso del microdosificador de cloro y el sistema de participación comunitaria para lograr el consumo de agua de calidad son aceptados satisfactoriamente en las comunidades rurales estudiadas, y reducen significativamente la contaminación del agua para consumo humano.

**Palabras claves:** Abastecimiento Rural de Agua; Calidad del Agua; Diarrea; Tratamiento del Agua; Cloración (fuente: DeCS BIREME).

## ABSTRACT

**Objectives:** To assess efficacy and acceptability of a chloride micro-dosing device as a drinking water treatment system in rural communities in San Martin region, Peru. **Materials and methods:** This is a study performed in five rural communities (four underwent the intervention and one served as control). Meetings were held in order to make people aware with respect to handling and use of the chloride micro-dosing system, and materials necessary for implementing the intervention were given to the population. Follow-up was performed measuring the amount of residual chloride in drinking water, and also water contamination levels were measured. **Results:** After a 17-week follow up period, 75.9% of 1281 participants were using the system. Water contamination before the intervention was >800 CFU (colony-forming units) of coliform bacteria/50 mL in all five communities. The coliform CFU count was reduced to zero in three of the four communities undergoing the intervention. Residual chloride concentrations in drinking water in the communities were within the normal range. **Conclusions:** The use of chloride micro-dosing system and community participation in order to have good quality in drinking water are satisfactorily accepted in rural communities assessed, and there is a significant reduction in drinking water contamination.

**Key words:** Water Supply, Rural; Water Quality; Diarrhea; Water Treatment; Chlorination (source: DeCS BIREME).

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad diarreica aguda (EDA) y otras patologías entéricas son las principales causas de morbimortalidad infantil<sup>1-3</sup>. Su persistencia está directamente relacionada con las condiciones de saneamiento básico, tales como el consumo de agua no tratada, la carencia de sistemas de eliminación de

excretas y la falta de hábitos de salubridad adecuados<sup>4,5</sup>.

En la Región San Martín, 56,6% de las localidades se encuentran en riesgo sanitario entre moderado y grave debido a la ausencia de servicios básicos (Información proporcionada por la DIRESA San Martín; 2000). Las localidades del ámbito rural son las más afecta-

<sup>1</sup> Dirección Regional de Salud San Martín. San Martín, Perú.

Este estudio contó con el apoyo técnico y financiero del Proyecto Vigía «Enfrentando a las Amenazas de las Enfermedades Infecciosas Emergentes y Reemergentes» (MINSA/USAID).

das en este sentido ya que no cuentan con sistemas de abastecimiento y tratamiento del agua.

La necesidad de contar con sistemas que mejoren la calidad de agua de consumo es prioritaria para estas poblaciones. Sin embargo, las dificultades técnicas y financieras hacen poco viable la implementación de sistemas de abastecimiento de agua potable y desagüe, en la mayoría de los casos<sup>6</sup>. En ese sentido, uno de los métodos bastante efectivos, económicos y simples para la desinfección del agua es la cloración, siendo este método el más usado en la actualidad<sup>7</sup>.

Mientras que la entrega de servicios de agua seguros y confiables es una meta esencial, la Organización Mundial de la Salud ha establecido que existen intervenciones simples, aceptables, y de bajo costo para el hogar y la comunidad capaces de mejorar la calidad microbiana del agua almacenada en casa y de reducir riesgos de la enfermedad y de muerte por diarreas<sup>8,9</sup>. Entre las opciones que se mencionan, las más prometedoras incluyen intervenciones de tratamiento del agua con métodos artesanales<sup>10,11</sup>.

Por ello es que se plantea la introducción de un instrumento construido artesanalmente con metal y madera, denominado «microdosificador de cloro» (MC), el cual permite la potabilización del agua en forma rápida y sencilla, y se presenta como un posible sistema alternativo y de fácil uso, capaz de proveer agua segura a poblaciones vulnerables, con la finalidad de disminuir la prevalencia e incidencia de enfermedades transmitidas por agua.

La presente intervención se diseñó con el objetivo de evaluar la eficacia de microdosificadores de cloro preparados para mejorar la provisión de agua apta para el consumo humano en localidades rurales de San Martín, Perú, así como conocer el grado de aceptabilidad de este sistema por los pobladores de las localidades intervenidas luego de una intervención educativa de capacitación sobre el uso de este aparato.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

San Martín es un departamento localizado en la selva norte del Perú. Tiene un clima cálido y húmedo, presenta una población de 743 668 habitantes y un área de 51 253, 31 km<sup>2</sup>, con 36,4% de la población en zonas rurales. Para el estudio se incluyeron a cinco localidades de estas zonas: Puerto Mercedes, Nueva Esperanza, Santa Rosillo y Nuevo Egipto (localidades intervenidas); y Panamá (localidad control) (Tabla 1). La población habitante de las cinco localidades fue de 1593 participantes, siendo variado el número de familias por localidad (entre 43 y 89 familias).

El estudio tuvo una duración de 17 semanas, realizado durante el tercer trimestre del año 2000. Todas las localidades tuvieron alta prevalencia de EDA (expresada en prevalencia media anual mayor al promedio regional), una población no mayor de 500 habitantes, buena accesibilidad geográfica, falta de disponibilidad de sistemas de tratamiento de agua, y organizaciones populares con disposición al trabajo comunitario. Se excluyeron las ciudades capitales de provincia y distritos por ser poblaciones urbanas que poseen sistemas de tratamiento y abastecimiento de agua.

### SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

El sistema implementado de tratamiento de agua para comunidades del ámbito rural tuvo los siguientes componentes:

**Fuente de abastecimiento.** Lugar de donde la población recogió el agua que luego la usó para el consumo doméstico (río o canal).

**Sedimentación.** Proceso mediante el cual se dejó asentar el agua con el fin de aclararla (también se realizó con el uso de alumbre).

**Tabla 1.** Características de las localidades rurales participantes del estudio, San Martín, Perú, 2000.

Localidad	Distrito	Provincia	Población (Fam*)	Situación Económica	Abastecimiento de Agua	Disposición de Excretas
Nueva Esperanza	San Hilarión	Picota	379 (82)	Pobreza	Río Sisa	Letrinas
Puerto Mercedes	Papalaya	San Martín	217 (43)	Extrema pobreza	Río Huallaga	Campo abierto
Santa Rosillo	Picota	Picota	291 (58)	Pobreza	Río Huallaga	Letrinas
Nuevo Egipto	San Hilarión	Picota	394 (89)	Pobreza	Río Sisa	Letrinas
Panamá (control)	San Rafael	Bellavista	312 (54)	Pobreza	Río Huallaga	Letrinas

\* **Fam:** número de familias.

**Desinfección o tratamiento del agua.** Se realizó mediante el abastecimiento de cloro usando los microdosificadores ubicados en diferentes puntos de cada localidad. Estos microdosificadores son aparatos pequeños, en forma de una caja, contruidos manualmente de metal y madera y que constan de una canastilla en su interior que contiene una bolsita de solución clorada. Estas canastillas, por simples giros en el sentido de las manecillas del reloj, se introducen en el flujo de agua que recorre el interior del dosificador, permitiendo así la entrega de cloro al agua en rangos que van desde 1 ppm/L (agua potable) a 5 ppm/L (agua para higiene de baños, regadío de flores y verduras, etc.). Este dispositivo se construyó con el fin de instalarse en las fuentes de abastecimiento de agua (canales).

**Almacenamiento del agua tratada o desinfectada.** Se protegió su contenido mediante el uso de baldes con tapa.

**Control de cloro residual.** Realizado por el personal de salud con la finalidad de evaluar la calidad del sistema de cloración mediante el uso de comparadores de cloro y pastillas como el reactivo N, N-dietilo-p-fenilenediamina (DPD).

#### CAPACITACIÓN DEL PERSONAL DE SALUD

Antes de la implementación del sistema, el responsable del establecimiento de salud de cada localidad fue capacitado en la preparación de la solución clorada (solución madre de cloro), la dilución por realizar, frecuencia de abastecimiento y control de calidad de la cloración, así como en el uso y mantenimiento de los microdosificadores a fin de garantizar la cantidad y oportunidad en el abastecimiento de la solución clorada. Para ello, los investigadores del estudio realizaron reuniones de capacitación y prácticas con los microdosificadores y en las zonas de colocación de estos aparatos (canales de agua).

#### DETERMINACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y ACTITUDES PARA EL USO DE AGUA TRATADA

Se realizaron encuestas para conocer las prácticas y hábitos en el uso del agua, aplicadas principalmente a las madres de familia de las localidades intervenidas seleccionadas de forma aleatoria. Se seleccionó un número similar de personas encuestadas en cada localidad. Se recopiló información respecto a las percepciones sobre el agua y su relación con las enfermedades transmitidas por el agua, manipulación del agua, manipulación de los alimentos e higiene de la vivienda.

Asimismo, se realizó la sensibilización de la población para promocionar el uso de los equipos de cloración en las localidades intervenidas, mediante reuniones de coordinación y capacitación con autoridades y líderes de las localidades seleccionadas para la intervención, con el objetivo de dar a conocer la importancia de la participación activa de la localidad, el compromiso con el trabajo y su posible impacto en la comunidad. Se dio capacitación a la comunidad en general en tres sesiones sobre prácticas de cloración de agua, así como el uso del microdosificador de cloro, con el compromiso de la comunidad de velar por el cuidado y mantenimiento del sistema y de crear un sistema de comunicación permanente a través del establecimiento de salud.

#### MONITOREO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Se realizó mediante la evaluación semanal en 25% de las viviendas de cada localidad. La selección de las viviendas visitadas se realizó en forma sistemática. En cada una de estas visitas se evaluaron los siguientes indicadores:

**Uso del sistema.** Expresado como el porcentaje de viviendas que hacen uso del sistema:

$$\frac{\text{Total de viviendas con presencia de cloro en el agua intradomiciliario}}{\text{Total de viviendas visitadas}} \times 100$$

**Eficacia del sistema.** Expresado como el porcentaje de familias que consumen agua con valor óptimo de cloro residual (mayor a 0,4 ppm):

$$\frac{\text{Total de viviendas con presencia de cloro en valor óptimo}}{\text{Total de viviendas con presencia de cloro en el agua intradomiciliaria}} \times 100$$

**Grado de contaminación bacteriana del agua.** Determinada mediante el recuento de organismos coliformes totales por el método de fermentación en tubos metálicos múltiples que recomienda la *American Public Health Association*<sup>9</sup>. Se consideró buena la potabilidad del agua si en un mínimo de 95% de las muestras procesadas, el número más probable (NMP) de coliformes detectados era  $\leq 9,2/100$  mL<sup>9,12</sup>. Se realizó el estudio bacteriológico del agua de las fuentes naturales y de las de uso intradomiciliario de las localidades (medición de coliformes fecales). Esta actividad fue repetida al finalizar el estudio, y estuvo a cargo del personal del Laboratorio de Agua y Alimentos del Centro de Control de Enfermedades Transmisibles de San Martín.

**Tabla 2.** Conocimientos, actitudes y prácticas para el uso de agua tratada pre y postintervención, en comunidades rurales de San Martín, Perú, 2000.

	Encuesta Basal	Encuesta Final	p
Identifica o relaciona al agua no tratada como causante de enfermedades	84,0%	98,0%	<0,001
Identifica al consumo de agua no tratada como responsable de la enfermedad diarreica	76,0%	86,0%	<0,001
Conoce algún método de desinfección del agua	67,0%	94,7%	<0,001
El consumo de agua con cloro es peligroso para la salud	12,5%	5,2%	<0,001
Rechazo al consumo de agua clorada	36,2%	31,5%	0,005
Evidencia de consumo de agua clorada en la visita domiciliaria	0%	76,8%	<0,001
Mantienen recipientes protegidos con tapas	84,0%	89,4%	<0,001
Recipientes de almacenamiento del agua se encuentran limpios	77,2%	84,2%	<0,001

**Incidencia de diarreas acuosas.** Para el conteo de los casos de diarrea se empleó el registro de casos ocurridos durante el período del estudio registrados en los establecimientos de salud de cada localidad. Se definió como caso de diarrea acuosa a todo paciente que acudió al establecimiento de salud de la localidad y que presentó tres a más deposiciones en 24 horas.

#### ASPECTOS ÉTICOS

El estudio fue revisado y aprobado por el Comité Técnico del Proyecto VIGIA. Para la participación en el estudio se obtuvo la autorización de los líderes de las localidades incluidas. Y en el caso, de los participantes incluidos, se obtuvo su consentimiento informado escrito.

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron incluidos en una base de datos y procesados con el programa estadístico SPSS 9,0 para Windows, se usó para las variables categóricas la prueba de Chi Cuadrado o de Fisher, según correspondiera, y para las variables numéricas la t de Student. Se consideró significativo un  $p < 0,05$ .

#### RESULTADOS

##### CONOCIMIENTOS, ACTITUDES Y PRÁCTICAS PARA EL USO DE AGUA TRATADA

En las cuatro localidades intervenidas se encuestaron 1272 personas en dos oportunidades (al inicio y al final). Al comparar los resultados, se encontró una evidente mejoría en los conocimientos y las prácticas de las poblaciones intervenidas respecto al tratamiento del agua de consumo ( $p < 0,01$ ). El conocimiento del papel del agua como responsable de enfermedades al igual que el rechazo al consumo de agua clorada, mejoró en todos los aspectos evaluados (Tabla 2).

##### MONITOREO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

El uso del sistema fue de 75,9% (562/740). El porcentaje observado semanal de uso de los microdosificadores fluctuó entre 47,7% y 100%. En el análisis por localidades se observó que la mayor eficacia se logró en Puerto Mercedes (63,3%) y Nueva Esperanza (62,2%). La eficacia del sistema fue 502/740 (67,9%).

Al inicio del estudio se evidenció una gran contaminación (altas cargas de coliformes fecales). Esta contaminación disminuyó significativamente en las localidades intervenidas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Evaluación del contenido de cloro y bacteriológico del agua antes y después de la intervención, en comunidades rurales de San Martín, Perú, 2000.

Localidad	Antes de la Intervención		Luego de la Intervención		
	Punto de muestreo	Coliformes fecales	Tipo de agua	Cloro ppm	Coliformes fecales
Nueva Esperanza	Canal de riego	852 UFC/50mL	Río (tratada)	0,2	0 UFC/50mL
Puerto Mercedes	Río Huallaga	980 UFC/50mL	Canal (tratada)	0,6	0 UFC/50mL
Santa Rosillo	Río Huallaga	1012 UFC/50mL	Canal (tratada)	0,4	0 UFC/50mL
Nuevo Egipto	Canal de riego	396 UFC/50mL	Río (tratada)	0,2	54 UFC/50mL
Panamá (control)	Río Huallaga	448 UFC/50mL	Río (sin tratar)	0	274 UFC/50mL

Además, durante las 17 semanas de duración del estudio, se presentaron 90 casos de diarrea en las localidades intervenidas y 23 en el control, presentando incidencias de 7,03% y 7,4% respectivamente ( $p > 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Mediante el uso del microdosificador de cloro se logró mejorar la calidad del agua para consumo humano (se encontraron menores recuentos de coliformes en relación a localidad control). Ello también fue complementado por las sesiones educativas en relación con el tratamiento del agua, y se refuerza con el hallazgo de obtener una menor incidencia de diarrea (no significativa) en las localidades intervenidas. Esto es importante, debido a que como se sabe existe una fuerte relación entre la calidad del agua y la incidencia de diarrea, como en Malawi, se encontró que una reducción de 69% en la media geométrica del recuento de coliformes se asoció con una disminución de 31% en los episodios de diarrea en niños menores de cinco años de edad<sup>13</sup>. En trabajos realizados por Craun y otros investigadores también se ha detectado una relación inversa entre la aparición de brotes de enfermedad diarreica aguda y la calidad de la desinfección del agua<sup>14-15</sup>.

Nuestro sistema para la desinfección del agua no sólo incluyó la cloración, sino también un proceso de sedimentación y cobertura de los depósitos de agua, pues se ha demostrado que la cobertura del agua presenta un beneficio independiente de la desinfección química para la disminución de la incidencia de diarrea<sup>16,17</sup>. Esto se explica porque frecuentemente la manipulación del agua con manos es la fuente primaria de contaminación<sup>18-19</sup>.

La aceptación de nuestro sistema por parte de la comunidad fue alta (75,9%), debido a la facilidad de su uso y a la sensibilización previa realizada en la población intervenida. También se alcanzó una eficacia aceptable, permitiendo que 67,9% de los pobladores que usaron el sistema tuvieran disponible agua apta para el consumo humano. La eficacia del microdosificador permitió garantizar que con concentraciones de cloro residual mayores a 0,4 ppm el recuento de colonias de coliformes fecales fuera negativo. La eficacia de los microdosificadores se vio afectada al presentarse desperfectos en su funcionamiento (desgaste precoz de piezas), lo cual en el futuro puede ser superado con una mayor calidad de construcción y el uso de materiales de mayor durabilidad.

Este proyecto marca una pauta para afrontar los problemas de abastecimiento y tratamiento del agua para el consumo humano en comunidades rurales, mediante el uso de tecnología no convencional y estrategias en donde las comunidades participen en el control de sus servicios. En este sentido es necesario recalcar que el sistema también depende de la aceptación por parte de la comunidad, al asumir la responsabilidad de garantizar la calidad del agua y la participación en el desarrollo del sistema. Por otro lado, esta intervención permitió mejorar la autovaloración de los miembros de la comunidad respecto a sus capacidades, repercutiendo en otros aspectos de la vida comunitaria y en el establecimiento de relaciones más horizontales con las instituciones gubernamentales de apoyo.

Aunque no es posible extrapolar nuestros resultados a otras localidades, las características geográficas, sanitarias y culturales de las poblaciones intervenidas son representativas de las más de 700 localidades existentes en la región y otras zonas rurales del país. Esto sugiere que intervenciones similares podrían ser efectivas a mayor escala.

En conclusión, el sistema de microdosificadores en el contexto de una intervención educativa que involucre la participación activa de la población, es efectiva para proporcionar agua segura para el consumo humano en poblaciones rurales y representa una alternativa viable, económica y sostenible. Son necesarios estudios con mayor periodo de seguimiento para demostrar si disminuye la incidencia de diarrea en la población.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Bern C, Martines J, de Zoysa I, Glass RI.** The magnitude of the global problem of diarrhoeal disease: a ten-year update. *Bull World Health Organ* 1992; 70(6): 705-14.
2. **Parashar UD, Bresee JS, Glass RI.** The global burden of diarrhoeal disease in children. *Bull World Health Organ* 2003; 81: 236.
3. **Checkley W, Gilman RH, Black RE, Epstein L, Cabrera L, Sterling Ch, et al.** Effect of water and sanitation on childhood health in a poor peruvian peri-urban community. *Lancet* 2004; 363: 112-18.
4. **World Health Organization.** The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade: End of Decade Review (as at December 1990). Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1992.
5. **Henríquez C, Guillén C, Benavente L, Gotuzzo E, Echevarría J, Seas C.** Incidencia y factores de riesgo para adquirir diarrea aguda en una comunidad rural de la selva peruana. *Rev Med Hered* 2002; 13(2): 44-48.

6. **Esrey SA; Feachem RG; Hughes JM.** Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children: improving water supplies and excreta disposal facilities. *Bull World Health Organ* 1985; 63(4): 757-72.
7. **Rutala W, Weber D.** Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clin Microbiol Rev* 1997; 10(4): 597-610.
8. **Sobsey MD.** Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply. Geneva: World Health Organization; 2002. WHO/SDE/WSH/02.07.
9. **Eaton AD, Clesceri LS, Greenberg AE.** Standard methods for examination of water and wastewater. 19<sup>th</sup> ed. Washington, D.C.: American Public Health Association; 1995.
10. **Macy JT, Quick RE.** Evaluation of a novel drinking water treatment and storage intervention in Nicaragua. *Rev Panam Salud Pública* 1998; 3(2): 135-36.
11. **Quick RE, Venczel LV, Mintz ED, Soletto L, Aparicio J, Gironaz M, et al.** Diarrhoea prevention in Bolivia through point-of-use water treatment and safe storage: a promising new strategy. *Epidemiol Infect* 1999; 122(1): 83-90.
12. **Aguiar P, Cepero J.** La calidad del agua de consume y las enfermedades diarreicas en Cuba, 1996-1997. *Rev Panam Salud Publica* 2000; 7(5): 313-18.
13. **Roberts L, Chartier Y, Chartier O, Malenga G, Toole M, Rodka H.** Keeping clean water in a Malawi refugee camp: a randomized intervention trial. *Bull World Health Organ* 2001; 79(4): 280-87.
14. **Craun GF.** Enfermedades transmitidas por el agua en los Estados Unidos de América. En: Organización Panamericana de la Salud. La calidad del agua potable en América Latina: ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. Washington, D.C.: ILSI Press; 1996. p. 61-88.
15. **Blackburn BG, Craun GF, Yoder JS, Hill V, Calderon RL, Chen N, et al.** Surveillance for waterborne-disease outbreaks associated with drinking water. United States, 2001-2002. *MMWR Surveill Summ* 2004; 53(8): 23-45.
16. **Wright J, Gundry S, Conroy R.** Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. *Trop Med Int Health* 2004; 9(1): 106-17
17. **Ashbolt NJ.** Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology* 2004; 198(1-3): 229-38.
18. **Mintz ED, Reiff FM, Tauxe RV.** Safe water treatment and storage in the home. A practical new strategy to prevent waterborne disease. *JAMA* 1995; 273(12): 948-53.
19. **Semenza JC, Roberts L, Henderson A, Bogan J, Rubin CH.** Water distribution systems and diarrheal disease transmission: a case study in Uzbekistan. *Am J Trop Med Hyg* 1998; 59(6): 941-46.

---

**Correspondencia:** Rollin Cruz Malpartida.  
*Dirección:* Jr. Callao 450. Morales 08. Tarapoto, San Martín, Perú.  
*Teléfono:* (51) 062-9683365  
*Correo electrónico:* galenoperu@terra.com.pe