

Estudio de caracterización de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua utilizada en la industria de alimentos, Colombia, 2007

Elizabeth Silva, Jaime Eduardo Ortiz (q.e.p.d.), Carmenza Murillo, Gerardo Nava, Omayda Cárdenas, Alejandro Peralta, Marta Paredez, Karina Piñeros, Andrés Otálora

Grupo de Salud Ambiental "Jaime Eduardo Ortiz Varón", Subdirección Red Nacional de Laboratorios, Instituto Nacional de Salud, Bogotá, D.C., Colombia

Introducción. La inocuidad alimentaria ha sido reconocida mundialmente como una función esencial en salud pública. Una de las primeras causas de muerte en los países en desarrollo son las enfermedades transmitidas por alimentos, que afectan millones de personas en el mundo. El presente estudio fue realizado dentro del marco de un convenio interadministrativo planteado en Colombia para mejorar el estatus sanitario de la producción agroalimentaria del país.

Objetivo. Evaluar la calidad higiénico-sanitaria del agua utilizada en una muestra aleatoria de productos de industrias colombianas de alimentos.

Materiales y métodos. Se llevó a cabo un estudio descriptivo transversal. Incluyó 66 industrias localizadas en ocho departamentos y en el Distrito Capital. Se hicieron determinaciones analíticas de trece parámetros fisicoquímicos, tres parámetros microbiológicos, plaguicidas organofosforados y carbamatos, y diez tipos de metales.

Resultados. La actividad económica de la mitad de las industrias provenía de la leche y sus derivados, y la otra mitad de productos cárnicos. Según las normas vigentes para el agua de consumo humano, el índice de riesgo de la calidad del agua fue alto en 4,5% de las industrias alimentarias, medio en 34,8%, bajo en 16,7%, y sin riesgo en 43,9%. Los parámetros con mayor número de muestras fuera de la norma fueron los microbiológicos (21,2%) y el cloro residual (28,8%).

Conclusión. Aunque es un estudio preliminar, los resultados indican que el agua utilizada en la mayoría de las industrias participantes puede producir deterioro de los alimentos y ser una vía de transmisión de microorganismos patógenos; por lo tanto, es importante organizar un programa continuo de seguimiento y control.

Palabras clave: calidad del agua, características microbiológicas del agua, características fisicoquímicas del agua, seguridad alimentaria, industria de alimentos, salud pública.

Microbiological and chemical quality of water used in Colombian food industries

Introduction. Food safety is a public health concern that is recognized worldwide. Food-borne diseases affect millions of people throughout the world, although mainly in developing countries. The current study was performed within the framework of an inter-administrative agreement in Colombia that considers decisions for improving the sanitary status of products from the agrofood industry in Colombia.

Objective. Water used in Colombian food industries was assessed for its hygienic and sanitary qualities.

Materials and methods. The descriptive cross sectional study included 66 industries located in eight geographic provinces across Colombia, including the Capital District of Bogotá. The analytical determinations included 13 physical-chemical parameters, three bacteriological parameters, organophosphate and carbamate levels and presence of 10 metals. Half of the industries were associated with production of dairy products and the other half with the meat-packing industry.

Results. Using the the current standards for human drinking water, the risk index of the food industry water samples was high for 4.5% of these industries, moderate risk for 34.8%, low risk for 16.7% and for 43.9%, no risk. The parameters with the highest number of samples not in compliance with water health standards were microbiological (21.2%) and residual chlorine (28.8%).

Conclusions. The results showed that the water used in most food industries can produce food spoilage and transmission of pathogen microorganisms. Importance is stressed for organizing a constant program of monitoring and control of water usage in food industries.

Key words: Water quality, water microbiological characteristics, water physicochemical characteristics, food security, food industry, public health.

El Sistema Epidemiológico para la Vigilancia de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (SIRVETA), coordinado por el Instituto Americano para la Protección y Zoonosis (INPPAZ) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), reporta que en los últimos nueve años se recibieron 8.511 informes de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, procedentes de 22 países de la región. También informa, aunque con subregistro, que entre 1993 y 2002 en las Américas se presentaron 6.930 brotes, 17,8% de los cuales fueron originados por derivados de la pesca, 16,1% por agua, 11,7% por carne roja y 2,6% por frutas y vegetales (1).

La mayoría de las naciones industrializadas que cuentan con un sistema de registro de enfermedades transmitidas por alimentos, ha llegado a establecer que durante las últimas décadas, una persona de cada tres puede ser afectada con este tipo de enfermedades, mientras que en los países en desarrollo, lo más probable es que el problema esté aún más generalizado (2).

En estos últimos, las enfermedades diarreicas transmitidas por los alimentos y por el agua, son las principales causas de enfermedad y muerte; se estima que 2,2 millones de personas mueren anualmente, la mayoría de las cuales son menores de edad (3).

En el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública en Colombia (Sivigila), la notificación de las intoxicaciones transmitidas por alimentos y por agua fueron, en promedio, 8.077 casos en el 2005-2006, y 5.533 en el 2007-2008, mientras que en el 2009 fueron 14.562 casos, más del doble del promedio de los años anteriores (4).

Se ha calculado que alrededor de 20% del total de los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos en el país, se presentan en el Distrito Capital (5). Probablemente, se deba a una mejor vigilancia de las enfermedades transmitidas por alimentos en esta zona del país y, posiblemente, por esta razón, se haya reportado un mayor número de notificaciones obligatorias al Sivigila durante el 2009.

Correspondencia:

Elizabeth Silva, Grupo de Salud Ambiental "Jaime Eduardo Ortiz Varón", Subdirección Red Nacional de Laboratorios, Instituto Nacional de Salud, Avenida calle 26 N° 51-20, Bogotá, D.C., Colombia

Teléfono: (571) 220 7700, extensiones 1318 y 1295; fax: (571) 220 7700, extensión 1296

esilva@ins.gov.co

Recibido: 29/12/09; aceptado: 27/05/10

Ante la importancia de esta problemática, la quincuagésima tercera Asamblea Mundial de la Salud en el año 2000 adoptó una resolución por la cual se reconoce la inocuidad en alimentos como una función esencial en salud pública (3). En un esfuerzo por facilitar la discusión sobre las acciones prácticas y las recomendaciones para promover la seguridad alimentaria, la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) y la OMS han promovido una serie de eventos globales y regionales entre sus países miembros (1,6-9).

Acorde con las conclusiones planteadas sobre las acciones por tomar, en Colombia se estableció el convenio interadministrativo CONPES 3375 de 2006, el cual manifiesta la necesidad de "mejorar el estatus sanitario de la producción agroalimentaria del país, con el fin de proteger la salud y vida de las personas, los animales y las plantas, preservar la calidad del medio ambiente y al mismo tiempo mejorar la competitividad de la producción nacional a través de su capacidad para obtener la admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales".

El agua que, además de ser incluida como alimento, es utilizada para diferentes fines en las etapas de producción de las empresas de alimentos, debe ser potable para todo propósito; sin embargo, su calidad puede verse afectada por la presencia de microorganismos patógenos o por contaminantes químicos.

La mayoría de los países con sistemas para notificar casos de enfermedades transmitidas por alimentos, han documentado aumentos significativos en la incidencia de enfermedades causadas por microorganismos en los alimentos, como *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* y *Escherichia coli* enterohemorrágica, y parásitos del género *Cryptosporidium* spp., *Cyclospora* spp., trematodos, protozoarios y helmintos intestinales.

Por otro lado, las sustancias químicas son una fuente significativa de enfermedades transmitidas por alimentos; este tipo de contaminantes incluyen tóxicos naturales, toxinas marinas, contaminantes ambientales como los metales pesados, aditivos alimentarios como las vitaminas y los minerales esenciales, plaguicidas y residuos de medicamentos veterinarios, usados deliberadamente para aumentar o mejorar el suministro de alimentos, entre otros (3).

Teniendo en cuenta que los problemas de salud pública relacionados con la inocuidad de

los alimentos necesitan ser manejados en el enfoque de la cadena alimentaria, controlando los diversos estados de producción, procesamiento, almacenamiento y distribución (1), el Instituto Nacional de Salud, en coordinación con el Ministerio de la Protección Social, realizó el presente estudio, con el objeto de conocer la calidad del agua que se utiliza en las industrias de alimentos y hacer una valoración de este factor de riesgo en relación con las enfermedades transmitidas por alimentos.

Materiales y métodos

Durante el 2007 se realizó un estudio descriptivo transversal, con el propósito de caracterizar la calidad del agua de proceso utilizada en industrias de alimentos lácteos, cárnicos y derivados de la pesca.

Número de muestras

La selección de las industrias se llevó a cabo mediante un muestreo por conveniencia, en el que se escogieron 80 fábricas de alimentos.

Los criterios de inclusión fueron: industrias de alimentos lácteos, cárnicos y derivados de la pesca, localizadas en el área de muestreo y que aceptaran participar voluntariamente en el estudio, quedando como constancia la firma del consentimiento informado.

El tamaño de la muestra fue definido adjudicándole un peso ponderado a cada área de estudio, el cual dependió del número de industrias de alimentos que estuvieran registradas en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (10). El tamaño de las empresas participantes estuvo definido por el número de empleados según los datos establecidos por la Cámara de Comercio: microempresa, con dos empleados o menos; pequeña empresa, de tres a siete empleados; empresa mediana, de ocho a 22 empleados, y empresa grande, más de 22 empleados.

Lugares de muestreo

El área de estudio estuvo constituida por el Distrito Capital y por las siguientes capitales de departamento, con inclusión de industrias ubicadas en poblaciones cercanas a algunas de ellas: Barranquilla y Malambo; Montería y Cereté; Medellín, Rionegro y San Antonio de Prado; Bucaramanga, Cali, Cartagena, Neiva y Pasto.

Diseño de la encuesta

El estudio incluyó el diligenciamiento de una encuesta, en la que se consignaron los datos de

identificación de las industrias y algunas variables con relación al tipo de agua utilizada, la fuente de procedencia, los procesos en los que se utiliza, las determinaciones analíticas y el control de calidad que se realiza dentro de la empresa.

Recolección y análisis de las muestras

El estudio piloto estuvo constituido por 14 de las 80 fábricas muestreadas. Las encuestas, el protocolo de recolección de las muestras y las determinaciones analíticas, fueron probadas mediante este estudio y se hicieron los ajustes de tiempos, movimientos e instrumentos.

Se realizaron dos muestreos por industria. En cada muestreo se recolectaron aproximadamente 4 litros de agua distribuidos en cinco recipientes de condiciones específicas según la determinación analítica. En las industrias seleccionadas para la realización del análisis de plaguicidas por cromatografía, se recolectaron 2,5 L de agua adicionales. El montaje para la detección de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y quistes de *Giardia* spp. se realizó en muestras de agua recolectadas en cinco grifos del Instituto Nacional de Salud y en cinco grifos del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia (ICTA).

Las muestras se transportaron a los laboratorios del Grupo de Salud Ambiental "Jaime Eduardo Ortiz Varón" de la Subdirección Red Nacional de Laboratorios del Instituto Nacional de Salud, en condiciones de refrigeración; el tiempo máximo transcurrido entre la recolección y la llegada al laboratorio fue de 24 horas.

Una vez registrado el ingreso, las muestras se codificaron, minimizando sesgos en los análisis de laboratorio. Los procedimientos analíticos fueron realizados en el grupo, con excepción de la determinación de plaguicidas organofosforados y carbamatos por cromatografía, la cual se procesó en el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia.

Las determinaciones analíticas realizadas en el estudio incluyeron trece parámetros fisicoquímicos, tres microbiológicos, diez tipos de metales y determinaciones indirectas de residuos de plaguicidas organofosforados y carbamatos (cuadro 1). Con el objeto de confirmar los resultados cualitativos de plaguicidas, se hicieron análisis por cromatografía de gases y por cromatografía líquida de alta eficacia con derivación postcolumna

y detección por fluorescencia (HPLC-FLD), al 10% de las muestras, las cuales se escogieron al azar entre las industrias del Distrito Capital.

Además, como uno de los objetivos del estudio, se propuso definir la metodología más conveniente para la detección de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y quistes de *Giardia* spp. en muestras de agua, y montar dicha metodología.

Los métodos utilizados en las determinaciones analíticas se encuentran en el cuadro 1. Las condiciones específicas de trabajo para los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de metales, se encuentran descritas en los manuales *Análisis de agua para consumo humano* (13) y *Determinación de trazas de metales en muestras biológicas y ambientales* (14).

Los análisis cromatográficos para la determinación de plaguicidas incluyeron el estudio de los siguientes compuestos organofosforados: dimetoato, diazinón, clorotalonil, monocrotofos, m-paratión, diclofuanid, malatión, clorpirifos, matalaxil, captan, isofenós, profenofós, tiabendazol, propargite, iprodión, tebuconazol, tetradifón, pirazofós y difenoconazol. Los plaguicidas N-metilcarbamatos incluidos en el análisis cromatográfico fueron: aldicarb, aldicarb sulfóxido, aldicarb sulfato, carbofurán, 3-OH-carbofurán, 3-ceto-carbofurán, metomilo, oxamilo y carbarilo.

Montaje metodológico y determinación de parásitos

Para la determinación de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y quistes de *Giardia* spp. en agua, se implementó la metodología validada por la *Environmental Protection Agency* (EPA), método 1623 de diciembre de 2005 (15), que consta de tres pasos fundamentales: filtración, purificación y detección.

Determinación del índice de riesgo de la calidad del agua potable

Los resultados de los parámetros estudiados fueron analizados con base en el índice de riesgo de la calidad del agua potable, conforme a la norma vigente para el *Sistema de la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, establecido y reglamentado, en el Decreto número 1575 de 2007 y en la Resolución 2115 de 2007, respectivamente (16,17). Mediante el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua potable, a cada industria participante se le determinó el nivel de riesgo de presentación de las enfermedades

relacionadas con la falta de cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

Análisis estadístico

A partir de la información obtenida en la encuesta y en las determinaciones analíticas, se creó una base de datos para cada industria participante, se describieron las variables contempladas en el estudio y, posteriormente, se hizo un análisis univariado para observar la asociación de cada una de las variables independientes con los valores analíticos encontrados.

Para la interpretación de los resultados, se analizaron las varianzas y los promedios mediante la prueba de ji al cuadrado. La encuesta y los análisis se hicieron con el programa Epi Info, versión 6.04 (*Centers for Disease Control and Prevention*, CDC, USA; *World Health Organization*, Geneva, Switzerland).

Resultados

De las 80 industrias de alimentos participantes, 14 (17,5%) localizadas en el Distrito Capital conformaron el estudio piloto. Las 66 restantes (82,5%) constituyeron la población seleccionada para el análisis; en el cuadro 2 se encuentra su distribución según la localización geográfica. Se recolectaron 160 muestras correspondientes a dos muestreos en cada una de las industrias, 28 muestras pertenecientes al estudio piloto y 132 incluidas en el análisis. Al 100% de las muestras se les realizaron las determinaciones fisicoquímicas, microbiológicas, de metales pesados, y la determinación cualitativa de residuos de plaguicidas organofosforados y carbamatos.

Encuesta

La encuesta fue diligenciada en su totalidad por el 100% de las industrias participantes; los profesionales encargados del muestreo y de la aplicación de la encuesta, tuvieron la apreciación de una adecuada disposición de la planta física, tanto en el exterior como en el interior de las industrias visitadas.

Según la información suministrada por los funcionarios designados, la mayoría de las industrias (66,6%) eran microempresas (23/66) y empresas pequeñas (21/66); el porcentaje restante estuvo repartido en partes iguales entre las industrias medianas y grandes (11 de cada tamaño).

La mitad de las industrias participantes derivaban su actividad económica de los productos cárnicos y

Cuadro 1. Parámetros y metodologías utilizadas en las determinaciones analíticas.

Parámetros fisicoquímicos	Metodología (11)
Potencial de hidrogeno (pH)	Electrométrico
Conductividad	Método electrométrico
Turbiedad	Turbidimétrico
Cloro residual	Titulación volumétrica con FAS-DPD
Acidez	Titulación por volumetría
Alcalinidad	Titulación por técnica volumétrica
Dureza total	Titulación por técnica volumétrica con EDTA
Dureza al calcio	Titulación por técnica volumétrica con EDTA
Cloruros	Argentométrico
Color	Comparación visual platino-cobalto
Fosfatos	Cloruro de estaño por colorimetría
Hierro	Colorimétrico (1,10 fenantrolina)
Sulfatos	Turbidimétrico
Metales	
Plomo, cadmio, níquel, molibdeno	Espectrofotometría de absorción atómica horno de grafito
Calcio, magnesio, manganeso, cinc, plata	Espectrofotometría de absorción atómica llama
Mercurio	Espectrofotometría de absorción atómica vapor frío
Plaguicidas	
Determinación indirecta <i>in vitro</i> de residuos de plaguicidas organofosforados y carbamatos	Extracción en fase sólida y método de Limperos y Ranta modificado por Edson (12), adaptado a aguas por el GSA-SRNL
Organofosforados	Cromatografía de gases en fase sólida
N-metilcarbamatos	HPLC FLD
Parámetros microbiológicos	
Coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Filtración por membrana y sustrato definido
Mesófilos	Filtración por membrana

Cuadro 2. Número y porcentaje de industrias de alimentos según área de estudio, 2007.

Área de estudio	N	Porcentaje
Atlántico (Barranquilla y Malambo)	5	7,6
Bogotá, D.C.	20	30,3
Bolívar (Cartagena)	3	4,5
Córdoba (Montería y Cereté)	3	4,5
Antioquia (Medellín, Rionegro, San Antonio de Prado)	12	18,2
Huila (Neiva)	1	1,5
Nariño (Pasto)	4	6,1
Santander (Bucaramanga)	5	7,6
Valle (Cali)	13	19,7
Total	66	100,0

de los productos de la pesca; estuvieron repartidos en 83% los provenientes de vacunos, 15% de peces y mariscos, y 2% de porcinos. La actividad económica de la otra mitad provenía de la leche y sus derivados.

De las industrias estudiadas, 98,5% (65/66) captaban el agua del acueducto municipal; de ellas, tres, además la captaban de pozos y una de fuente fluvial. El agua utilizada fue catalogada como potable en 78,8% (52/66) de las industrias y como agua tratada en 28,8% (19/66) de ellas.

Los usos a los que destinaban el agua incluían: servicios, 95,4% (63/66), consumo, 80,3% (53/66), comidas, 66,7% (44/66), calderas, 53% (35/66), enfriamiento, 37,9% (25/66) y aseo en 100% de las industrias. El agua residual correspondió a aguas servidas en 95,5% de ellas, de lavado en 7,6% y 1,5% en cada una de las aguas de reproceso con carga orgánica y caliente. Las descargas se hacían en el alcantarillado en 84,8%, en efluentes en 3% y recibían tratamiento en 15,2% de las industrias.

Según la información diligenciada en la encuesta, en el agua del proceso principal llevaban a cabo determinaciones físicas, químicas y microbiológicas, por lo menos, una vez al año, en 50,8% de las industrias participantes.

Los análisis físicos de apariencia se hacían en 15,2% de las industrias, los de color en 24,2%, los de olor y turbiedad en 18,2%, los de sabor en 15,2%, los de pH en 43,9%, los de sólidos totales en 9,1% y otros en 3%. Con respecto a los análisis químicos, se determinaban: cloro residual (37,9%), cloruros (22,7%), dureza total (19,7%), hierro total (16,7%), sulfatos (7,6%), aluminio (3%), metales (7,6%), orgánicos (3%), plaguicidas (10,6%) y otros (6,1%).

De las determinaciones microbiológicas, 39,4% realizaban análisis de coliformes totales, 36,4% de *Escherichia coli*, 25,8% de heterótrofos, 7,6% de *Pseudomonas* spp., 1,5% de hongos y levaduras y de otros 3%. A las aguas residuales les determinaban el pH (15,2%); los sólidos suspendidos totales, la demanda química de oxígeno y la temperatura (13,6%); la demanda biológica de oxígeno (10,6%), y otros (4,5%).

Determinaciones analíticas

Los resultados de las determinaciones analíticas fueron catalogados teniendo en cuenta las características y los instrumentos básicos de las normas vigentes para el control de la calidad del agua en el territorio colombiano, que corresponden al Decreto 1575 de 2007 y a la Resolución 2115 de 2007 (16,17).

Parámetros fisicoquímicos

Las muestras de agua recolectadas en 40 (60,6%) de las industrias de alimentos participantes, cumplían con las normas establecidas para los 13 parámetros fisicoquímicos analizados. Los niveles encontrados en nueve parámetros estuvieron dentro de los límites permisibles en todas las muestras de agua estudiadas. En los cuatro restantes, una o más muestras presentaron resultados fuera de los límites establecidos por la norma; estos parámetros fueron cloro residual libre, hierro, turbidez y pH (figura 1).

En 38 (28,8%) de las 132 muestras se encontraron valores de cloro residual libre inferiores a la normatividad vigente (0,3 a 2,0 mg/L) y correspondieron a 26 industrias de alimentos; estos valores estuvieron entre no detectables (con límite de detección de 0,05 mg/L) y 0,2 mg/L de Cl_2 . Dos industrias presentaron en sus primeras muestras valores superiores a la norma. Sin embargo, en el segundo muestreo estuvieron dentro de los límites permisibles (cuadro 3). Tres de las 132 muestras analizadas, pertenecientes a dos industrias, presentaron 0,34, 0,51 y 0,53 mg de hierro por litro, valores que son superiores a la norma ($\leq 0,3$ mg/L).

La turbiedad en dos muestras de dos industrias de alimentos, tuvo valores de 2,1 y 2,5 unidades nefelométricas, niveles que son superiores a la norma (≤ 2 unidades nefelométricas). Una muestra presentó un pH de 6,4, valor muy cercano al mínimo permitido (6,5) y esto sucedió en una industria donde el valor de la segunda muestra cumplió con lo establecido en la normatividad (figura 1).

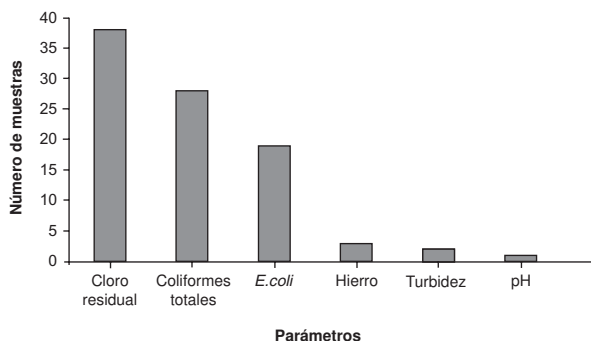


Figura 1. Parámetros que presentaron valores fuera de los límites permisibles y número de muestras en cada uno de ellos.

Metales

El 100% de las industrias incluidas en el estudio cumplían con los límites establecidos en la norma para los 10 tipos de metales estudiados.

Plaguicidas organofosforados y carbamatos

Los resultados de los análisis para residuos de plaguicidas organofosforados y carbamatos realizados por el método cualitativo, estuvieron dentro de los límites aceptados por la norma, y los análisis cromatográficos los confirmaron.

Determinaciones microbiológicas

En los resultados bacteriológicos se obtuvo concordancia entre las dos metodologías utilizadas: filtración por membrana y sustrato definido. Los valores encontrados en las muestras de agua pertenecientes a 63,6% (42/66) de las industrias participantes cumplían con la norma establecida para los parámetros microbiológicos analizados. De las muestras estudiadas, 28 (21,2%) presentaron coliformes totales, a 19 de ellas, además, se les detectó *E. coli* (figura 1). Los valores para coliformes totales variaron entre 5 y 190 UFC/100 ml, para *E. coli*, entre 2 y 60 UFC/100 ml, y para mesófilos, entre 5 UFC/100 ml y más de 300 UFC/100 ml (cuadro 3).

Determinación de parásitos

El resultado de las 10 muestras recolectadas en el Instituto Nacional de Salud y en el ICTA, para la determinación de parásitos en agua, fue de cero ooquistes por litro para *Cryptosporidium* spp. y de cero quistes por litro para *Giardia* spp., encontrándose dentro de los límites establecidos por la normatividad.

Resultados del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano

Para hallar en cada industria el valor total del índice del riesgo de la calidad del agua para consumo

Cuadro 3. Listado de las industrias cuyos resultados microbiológicos y de cloro residual libre, no cumplieron con la normatividad*.

Código industria primer muestreo	FQ Cloro residual	Resultados microbiológicos UFC/mL			Código industria segundo muestreo	FQ Cloro residual	Resultados microbiológicos UFC/mL		
		Mesófilos	Coliformes totales	<i>E. coli</i>			Mesófilos	Coliformes totales	<i>E. coli</i>
001	ND	0	0	0	080	ND	0	0	0
005	0,2	205	190	0	047	0,1	0	0	0
009	0,1	0	0	0	068	0,1	0	0	0
010	4,7	0	0	0	067	0,4	>300	80	60
016	ND	63	18	0	054	0,3	0	0	0
020	0,2	0	0	0	061	0,3	0	0	0
021	0,7	0	0	0	043	0,7	6	5	4
026	0,5	0	0	0	042	0,2	0	0	0
028	0,5	0	0	0	041	ND	0	0	0
033	ND	>300	58	39	109	0,2	15	0	0
035	0,2	0	0	0	107	0,2	0	0	0
038	0,4	0	0	0	117	0,5	>300	69	42
039	0,1	>300	9	4	115	0,5	0	0	0
040	2,1	20	0	0	112	0,3	0	0	0
062	0,1	0	0	0	101	0,2	48	0	0
063	ND	0	0	0	099	0,1	>300	42	18
064	ND	0	0	0	100	ND	57	35	0
066	ND	0	0	0	103	ND	>300	11	0
071	1,1	>300	30	4	105	1,3	>300	60	5
072	ND	>300	79	49	106	ND	>300	75	17
073	0,2	4	0	0	104	0,5	0	0	0
074	ND	>300	79	49	143	ND	0	0	0
076	0,1	28	0	0	141	ND	0	0	0
077	0,2	0	0	0	140	0,7	0	0	0
078	1,1	49	33	20	142	0,3	0	0	0
081	0,6	67	32	21	134	0,7	0	0	0
083	0,8	0	0	0	127	0,6	27	12	7
084	0,6	19	6	2	139	0,7	0	0	0
086	0,9	15	6	0	131	0,9	0	0	0
091	0,6	0	0	0	132	0,6	27	5	0
093	0,7	0	0	0	130	0,6	>300	41	31
094	0,5	45	36	2	124	0,2	>300	55	7
095	0,6	30	0	0	125	0,2	19	8	0
096	0,5	1	0	0	126	0,3	28	8	0
097	0,5	40	7	0	123	0,1	>300	55	7
098	0,7	3	0	0	122	0,2	23	0	0
121	0,5	0	0	0	146	0,1	0	0	0
Límite de detección	0,05 mg/L				Valores admisibles*	0,3-2,0 mg/L		0 UFC/100 ml	

FQ: fisicoquímico; UFC: unidades formadoras de colonias

humano, se promediaron los valores presentados en la primera y la segunda muestra. En el cuadro 4 se encuentra la distribución de las industrias de alimentos según el nivel de riesgo, y el rango de los valores del índice de riesgo de la calidad del agua obtenido en cada nivel. Del total de las industrias estudiadas, 56,1% presentó algún nivel de riesgo. Por otra parte, según el riesgo, las zonas geográficas quedaron clasificadas así: Córdoba, sin riesgo; Bogotá, Valle y Antioquia, con riesgo bajo, y Atlántico, Santander, Bolívar, Huila y Nariño, con riesgo medio.

Discusión

El presente estudio proporciona información sobre un factor esencial en la cadena de producción, como es el agua que se utiliza en las industrias de alimentos, la cual es requerida en grandes volúmenes. Se utiliza en la fabricación, el tratamiento, el transporte, la conservación y la comercialización, de las materias primas y de los productos finales, y además, se usa en la limpieza de superficies y de objetos que están en contacto con los alimentos.

Cuadro 4. Número de industrias de alimentos según el tipo e índice de riesgo de la calidad del agua.

Nivel de riesgo	Clasificación IRCA (%)	Industrias de alimentos		
		Número	Porcentaje	IRCA (%)
Sin riesgo	0 - 5	29	43,9	0
Riesgo bajo	5,1 - 14	11	16,7	7,5
Riesgo medio	14,1 - 35	23	34,8	15 - 35
Riesgo alto	35,1 - 80	3	4,5	35,8-55
Inviabile sanitariamente	80,1 - 100	0	0	0
Total		66	100	

IRCA: índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano

Se pretende, por lo tanto, aportar en el análisis de factores de riesgo y ofrecer colaboración a los protagonistas en la cadena alimentaria, en uno de los puntos críticos que se deben considerar dentro del sistema de trazabilidad en la gestión de la inocuidad alimentaria. En este contexto, los resultados aquí encontrados, aunque tienen validez sólo para las muestras analizadas en este estudio, representan una aproximación para abordar la situación de la calidad del agua en la industria, con miras a ubicar causas de contaminación en la cadena alimentaria, que conduzcan a mejorar la calidad de los productos nacionales y la capacidad para ingresar al mercado internacional.

La actividad de las industrias participantes fue escogida teniendo en cuenta que los cárnicos, lácteos y productos de la pesca, son alimentos considerados de mayor riesgo en la salud pública, debido a su composición, factores nutricionales y consumo masivo; por estas características, se convierten en un factor potencial para la generación de riesgos para las enfermedades transmitidas por alimentos.

Los estándares de la industria de la alimentación especifican que el agua que esté en contacto con los alimentos, e inclusive la usada para higienización de equipos y utensilios en las industrias alimentarias, debe tener el mismo patrón microbiológico y de potabilidad del agua para consumo humano. Según las normas legales vigentes, el agua potable no debe presentar coliformes totales ni *E. coli* y, como prueba complementaria, se recomienda determinar microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable es de 100 UFC en 100 ml (17).

Los coliformes hacen parte del grupo de microorganismos indicadores de la calidad microbiológica del agua y, más recientemente, de los alimentos. Están constituidos por los géneros *Klebsiella* spp., *Escherichia* spp., *Citrobacter* spp. y *Enterobacter* spp., y aunque están asociados con

las heces, *E. coli* es el indicador microbiológico de contaminación fecal, originaria del hombre y de los animales de sangre caliente, preciso para ser aplicado en el agua para consumo humano. Este microorganismo forma parte de la microflora normal del intestino humano y, también, es un versátil patógeno gastrointestinal.

Los parámetros microbiológicos, importantes para indicar la calidad higiénica y sanitaria del agua, son de gran aplicabilidad en la industria de alimentos, donde el agua tiene la potencialidad de actuar como vehículo de transmisión de agentes patógenos, y de afectar la higiene y desinfección de los equipos, utensilios y superficies que están en contacto con los alimentos (18).

Uno de los resultados más críticos, encontrados en el presente estudio, fue el de la contaminación microbiológica, lo cual plantea que el agua utilizada en las industrias puede ser una vía de transmisión de microorganismos que deterioren los alimentos o transmitan enfermedades, más aún, si se tiene en cuenta que los productos de origen animal, como carnes, leches y derivados de la pesca, son un excelente sustrato para la multiplicación de microorganismos, incluyendo los de transmisión hídrica.

En el estudio se encontró que 36,4% de las industrias presentaban *E. coli*, coliformes totales o ambos, por lo menos, en una de sus muestras de agua. El mismo resultado (36%) se reportó en un estudio realizado en 64 industrias en São Paulo, Brasil (19), y un valor similar aunque un poco más alto (47,4%) se encontró en Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, en fábricas de helados (20).

En contraste con los parámetros microbiológicos, es importante resaltar que las muestras estudiadas no presentaron residuos de plaguicidas organofosforados, ni carbamatos, como tampoco trazas de los metales que fueron incluidos en el análisis. Este hecho representa un importante nivel

de confianza en las aguas estudiadas, ya que no se constituyen en una fuente de riesgo químico. De esta manera, se evitan los peligros que representa la exposición crónica, la cual, además de pasar inadvertida, puede representar un riesgo a largo plazo para la salud de los consumidores, especialmente para los niños, las mujeres embarazadas y los adultos mayores, por su mayor sensibilidad.

Con respecto a los parámetros físicos y químicos, el cloro residual libre fue el que presentó un mayor número de muestras con valores fuera de los límites permisibles (cuadro 3). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el cloro es inestable en soluciones acuosas y su concentración disminuye rápidamente en muestras de agua o en soluciones muy diluidas sometidas a agitación o a la luz. Ante la probabilidad de que durante el transporte las muestras hayan variado su concentración de cloro, es conveniente verificar los resultados.

Hubo dos industrias que, aunque presentaron valores de turbiedad por encima de la norma, cumplían con las disposiciones del Decreto 475 de 1998 (21), el cual dejó de estar vigente durante el año en que se realizó el estudio. La nueva norma dispuso un plazo de un año a partir de la fecha de su expedición, para adecuar los sistemas de suministro de agua con el fin de dar cumplimiento a las nuevas disposiciones. Habría que verificar con nuevos muestreos si los ajustes ya se han realizado.

Con respecto al análisis de hierro, se encontraron valores superiores a los permisibles en una industria que presentaba tubería oxidada en sus instalaciones y durante el diligenciamiento de la encuesta informó que se encontraba en trámites para proceder a cambiarla.

En la mayoría de las industrias participantes en el estudio, el agua procedía del acueducto; este suministro es competencia del municipio, que debe garantizar que el agua de las redes de distribución sea apta para el consumo humano y es responsable de la realización de los autocontroles respectivos. Por su parte, la industria de alimentos es responsable de garantizar la calidad del agua que emplea en su proceso, tanto si el suministro procede de una red de distribución, como si es producto de autoabastecimiento; en esta última situación, el autocontrol debe ser más riguroso.

Según la información suministrada en la encuesta, fueron pocas las industrias que incluyeron los tres tipos de determinaciones físicas, químicas y microbiológicas en sus análisis de autocontrol, y

sólo la mitad analizaba el agua del proceso principal, por lo menos, una vez al año. Entre estas industrias estuvieron incluidas las cinco que se autoabastecían de pozos y fuentes fluviales. Teniendo en cuenta que los tratamientos convencionales de agua no remueven los plaguicidas solubles, ni los metales pesados, es importante llamar la atención acerca de la ausencia de contaminación química, con respecto a este tipo de compuestos, en las fuentes de abastecimiento de agua de las industrias participantes.

Según los resultados del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, el agua de 56,1% de las industrias participantes presentó índices de riesgo no aptos para el consumo humano, y aunque este cálculo está basado en muestras puntuales que no representan el estado general y constante del agua que se utiliza en el proceso de las industrias, los resultados obtenidos plantean un estimativo de la calidad del agua y de los parámetros que pueden estar presentando deficiencias en el cumplimiento de la normatividad.

Se recomienda, por lo tanto, establecer un programa de seguimiento y de control adecuados, para establecer los reales niveles de riesgo en las industrias de alimentos y proceder a corregirlos.

Teniendo en cuenta que la Red de Laboratorios de Salud Pública requiere ser fortalecida ampliando la cobertura en la detección de microorganismos patógenos (1) y que en el contexto nacional se sabe muy poco sobre los riesgos ambientales y de salud que representan los protozoos patógenos (22), en el desarrollo del presente estudio se implementó la metodología para el análisis de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en agua, avanzando en los requisitos necesarios para que el Grupo de Salud Ambiental de la Subdirección Red Nacional de Laboratorios del Instituto Nacional de Salud, cumpla con las tareas que al respecto le han sido asignadas mediante la Resolución 2115 de 2007 (17).

Los resultados de este estudio ofrecen información preliminar de las industrias de alimentos con respecto a la calidad del agua, la cual constituye uno de los parámetros de la calidad legal, que comprende entre otros los aspectos higiénico, sanitarios y tecnológicos, aplicables no sólo al producto terminado, sino a materias primas, productos semielaborados y procesos (23).

A las administraciones públicas corresponde velar por el cumplimiento de los estándares de calidad

y prestar atención a estos parámetros de calidad legal. Por lo tanto, sería conveniente apoyar e impulsar las normas para la implementación de un programa de vigilancia y control para las industrias de alimentos, que incluya la vigilancia de la calidad del agua de proceso; de esta manera se van integrando los principios del concepto “desde la etapa de la producción hasta el consumo” y se va obteniendo información que ayude a formular estrategias nacionales para la reducción de los riesgos relacionados con la cadena alimentaria.

Agradecimiento

A Tatiana Ardila y Eldo Montenegro por la colaboración prestada durante la realización del estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que durante la realización del trabajo no existió conflicto de intereses de ningún tipo.

Financiación

Este trabajo fue financiado mediante un convenio interadministrativo establecido entre el Ministerio de la Protección Social y el Instituto Nacional de Salud, dentro del marco del documento CONPES 3375, el cual fija la Política Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad de Alimentos para el Sistema de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias.

Referencias

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud.** Seguridad Alimentaria para Las Américas y El Caribe. Acciones prácticas para promover la seguridad alimentaria. Conferencia Regional FAO/WHO/OPS, San José de Costa Rica, Costa Rica (2005). Sistema Nacional de Inocuidad de los Alimentos: análisis de la situación en Colombia. Fecha de consulta: 30 de abril del 2010. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/010/af182s.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud.** Enfoques integrados para la gestión de inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria. Foro Mundial FAO/OMS. Marruecos, Turquía, 2002. Fecha de consulta: 1º de mayo del 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/004/Y1956S.htm>.
- Organización Mundial de la Salud.** Estrategia global de la OMS para la inocuidad de los alimentos: alimentos más sanos para una salud mejor. Departamento de Inocuidad de Alimentos. (2002). Fecha de consulta: 1º de mayo del 2010. Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/publications/general/en/strategy_es.pdf.
- Instituto Nacional de Salud, Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública.** Sistema de Vigilancia en Salud Pública - SIVIGILA, semana epidemiológica 52 - del domingo 23 de diciembre de 2007 al sábado 29 de diciembre de 2007. Casos totales en la semana epidemiológica 52 y acumulados del año. Fecha de consulta: 5 de mayo del 2010. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/?idcategoria=1731&pag=3>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Comunidad Andina.** Perfil de proyecto calidad e inocuidad de alimentos. Bogotá, Colombia, 2004. Fecha de consulta: 29 de junio del 2009. Disponible en: http://www.comunidadandina.org/rural/doc_seguridad/cia.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud.** Conferencia Paneuropea sobre calidad e inocuidad de alimentos. Informe final, Budapest, Hungría, 2002. Fecha de consulta: 29 de junio del 2009. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/004/y3696s/y3696s00.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud.** Conferencia regional sobre inocuidad de alimentos en Asia y el Pacífico. Informe final, Seremban, Malasia, 2004. Fecha de consulta: 29 de junio del 2009. Disponible en: http://www.foodsafetyforum.org/asian/report_es.asp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud.** Regional Meeting on Food Safety for the Near East. Amman, Jordan, 2005. Fecha de consulta: 29 de junio del 2009. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/meetings/ne_inf3_en.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud.** Regional Conference of Food Safety for Africa. Final report. Harare, Zimbabwe, 2005. Fecha de consulta: 29 de junio del 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/010/a0215e/A0215E00.htm>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** Información estadística. Colombia. Variables principales según departamentos y divisiones industriales. Total nacional. 2005. Fecha de consulta: 17 de mayo de 2007. Disponible en: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=96:encuesta-anual-manufacturera&catid=84:industria.
- Clescen LS, Greenberg AE, Eaton AD.** Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. Washington, D.C.: Joint Editorial Board; 1999. p. 10-167.
- Limperos G, Ranta KE.** A rapid screening test for the determination of the approximate cholinesterase activity of human blood. Science. 1953;117:453-5.
- Ortiz JE, Palma RM, Rodríguez E, López LM, Peñaranda SA, Raad J.** Análisis de agua para consumo humano. Primera edición. Bogotá: División de Biblioteca y Publicaciones, Instituto Nacional de Salud; 1999. p. 83.
- Podlesky EO, Ortiz JE, Villamil de García G.** Determinación de trazas de metales en muestras biológicas y ambientales. Manual de procedimientos. Primera edición. Bogotá: División de Biblioteca y Publicaciones, Instituto Nacional de Salud, 1992. p. 15-9.
- US Environmental Protection Agency.** Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/Ins/FA. Diciembre 2005. Office of Water (4607). Fecha de consulta: 10 junio del 2007. Disponible en: <http://www.epa.gov/microbes/1623de05.pdf>.

16. **Ministerio de la Protección Social.** Por el cual se establece el Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. Decreto Número 1575 de 2007, Bogotá, D.C.: Ministerio de la Protección Social; Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; 2007.
17. **Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.** Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Resolución 2115 de 2007, Bogotá, D.C.: Ministerio de la Protección Social; Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; 2007.
18. **Amaral LA, Nader A, Rossi OD, Ferreira F, Barros L.** Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Rev Saúde Pública.* 2003;37:510-4.
19. **Amaral LA, Rossi OD, Nader A.** Hygienic and sanitary quality of the water supplies of foods industries that process products of animal origin. *Hig Aliment.* 2000;14:73-6.
20. **Chaves C, Oliveira JV, Toledo MR, Barros H, Ramos MI.** Sanitary conditions of the water used in ice cream industry of Campo Grande. *Rev Cient Cult.* 1987;2:47-9.
21. **Ministerio de Salud.** Por el cual se expiden normas técnicas de la calidad del agua potable. Decreto Número 475 de 1998, Bogotá, D.C.: Ministerio de Salud; 1998.
22. **Solarte Y, Peña M, Madera C.** Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. *Colombia Médica.* 2006;37:74-82.
23. **Prieto M, Mouwen JM, López Puente S, Cerdeño A.** Concepto de calidad en la industria agroalimentaria. *Interciencia.* 2008;33:258-64.