

Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú

Bacteriological quality of water for consumption in three Peruvian areas

Carolina Tarqui-Mamani¹, Doris Alvarez-Dongo², Guillermo Gómez-Guizado³, Rocio Valenzuela-Vargas², Inés Fernandez-Tinco² y Paula Espinoza-Oriundo²

1 Instituto Nacional de Salud. Departamento Académico de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Humana, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. carobtm@hotmail.com

2 Instituto Nacional de Salud. Perú. dorisa95@yahoo.com; rvalenzuela@ins.gob.pe; Ifernandezt@ins.gob.pe; litaespinozaori@gmail.com

3 Instituto Nacional de Salud. Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Medicina Humana, Universidad San Martín de Porres. Perú. glgomezg@hotmail.com

Recibido 2 enero 2016/Enviado para modificación 15 marzo 2016/Aceptado 9 julio 2016

RESUMEN

Objetivos Determinar la calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú.

Materiales y Método Se realizó un estudio transversal. La recolección de datos se realizó en Cajamarca, Huancavelica y Huánuco durante el 2012-2013. El muestreo fue probabilístico, estratificado multietápico. Incluyó 706 viviendas. Se evaluó presencia de coliformes totales y *E. coli* mediante el kit ReadyCult®. Se recolectó 100 mL de agua utilizada para preparación de alimentos. La determinación de cloro residual se realizó mediante análisis semicuantitativo (Chlorine Test®). Se estableció como concentración ideal de cloro residual $\geq 0,5$ mg/L. El análisis de datos se realizó mediante muestras complejas con factor de ponderación. Se calcularon porcentajes y chi cuadrado. Se definió buena calidad bacteriológica: agua con cloro libre adecuado, ausencia de coliformes totales y *E. coli*. Se solicitó el consentimiento informado del jefe del hogar.

Resultados Del total de muestras evaluadas, 78,6 % tuvieron coliformes totales en Cajamarca, 65,5 % en Huancavelica y 64,1 % en Huánuco, El 72,0 % tuvieron *E. coli* en Cajamarca, 37,4 % en Huancavelica y 17,5 % Huánuco. En Cajamarca, el 8,6 % de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue 4,3% y en Huánuco, 7,2 %.

Conclusiones La mayoría de las muestras de agua tuvieron mala calidad bacteriológica evidenciándose coliformes totales. Las tres cuartas partes de los hogares de Cajamarca, la tercera parte de Huancavelica y casi la quinta parte de Huánuco tuvieron *E. coli* en el agua de consumo humano.

Palabras Clave: Agua, calidad del agua, ingestión de líquidos, pobreza, Perú (fuente: DeCS, BIREME).

ABSTRACT

Objective To estimate the bacteriological quality of drinking water in Huancavelica, Cajamarca and Huánuco during 2012-2013

Material and Methods A cross-sectional study was conducted. Sampling was probabilistic, stratified and multistage. The sample included 706 households. The ReadyCult® kit was used to assess the presence of total coliforms and *E. coli*. 100 mL of water used for food preparation was collected. The determination of residual chlorine was performed by semiquantitative analysis using Chlorine Test Reagent®. It was established as the ideal residual chlorine concentration $\geq 0,5$ mg/L. The statistical analysis considered the necessary weight for complex samples. We calculated percentages and chi square. The informed consent of the head of household is requested. It was defined as good bacteriological quality of water: water sample with adequate free chlorine, in the absence of total coliforms and *E. coli*.

Results The samples tested, 78.6 % had total coliforms in Cajamarca, Huancavelica and 65.5 % at 64.1 % in Huanuco. The 72.0 % had *E. coli* in Cajamarca, Huancavelica 37.4 % and 17.5 % in Huánuco. In Cajamarca, 8.6 % of the water samples were of good bacteriological quality, while in Huancavelica was 4.3 % and Huanuco, 7.2 %.

Conclusions Most of the water samples were of poor bacteriological quality. Most of the water samples had total coliforms. Three-quarters of households in Cajamarca, Huancavelica third and almost one fifth of Huanuco had the presence of *E. coli* in drinking water.

Key Words: Water microbiology, water quality, water supply, poverty areas, Peru. (source: MeSH NLM).

El agua es un elemento vital para los seres vivos, por consiguiente el acceso al agua potable es esencial para la vida, sin embargo, el crecimiento de la población, el incremento de la industrialización, la escasez de fuentes de agua para consumo libres de contaminantes, es decir, inocuas, constituye un problema que enfrenta la población peruana. El agua puede convertirse en un vehículo transmisor de diversas enfermedades como la enfermedad diarreica aguda en el ser humano, sobretudo en la población infantil.

Perú enfrenta problemas de abastecimiento y contaminación de agua sobre todo en las zonas rurales o recientemente pobladas. En las zonas rurales, frecuentemente existen problemas de disponibilidad de agua, falta de potabilización y contaminación de agua, debido a que una parte de la población consume agua potable, otras se abastecen de agua que proviene de manantiales, ríos, arroyos, ojos de agua u otras fuentes naturales de agua, que están expuestas a partículas orgánicas e inorgánicas.

La calidad bacteriológica del agua de consumo humano incluye indicadores capaces de detectar la contaminación fecal del agua y brinda una idea

de la posible presencia de agentes patógenos que pongan en riesgo la salud de la población. En este sentido, el recuento de heterótrofos y la presencia de coliformes totales dan una idea de la calidad del agua y *Escherichia coli* y los enterococos son indicadores de contaminación fecal (1).

Un estudio realizado en hogares de niños menores de cinco años, mostró que el 38,3 % de las muestras de agua tuvieron ausencia de coliformes totales y *E. coli*, siendo más afectados los hogares de la zona rural, en donde se observó que menos del 5 % tuvieron agua libre de coliformes totales y *E. coli* (2).

Existen escasos estudios que evalúan la calidad del agua en los hogares peruanos, por ello, la Dirección Ejecutiva de Vigilancia Alimentaria y Nutricional realizó la vigilancia bacteriológica del agua en algunos departamentos con mayor pobreza (Huancavelica, Cajamarca y Huánuco) (3).

El objetivo del estudio fue estimar la calidad bacteriológica del agua para consumo en hogares de Huancavelica, Cajamarca y Huánuco durante el 2012-2013.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo y diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional y transversal. La recolección de datos se realizó durante el 2012-2013.

Muestra

La población de estudio estuvo conformada por los hogares peruanos. Se realizó un muestreo probabilístico, estratificado, multietápico e independiente por regiones. La muestra estuvo conformada por 706 hogares (área urbana: 210 hogares y área rural: 496) (4). Se calculó basado en las características de la vivienda, miembros del hogar, educación, salud, empleo, ingreso, gastos y se consideró un nivel de confianza al 95 %, precisión 5 %; el efecto de diseño y las tasas de no respuestas para realizar los ajustes respectivos. Se visitaron todas las viviendas que constituyeron la muestra de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO) y se evaluó las muestras de agua de consumo humano. Se seleccionó aleatoriamente seis viviendas por conglomerado en el área urbana y ocho viviendas por conglomerado en el área rural. El estudio se realizó en el marco del convenio entre el Instituto Nacional de Salud (INS) y el Instituto Nacional de Estadística (INEI), el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN) – INS realiza la

recolección de datos correspondiente a la evaluación de los indicadores de vigilancia nutricional.

Técnicas y procedimientos

Determinación de la presencia de coliformes totales y *E. coli*

Se empleó el kit Readycult® Coliforms (5) para evaluar presencia de coliformes totales y *E. coli*. Se recolectó 100 mL de agua utilizada para preparación de alimentos. El recojo de muestras se realizó con guantes estériles en el caño, en los recipientes de depósito. En el caño, se desinfectó mediante aplicación de alcohol, se flameó y se dejó correr el agua por un minuto para evitar la presencia de cualquier residuo contaminante y en muestras provenientes de depósito, se empleó vaso descartable limpio y se recogió agua de una profundidad aproximada de 20 cc, cuidando no tocar el fondo. La muestra de agua fue almacenada en un frasco de polietileno con tiosulfato de sodio (agente de clorinante), luego fue refrigerada dentro de un cooler con unidades de hielo gel congeladas. La incubación se realizó en los laboratorios regionales cercanos a los hogares evaluados, con una temperatura de $35 \pm 0,5$ °C. Se agregó a cada frasco el reactivo Collilert® o Readycult®) y se incubó durante 24 horas. Se analizó el viraje de color de la muestra, es decir, la coloración azul verdosa indicó la presencia de coliformes totales. Las muestras positivas para coliformes totales, fueron evaluadas con lámpara de fluorescencia a la luz UV a 15 cm de distancia. En el caso, que se observe fluorescencia azul brillante, indicó la presencia de *E. coli*, seguidamente se realizó la confirmación, mediante el reactivo de Kovacs, la presencia de un anillo de color rojo confirmó la presencia de *E. coli*.

Determinación de cloro residual en agua

Se realizó un análisis semicuantitativo de cloro residual, basado en la reacción del cloro con la tetrametilbenzidina (TMB). Se entregó un vaso descartable a la madre del hogar y se solicitó una muestra del agua que utiliza para preparar los alimentos, previamente se rotuló el vaso con el código asignado al hogar evaluado. Previo al análisis, se realizó un doble enjuague del vial del kit, se separó 5 ml de la muestra, se añadió cuatro gotas del reactivo Chlorine Test® (6), se homogenizó la muestra con movimientos circulares, seguidamente se observó si se presentó cambio de color. Se empleó la escala de color incluida en el Kit y se consideró 0 (sin cloro), 0,1 mg/L; 0,25 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L y 2,0 mg/L. Se estableció como concentración ideal de cloro residual $\geq 0,5$ mg/L (7).

Pobreza

La pobreza se midió por enfoque monetario, constituye un indicador de bienestar y fue evaluada por el INEI. Se definió hogar pobre extremo, cuando no cubren ni siquiera las necesidades en alimentación, pobre, si cubren las necesidades en alimentación, aunque no cubren otras necesidades como: educación, salud, vestido, calzado, etc.) y no pobre, si cubren todas las necesidades en bienes y servicios (4).

Análisis de datos

El procesamiento de datos se realizó a través del software SPSS versión 22 para muestras complejas, se ajustó por factor de ponderación para la extrapolación de resultados del indicador calidad bacteriológica del agua a nivel de hogares (calculado por el equipo de muestreo del INEI) en el marco del convenio entre el INS-INEI. Se calculó la prueba de Kolmogorov Smirnov para evaluar la distribución de las variables cuantitativas. Se calcularon porcentajes con el intervalo de confianza al 95 % y chi cuadrado para evaluar la diferencia de proporciones, se estableció un nivel de significancia de 0,05. Se definió como buena calidad bacteriológica del agua (BCBA) como aquella muestra de agua con cloro libre adecuado ($\geq 0,5$ mg/L), con ausencia de coliformes totales y *E. coli* (8).

Aspectos éticos

Se solicitó el consentimiento informado escrito del jefe del hogar que fue acreditado mediante la firma o huella digital, bajo la presencia de un testigo. El estudio se realizó en el marco de las actividades de vigilancia alimentaria y nutricional que realiza la Dirección Ejecutiva de Vigilancia Alimentaria y Nutricional del Instituto Nacional de Salud, y estuvo aprobado en el Plan Operativo Institucional, por ello, no tuvo evaluación del Comité de investigación y ética.

RESULTADOS

Del total de muestras evaluadas, 78,6 % (IC 95 %: 69,0;85,8) tuvieron Coliformes totales en Cajamarca, 65,5 % (IC 95 %: 55,9;73,9) en Huancavelica y 64,1 % (IC 95 %: 55,1;72,2) en Huánuco; siendo las diferencias estadísticamente significativas ($p=0,025$), El 72,0 % (IC 95 %: 62,1;80,0) tuvieron *E. coli* en Cajamarca, 37,4 % (IC 95 %: 29,1;46,5) en Huancavelica y 17,5 % (IC 95 %: 12,4;24,2) Huánuco, (Tabla 1) siendo las diferencias significativas ($p<0,001$).

En la Figura 1, se observó que en Cajamarca, el 91,1 % (IC 95 %: 83,9; 95,3) tuvieron concentraciones nulas de cloro o por debajo de 0,5 mg/L, mientras que en Huancavelica fue 94,7 % (IC 95 %: 89,7; 97,3) y en Huánuco fue 92,2 % (IC 95 %: 83,0; 96,6); no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$). En Cajamarca, el 8,6 % (IC 95 %: 4,6; 15,6) de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue 4,3% (IC 95 %: 2,0; 9,0) y en Huánuco, 7,2 % (IC 95 %: 3,1; 15,8); las diferencias encontradas no fueron estadísticamente significativas ($p>0,05$).

Figura 1. Distribución de Coliformes totales y *E. coli* en tres regiones; 2012-2013

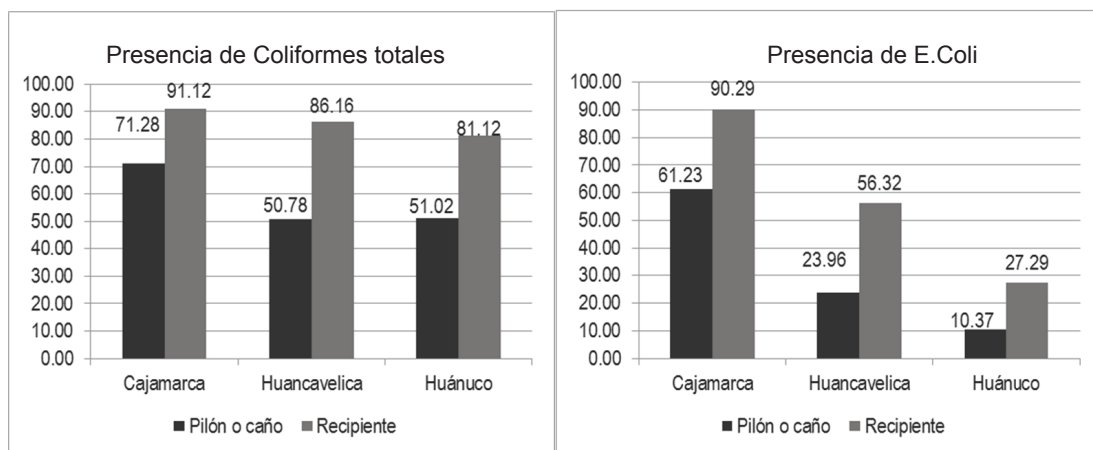


Tabla 1. Distribución de la calidad bacteriológica del agua según características del hogar en Cajamarca, Huancavelica y Huánuco; 2012-2013

Características del hogar	Cloro residual		Coliformes fecales				Escherichia coli				Calidad bacteriológica del agua					
	< 0.5		≥ 0.5		Si		No		Si		No		Si		No	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Área																
Urbano	212	77,9	74	22,1	108	46,4	162	53,6	59	30,8	211	69,2	74	0,2	212	77,9
Rural	664	99,9	1	0,1	546	84,5	119	15,5	321	56,0	344	44,0	1	0,0	664	99,9
Pobreza																
Pobre extremo	138	100,0	0	0,0	116	84,5	22	15,5	73	60,9	65	39,1	0	0,0	138	100,0
Pobre	275	98,1	6	1,9	219	81,8	59	18,2	124	52,4	154	47,6	275	98,1	6	0,0
No pobre	463	87,1	69	12,9	319	62,4	200	37,6	183	41,1	336	58,9	69	12,9	463	87,1
Departamento																
Cajamarca	271	91,4	28	8,6	233	78,6	66	21,4	212	72,0	87	28,0	29	8,9	270	91,1
Huancavelica	262	95,7	17	4,3	171	65,5	94	34,5	97	37,4	168	62,6	21	5,3	260	94,7
Huánuco	348	92,8	23	7,2	250	64,1	121	35,9	71	17,5	300	82,5	25	7,8	346	92,2

DISCUSIÓN

La calidad del agua para el consumo constituye una preocupación permanente de la población y el gobierno peruano. Actualmente, se observa un crecimiento progresivo de la población tanto en la zona urbana como en la zona rural, por otro lado, la contaminación del agua con presencia de microorganismos, presencia de contaminantes ambientales o metales pesados que aumentan el riesgo de enfermar en la población, sobre todo en los grupos en situación de vulnerabilidad por el incremento de la morbilidad y mortalidad debido a enfermedades diarreicas aguda.

La mayoría de las muestras de agua evaluadas tuvieron concentraciones de cloro por debajo de 0,5 mg/L o nulas, situación que difiere con lo encontrado por Aguilar y col, en la evaluación de muestras de agua en algunas ciudades principales de Cuba (9), aunque difieren la procedencia de las muestras, porque nosotros elegimos los departamentos con mayor pobreza y no necesariamente constituyen las principales ciudades peruanas.

Es preocupante que la mayoría de muestras de agua evaluadas fueron de mala calidad bacteriológica del agua para consumo, situación similar se encontró en muestras de agua en hogares de niños menores de cinco años (2) aunque difieren en la población objetivo, nosotros evaluamos las muestras de hogares de tres departamentos que tienen mayor nivel de pobreza y la última evalúa las muestras de agua en una muestra de hogares de niños.

Los resultados del estudio indican que en las tres regiones evaluadas, la mayoría de muestras tuvieron concentraciones de cloro en agua por debajo de 0,5 mg/L considerado ideal u óptimo para consumo humano, tienen elevada presencia de coliformes totales y *E. coli*, sobre todo en las muestras de agua que no provienen de la red pública de agua dentro de la vivienda y en los no pobres, siendo evidente un mayor porcentaje de muestras de agua provenientes de hogares de la zona rural, y los más pobres. Esta situación es preocupante porque la calidad del agua es un determinante de la salud para la enfermedad transmisible y afecta al cumplimiento de los objetivos del milenio que entre otras cosas, establece el incremento del acceso al agua potable en la población (10).

Una limitación del estudio fue que la evaluación de muestras se realizó en la muestra semestral de la ENAHO, sin embargo, los resultados del

estudio muestran una aproximación de la calidad bacteriológica del agua en las tres regiones del Perú.

En conclusión, la mayoría de las muestras de agua fueron de mala calidad bacteriológica. La mayoría de las muestras de agua tuvieron Coliformes totales. Las tres cuartas partes de los hogares de Cajamarca, la tercera parte de Huancavelica y casi la quinta parte de Huánuco tuvieron presencia de *E. coli* en el agua de consumo humano.

Indudablemente el abastecimiento de agua está estrechamente relacionado con el nivel de pobreza, y se refleja en los resultados encontrados, porque se evidencia una marcada desigualdad en la calidad bacteriológica del agua en la zona rural y en los hogares con extrema pobreza o pobre, en este sentido, es necesario que el gobierno regional y peruano implementen políticas que permitan mejorar la calidad del agua para el consumo de la población sobre todo en las zonas con mayor pobreza, fomentar la participación comunitaria orientado a incrementar el cuidado de las fuentes de abastecimiento de agua potable. Enseñar a la población acerca de las fuentes de obtención, almacenamiento y purificación del agua como métodos de cloración. En los hogares rurales, que carecen de red de agua intradomiciliaria, se sugiere fomentar el uso de contenedores cerrados con tapa diseñados para evitar la contaminación del agua. Por otra parte, es fundamental, desarrollar campañas educativas dirigidas a la población en general para sensibilizar a la población sobre la buena calidad del agua y los peligros que implica el consumo de agua con mala calidad bacteriológica, también, incrementar el uso del agua hervida, mejorar el manejo del agua, lavado de manos antes y después de ir al baño y antes y durante la preparación de los alimentos •

Agradecimientos: Al equipo de supervisión y bioquímica de la Dirección Ejecutiva de Vigilancia Alimentaria y Nutricional del CENAN / INS.

Contribuciones de autoría: CBTM ha participado en la concepción del artículo, procesamiento de datos, análisis, redacción y aprobación de la versión final. GGG, DAD, RVV, IFT y PLEO participó en la redacción y aprobó la versión final del artículo.

Fuentes de financiamiento: Este estudio fue financiado por el Instituto Nacional de Salud y se realizó en el marco del convenio suscrito entre el Instituto Nacional de Estadística e Informática y el Instituto Nacional de Salud.

Conflictos de interés: Ninguno.

REFERENCIAS

1. Ishii S, Sadowsky MJ. Escherichia coli in the environment: Implications for water quality and human health. *Microbes Environ.* 2008;23:101-8
2. Miranda M, Aramburú A, Junco J, Campos M. Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2010; 27(4): 506-11
3. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Evolución de la pobreza monetaria 2009-2013. Lima: INEI; 2014. [Internet]. Disponible en: http://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/informetecnico.pdf. [citado el 10 de noviembre de 2015].
4. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Evolución de la pobreza monetaria 2007-2012. Lima: INEI; 2013. [Internet]. Disponible en: http://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/pobreza_informetecnico2013_1.pdf. [Citado el 28 de diciembre de 2015].
5. Merck Laboratorios. 101298 Readycult® coliformes 100. Darmstadt: Merck; 2008.
6. Merck Laboratorios. 114670 Test Cloro en agua dulce y agua de mar: Indicaciones de uso. Darmstadt: Merck; 2007.
7. Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (PE). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Lima: MINSA/DIGESA; 2011 [Internet]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf. [citado el 30 de diciembre de 2015].
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías para la calidad del agua potable. Geneva: OMS; 2006. [Internet]. Disponible en: http://apps.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1. [Citado el 28 de diciembre de 2015].
9. Aguiar P, Cepero J, Coutin G. La calidad del agua de consumo y las enfermedades diarreicas en Cuba, 1996–1997. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health.* 2000; 7(5):313-318.
10. Naciones Unidas. Objetivos de desarrollo del milenio. Informe 2013. Nueva York: ONU; 2013.