

Montero Campos, Virginia; Hernández Soto, Alejandro; Masís Meléndez, Federico; Camacho Sandoval, Jorge; García Santamaría, Fernando; Barboza Rojas, Karina; López Cascante, Gustavo; Orozco Gutiérrez, Jimena. Hallazgo de la bacteria *Helicobacter pylori* en agua de consumo humano y su relación con la incidencia de cáncer gástrico en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, Vol. 24, N.º 3, Julio-Setiembre 2011, pp. 3-14

Hallazgo de la bacteria *Helicobacter pylori* en agua de consumo humano y su relación con la incidencia de cáncer gástrico en Costa Rica

Fecha de recepción: 10/08/2010

Fecha de aceptación: 05/10/2010

Virginia Montero Campos¹

Federico Masís Meléndez²

Gustavo López Cascante³

Alejandro Hernández Soto⁴

Karina Barboza Rojas⁵

Jimena Orozco Gutiérrez⁶

Jorge Camacho Sandoval⁷

Fernando García Santamaría⁸

Palabras clave

Helicobacter pylori, agua potable, cáncer gástrico.

Resumen

Helicobacter pylori (H. pylori) es una bacteria que se considera, presente en la mitad de la población humana y es un problema de salud pública a escala

mundial. Puede evadir la respuesta inmune que provoca y permanecer durante toda la vida en el humano que la hospeda, sin producir enfermedad; sin embargo, bajo condiciones no bien establecidas en algunas personas, esta relación puede cursar provocando diferentes patologías: gastritis, úlceras, linfoma MALT de células B y cáncer gástrico. La infección ocurre mayormente en países en vías de

1. Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: vmontero@itcr.ac.cr
2. Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: famasis@gmail.com
3. Estudiante del Centro de Investigación y Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: glopezca@racsa.co.cr
4. Centro de Investigación en Biotecnología (CIB). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: alejandrosoto@gmail.com
5. Estudiante del Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: karibarbosa10@gmail.com
6. Estudiante del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: jimenao_20@hotmail.com
7. Programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE). Correo electrónico: jorge.camacho.s@gmail.com
8. Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET). Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: fernando.garcia.santamaria@gmail.com

desarrollo y estrechamente relacionado con factores socioeconómicos.

Con respecto al origen, las investigaciones de *Helicobacter pylori* generalmente se han realizado a partir de muestras directas o indirectas de pacientes humanos. Sin embargo, pocos trabajos en el mundo dan cuenta de su hallazgo en agua y menos en agua de consumo de una población. Para la presente investigación se analizó un total de 122 muestras de agua de consumo de la población de 20 cantones escogidos de zonas de alta y baja incidencia de cáncer gástrico de Costa Rica, donde ya es reconocida en el mundo su alta incidencia, según información estadística del Registro Nacional de Tumores.

Se logró el cultivo e identificación molecular de *Helicobacter pylori* en el 40% de las muestras de agua de las zonas de alta incidencia de cáncer gástrico y en el 7% de las muestras de las zonas de baja incidencia. La investigación mostró una comparación estadística que correlaciona la incidencia de cáncer gástrico con factores geomorfológicos y físico químicos de los suelos donde nace el agua de consumo de las poblaciones de ambas zonas.

Key words

Helicobacter pylori, drinking water, gastric cancer.

Abstract

Helicobacter pylori is a bacterium considered to infect half of the human population, and is a public health problem worldwide. It is capable of avoiding the immune response it provokes in its human host and remain a lifelong without causing disease for long periods. However, under certain conditions not yet well established, this relationship leads to diverse pathologies as gastritis, ulcer, MALT lymphoma of B cells, and gastric cancer. The infection is more common in

underdeveloped countries and is closely related to socioeconomic level of the individuals.

Most studies published so far involve bacteria which have been found in human patients. Few studies worldwide relate to bacteria being found in water, much less in the drink water of populations, as is the case of this study. The present study involves the analysis of 122 samples of water of 20 cantons (counties) with diverse levels of incidence of gastric cancer in Costa Rica, a country with a particularly high gastric cancer incidence, according to registers. In 40% of the samples from high incidence areas, *Helicobacter pylori* was cultivated and identified, as opposed to 7% of the samples from low incidence areas.

Furthermore, this investigation found the level of incidence of gastric cancer to correlate to geomorphologic and physicochemical aspects of the soils where the water sources are.

Marco teórico

La infección por *H. pylori* ocurre en todo el mundo, pero se han encontrado diferencias significativas en la prevalencia tanto entre países como dentro de un país (Mitchell, 2001).

La prevalencia global es superior en los países de las regiones económicamente subdesarrolladas, como África y Asia, que en los países más desarrollados como los del oeste de Europa y América del Norte.

Ahora es bien conocido que la infección es adquirida principalmente en la infancia, y que por la edad de 10 años, más del 50% de los niños en todo el mundo ha mostrado haber estado en contacto con la bacteria.

Por lo general, la infección con *H. pylori* puede pasar inadvertida en toda la vida del hospedero y los primeros síntomas generalmente tardan mucho tiempo en producirse después de una

infección (Brown, 2000). Esto implica que los episodios de transmisión pasan inadvertidos. Otro aspecto que dificulta el seguimiento de la adquisición y su abordaje epidemiológico, es que el aislamiento y el cultivo de *H. pylori* es relativamente complicado para aislar, comparado con otras bacterias de importancia clínica.

Estudios han sugerido que las infecciones transitorias pueden producirse e incluso ser muy comunes (Goodman, 2005; Haggerty, 2005). Evidencia reciente prueba también que múltiples cepas de *H. pylori* y de otras especies de *Helicobacter* son capaces de infectar simultáneamente el tracto gastrointestinal de un individuo (Van den Bulck, 2005; Blazer, 2004).

La situación socioeconómica se considera claramente como uno de los factores determinantes más importante para el desarrollo de la infección, siendo las clases sociales de menor ingreso per capita en el mundo, las que exhiben mucho mayor prevalencia (Mitchell, 2001); lo que

también concuerda con las diferencias encontradas entre los países desarrollados y subdesarrollados (Brown, 2000). Este factor incluye condiciones tales como los niveles de higiene, la densidad de población, saneamiento ambiental y oportunidades educativas, todos los cuales han sido identificados individualmente como marcadores de presencia de la bacteria en una población dada (Azevedo, 2007).

En Costa Rica, según las estadísticas vigentes del Registro Nacional de Tumores, el cáncer gástrico ocasiona la mayor cantidad de muertes por cáncer en hombres, a pesar de mostrar una franca tendencia al descenso, este puede ser el reflejo de la mejora en el acceso a los servicios de salud y en la detección temprana, aún así, sigue siendo el más importante en este género según se muestra en la figura 1; sin embargo, al parecer, desde 1990, la incidencia no parece tener mayor tendencia al descenso, lo cual podría evidenciar que los factores

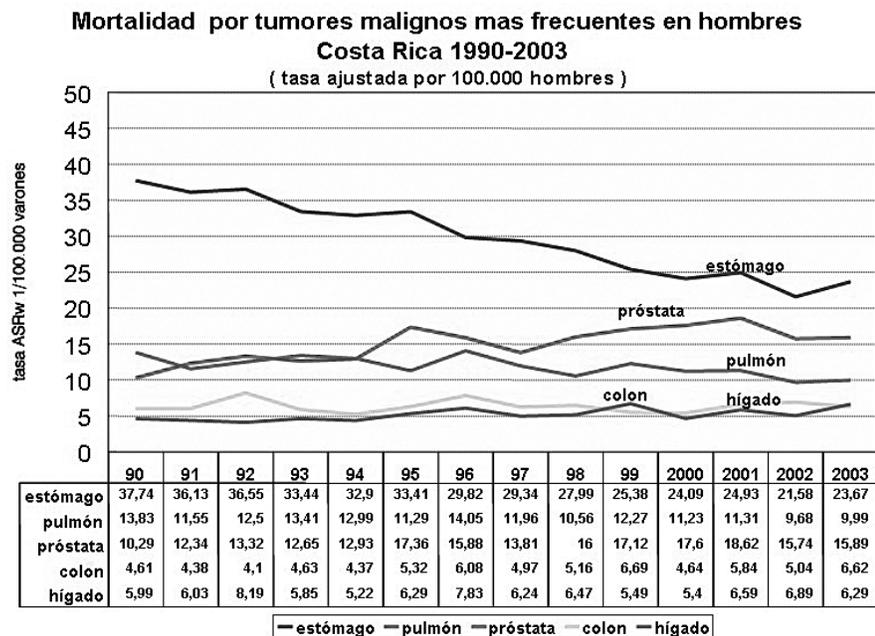
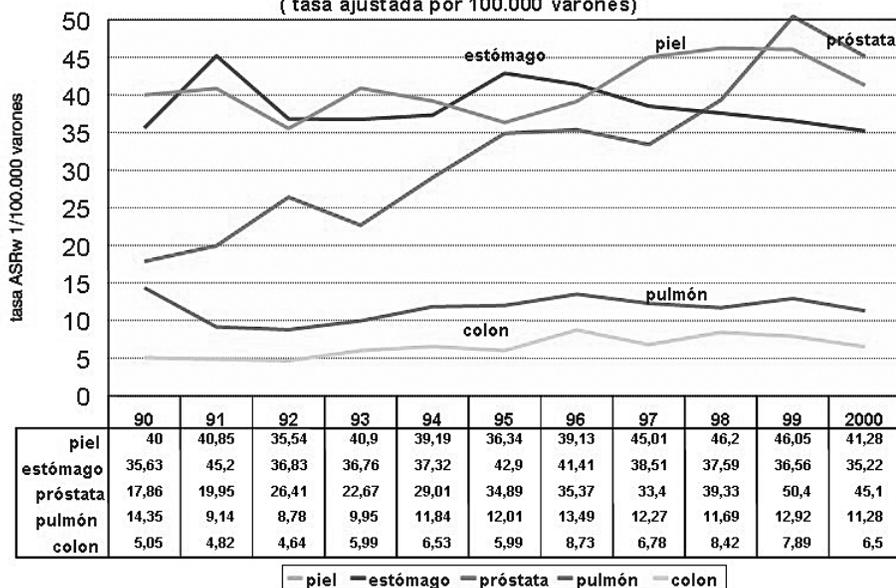


Figura 1. Mortalidad por tumores malignos más frecuentes en hombres. Fuente: Unidad de estadística del Registro Nacional de Tumores. Tasa ajustada por 100 000 hombres. Costa Rica. 1990-2003 (Ortiz, 2005).

**Incidencia de los tumores malignos más frecuentes en hombres
Costa Rica 1990-2000**
(tasa ajustada por 100.000 varones)



Fuente: Unidad de estadística del Registro Nacional de Tumores.

Figura 2. Incidencia por tumores malignos más frecuentes en hombres, tasas ajustada por 100 000 hab Costa Rica. 1990-2000 (Ortiz, 2005).

que la afectan aún pueden encontrarse en el ambiente, según la figura 2. La distribución geográfica de la incidencia y la proporción estadística de las tasas por quintiles se muestra en el figura 3.

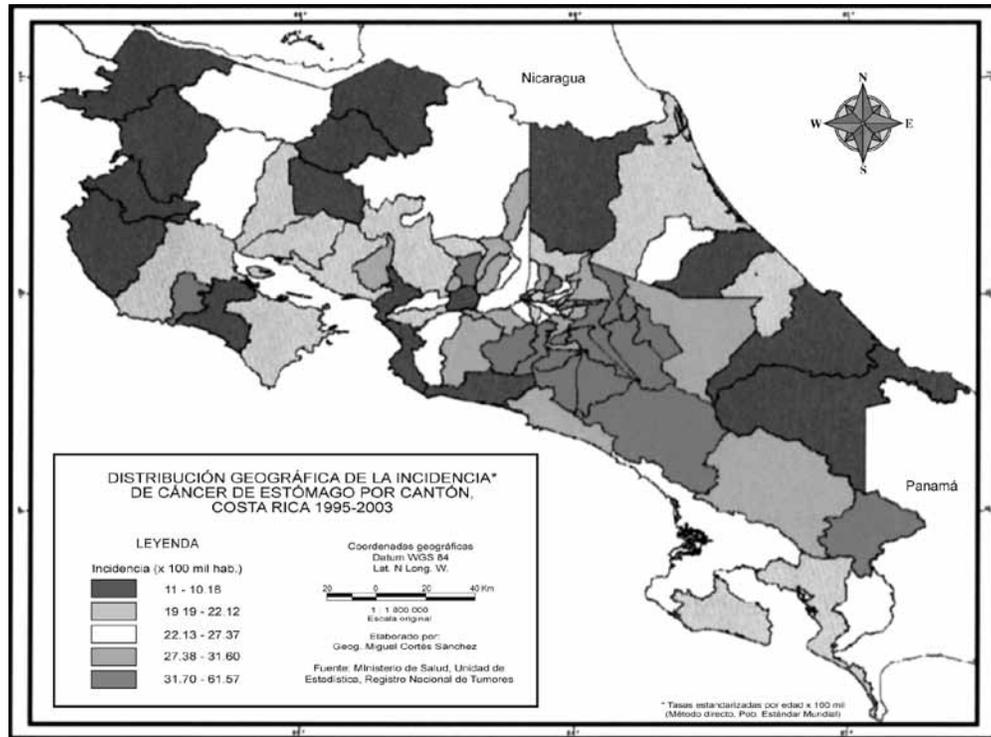
El papel del agua de consumo en la transmisión de *H. pylori*.

Una variedad de métodos moleculares y ensayos con anticuerpos en el mundo han sido utilizados para detectar la presencia de la bacteria en pozos, ríos, en agua de consumo humano, en biofilmes asociados tanques de almacenamiento de agua y en tuberías de redes de distribución (Ramírez, 2004; Shahamat, 1993), y se ha demostrado su sobrevivencia a la cloración sin encontrarse correlación con niveles de cloro en agua tratada con respecto a la prevalencia de la infección en población de riesgo (Azevedo, 2006).

No obstante, se ha determinado que el *H. pylori* suspendido en el agua tiene muy bajo poder de cultivo comparado con otros patógenos de origen acuático (Azevedo, 2006).

Por mucho tiempo se consideró que muchos de los problemas que se han encontrado en la recuperación de formas viables de *H. pylori* en el agua, se debe a que estas pasan a formas cocoides o VPNC. Desde un punto de vista más amplio, ahora se acepta que lo que ocurre es que estas bacterias no se logran cultivar bajo métodos rutinarios y convencionales de laboratorio, sin embargo se ha demostrado que formas cocoides de *H. pylori* son capaces de colonizar la mucosa gástrica y causar gastritis en ratones (Touati, 2003).

Actualmente se presenta evidencia sobre la mayor resistencia de *H. pylori* con respecto a *E. coli*, al cloro y al ozono, por lo que, este microorganismo es capaz de tolerar desinfección en sistemas de distribución de agua (Krumbiegel, 2004).



Quintil 1		Quintil 2		Quintil 3		Quintil 4		Quintil 5	
Cantón	Tasa	Cantón	Tasa	Cantón	Tasa	Cantón	Tasa	Cantón	Tasa
León Cortés	68,57	Jiménez	34,50	Tibás	28,59	Guácimo	23,28	Nicoya	18,97
Tarrazú	55,12	Grecia	34,25	Sto. Domingo	28,55	Orotina	23,02	Talamanca	18,41
El Guarco	48,48	La Unión	32,16	Bara	28,36	Upala	22,94	Los Chiles	18,16
Paraiso	43,12	Naranjo	31,50	Goicoechea	27,48	Escazú	22,76	Abangares	17,96
Coto Brus	42,57	Coronado	30,89	San Carlos	27,48	Santa Ana	22,26	La Cruz	17,88
Alvarado	39,59	Puriscal	30,65	Sta. Barbara	27,48	Montes de Oca	21,86	Turrubares	17,74
Hojancha	38,10	Buenos Aires	30,57	Alfaro Ruiz	27,36	Heredia	21,67	Liberia	17,01
Alajuelita	37,85	Turrialba	30,55	Pococí	26,75	Bagaces	20,74	Atenas	16,06
Aserrí	36,97	San Ramón	30,17	Aguirre	26,36	Corredores	20,65	Santa Cruz	15,90
Cartago	36,91	Flores	30,12	Poás	25,82	Cañas	20,57	Tilarán	15,49
Acosta	36,68	Valverde Vega	29,92	San José	24,76	Golfito	20,41	Matina	15,04
Pérez Zeledón	36,44	Garabito	29,65	Moravia	24,72	Curridabat	20,09	Nandayure	14,25
Mora	35,50	San Isidro	29,59	Guatuso	24,56	Siquirres	19,95	Sarapiquí	14,06
Oreamuno	35,22	Montes Oro	29,08	Belén	23,85	Puntarenas	19,92	Parrita	12,94
Desamparados	34,67	Palmares	29,05	Osa	23,85	Limón	19,13	San Mateo	11,94
Dota	34,58	San Rafael	29,03	Alajuela	23,71	Esparza	19,05	Carrillo	9,80
				San Pablo	23,31				

Figura 3. Distribución de las tasas de incidencia (baja y alta) por cantón ajustadas por 100 000 habitantes, según estadísticas del Registro Nacional de Tumores para el periodo 1995-2003.

Actualmente se cuenta con evidencia para el reconocimiento del agua de consumo humano en el rol epidemiológico (Gião, 2006; Kowolick, 2005 Hulten), advirtiéndose directamente que el consumo del agua no tratada debería considerarse un factor de riesgo para la infección en una población dada (Hulten 1998, Horiuchi, 2001). Se ha mencionado incluso que en Japón la mayor parte de los casos de transmisión de *H. pylori* es de origen hídrico y que la transmisión está fuertemente asociada con la duración de la ingesta, en la vida de las personas, con respecto al consumo de agua de pozo (Horiuchi, 2001).

La propuesta de modelos a través de su tolerancia en el agua, le confiere características importantes en el ciclo de transmisión, siendo trascendental para una población dada, pues tiene fuertes implicaciones en la salud pública.

Metodología

Luego de la estandarización de la técnica con cepas de referencia ATCC, se procedió a la toma de las muestras.

Se escogió 10 cantones de alta (figura 3 cantones en amarillo en el quintil 1) y baja incidencia (figura 3, cantones en celeste correspondientes a los quintiles 1 y 5 (bajo

los colores amarillo y celeste) presentados en el cuadro 1.

Las muestras de agua de nacientes, pozo y de uso domestico se concentraron por filtración y se cultivaron en medio líquido, con posterior rayado en medio sólido, por 48 horas. Transcurrido el tiempo se comprobaron las colonias por tinción de Gram, pruebas de oxidasa y ureasa, y se comprobó su identidad molecular por medio del marcador *glmM*, utilizando con cepas ATCC como control positivo.

Resultados

Bajo la figura 4 se encuentra la visualización de los productos de PCR para el marcador de identificación utilizado el *glmM*.

Como resultado de los muestreos en los lugares escogidos se encontró un manejo característico y diferenciado del agua de consumo de las poblaciones entre las zonas de alta y baja incidencia de cáncer gástrico.

Según la información recolectada en los acueductos con las municipalidades administradoras del acueducto y con los acueductos administrados por AyA se muestra la información comparativa bajo el cuadro 1.

La correlación entre altura y tasa se realiza con el objetivo específico de establecer

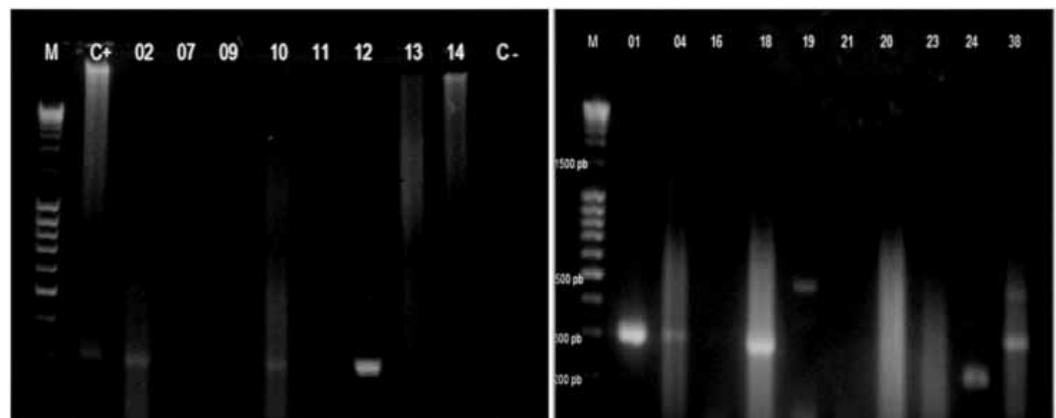


Figura 4. Visualización de productos de PCR para el marcador *glmM*. M: Marcador Fast Ruler Low Range, C+: Cepa control *H. pylori* J99, Muestras positivas: 01, 02, 04, 10, 12, 18, 19, 24 y 38.

Cuadro 1. Cuadro comparativo de las zonas de alta y baja incidencia de cáncer gástrico (C.G) sobre la naturaleza del agua y el ente operador del acueducto.

Característica	Cantones con alta incidencia de C.G	Cantones con baja incidencia de C.G
Disponibilidad del agua	Alta	Baja
Ente operador (como fuente oficial)	Municipalidades 90%	AyA (muchos años) 90%
Naturaleza del agua	100% de nacientes Dos lugares con agua de quebrada	80% de los lugares con pozos. 30% superficial tratada 10% nacientes
Tipo de suelo	9/10 Suelos arcillosos	7/10 Suelos arcillosos
Temperatura ambiental (como zonas frías o cálidas)	Baja	Alta

Cuadro 2. Naturaleza del agua por ente operador para cantones de baja incidencia en cáncer gástrico.

Cantón	Naturaleza del agua ¹			Entre operador oficial del agua (al 1999) ¹	Entre operador oficial del agua (al 2005) ¹
	Nacientes	Pozos	Superficial tratada		
Abangares	---	---	100%	AyA	Mun
Carrillo	---	100%	---	AyA	AyA
La Cruz	---	100%	---	AyA	AyA
Liberia	---	100%	---	AyA	AyA
Los Chiles	---	100%	---	AyA	AyA
Nandayure	100%	---	---	Mun	Mun
Nicoya	---	50%	50%	AyA	AyA
San Mateo	---	---	100%	AyA	AyA
Santa Cruz	---	100%	10%	AyA	AyA
Tilarán	80%	20%	---	AyA	AyA

¹Información suministrada por cada ente operador oficial, sea el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados o la Municipalidad. En ninguno de los casos, el ente operador abastece a menos del 50% de la población del cantón.

Cuadro 3. Naturaleza del agua por ente operador para cantones de alta incidencia en cáncer gástrico.

Cantón	Naturaleza del agua ¹			Entre operador oficial del agua ¹ (al 1999)	Entre operador oficial del agua (al 2005) ¹
	Nacientes	Pozos	Trat completo AyA		
Alvarado	100%	---	---	Mun	Mun
Acosta	---	---	100%	AyA	AyA
Aserrí	100%	---	---	Mun	Mun
Cartago	80%	---	20%	Mun	Mun
Dota	100%	---	---	Mun	Mun
El Guarco	70%	30%	---	Mun	Mun
León Cortés	100%	---	---	Mun	Mun
Oreamuno	100%	---	---	Mun	Mun
Paraíso	90%	---	10%	Mun	Mun
Tarrazú	100%	---	---	Mun	Mun

1. Información proporcionada por cada municipalidad.

Cuadro 4. Temperatura, altura y precipitación media anual para cantones de alta incidencia de cáncer gástrico, Costa Rica.

Cantón	Tasa ajustadas de incidencia ¹ (x 100 000 hab)	Altura (msnm) ²	Temperatura media anual ³ (°C)	Precipitación media anual (mm) ^{*3}
Alvarado	39	1735	16,5*	ND
Acosta	36	1095	20,7*	2462
Aserrí	36	1308	20,7*	ND
Cartago	36	1435	19,0*	ND
Dota	35	1548	16,8*	2010
El Guarco	48	1377	19,3*	1462
León Cortés	68	1542	16,8*	ND
Oreamuno	35	1453	14,7*	ND
Paraíso	43	1325	19,6*	ND
Tarrazú	55	1429	17,4*	ND

Fuente:

1. Ministerio de Salud, Unidad Estadística, Registro Nacional de Tumores. 2. Instituto Geográfico Nacional, altura correspondiente al distrito primero del cantón. 3. Instituto Meteorológico Nacional.

* Medida directamente de las estaciones meteorológicas a 2008. ND: no se dispone de datos.

Cuadro 5. Temperatura y altura para cantones de baja incidencia de cáncer gástrico, Costa Rica.

Cantón	Tasa ajustada de incidencia ¹ (x 100.000 hab)	Altura (msnm) ²	Temperatura media anual ³ (°C)	Precipitación media anual (mm) ³
Abangares	18	150	27	2281
Carrillo	10	17	28,4	ND
La Cruz	18	255	27,7	ND
Liberia	17	144	27,1	1642
Los Chiles	18	43	28,9	ND
Nandayure	14	80	28,1	ND
Nicoya	19	123	27,8	2151
San Mateo	12	254	27,7	ND
Santa Cruz	16	49	27,8	1709
Tilarán	15	564	24,5	ND

Fuente:

1. Ministerio de Salud, Unidad Estadística, Registro Nacional de Tumores. 2. Instituto Geográfico Nacional, altura correspondiente al distrito primero del cantón. 3. Instituto Meteorológico Nacional. * Medida directamente de las estaciones meteorológicas al 2008.

ND: no se dispone de datos.

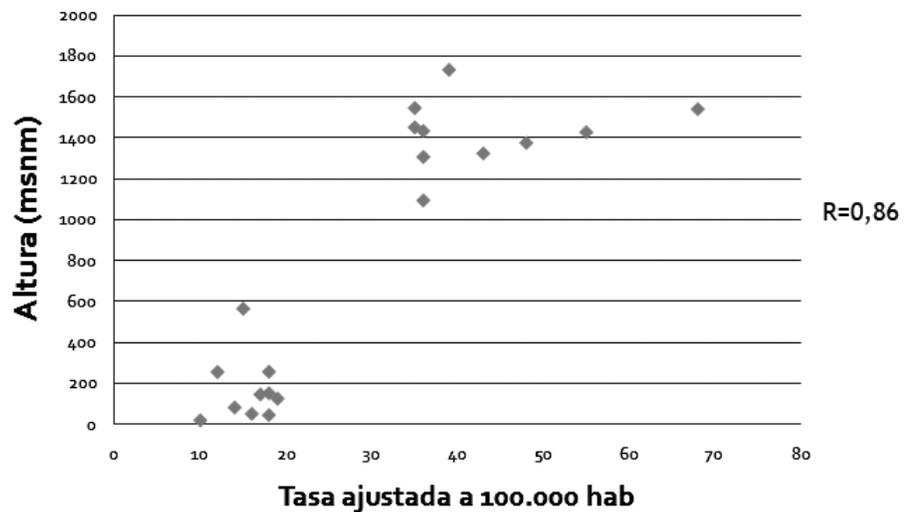


Figura 5. Correlación entre altura y tasa de incidencia de cáncer gástrico para los cantones marco de estudio.

correlaciones estadísticas de acuerdo a lo observado en las zonas entre tasas de alta y baja incidencia de cáncer gástrico con factores geofísicos ambientales, relacionados con la sobrevivencia en el ambiente y adquisición de *Helicobacter pylori* en el agua de consumo por la población.

Entonces se comparó la incidencia de cáncer gástrico de los cantones marco del estudio con altitud, temperatura ambiental, tipo de suelo, naturaleza del agua utilizada y Ente operador del acueducto; se analizó todas las variables estadísticamente utilizando el software SPSS, dando como resultado que existe correlaciones importantes y significativas, según: Coeficiente de Correlación de Pearson entre: incidencia de cáncer gástrico y altitud de 0,867, incidencia de cáncer gástrico y temperatura ambiental de - 0,853, incidencia de cáncer gástrico y origen del agua como naciente de 0,651.

Se encontró un Coeficiente de Regresión Lineal entre incidencia y temperatura de $R^2 = 0,728$. En la prueba exacta de Fisher para evaluar la independencia entre nivel de incidencia de cáncer gástrico con Ente Operador del agua, se tiene un valor de $p < 0,05$, donde se concluye que existe relación entre las variables y que esta relación no se debe al azar con un 95% de confianza.

Se debió valorar entonces la diferencia de las fuentes de abastecimiento de zonas de alta y baja incidencia, o sea entre pozos que son los que predominan en las zonas de baja incidencia (además clorados porque los maneja AyA en su mayoría) y nacientes, que son las que predominan en las zonas de alta incidencia y son manejadas por municipalidades.

Dicha diferencia puede corresponder a la influencia de suelo en el momento de la captación del agua por el Ente Operador y al que se le proporciona de diferente manera directamente la materia orgánica que contiene. Esta influencia del suelo es

mayor cuando el agua es dispensada de nacientes que cuando es dispensada por medio de pozos.

De acuerdo con el análisis de los suelos de las áreas de estudio se encontró que en estas no se observa claramente una distribución específica de tipo de suelo. Por lo que se consulta al Máster Federico Masís del Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC) y se le solicita un análisis no por tipo de suelo sino por características geomorfológicas y físico-químicas importantes y diferenciales, que pudieran favorecer o no el desarrollo de *H. pylori*, generándose la relación presentada en el cuadro 6.

Conclusiones

Con el reconocimiento que el medio ambiente juega un rol preponderante en la adquisición de la infección y que la asociación entre la infección por *Helicobacter pylori* de forma crónica y el riesgo elevado de desarrollar cáncer gástrico está bien establecido en la actualidad se encontraron para el caso específico de Costa Rica asociaciones estadísticamente significativas.

Luego de concluir esta investigación se puede afirmar que la cantidad y el tipo de *H. pylori* al que está sometido la población de las zonas estudiadas de alta incidencia de cáncer gástrico en Costa Rica es realmente alta, por las características geoquímicas del suelo, las condiciones climáticas que imperan en la zona y el manejo del agua por las municipalidades (desde hace 20 años, que se gestó el problema de cáncer en las personas que es revelado en las estadísticas actuales).

Al día de hoy, algunas condiciones en el manejo del agua han mejorado en algunas municipalidades substancialmente, no obstante se encontraron serias deficiencias específicamente en la cloración por la alta carga orgánica del agua en las zonas de alta incidencia, que unida a procesos

Cuadro 6. Descripción geomorfológica y físico-química de los suelos de las áreas de alta y baja incidencia para cáncer gástrico, marco del estudio.

Condición del suelo	Zonas de alta incidencia (A.I)	Zonas de baja incidencia (B.I)	Observaciones
Geomorfología, (Denyer y Kussmaul 2000).	Predominan materiales volcánicos de composición andesítica: SiO ₂ (54,5%), Fe ₂ O ₃ (3,2%), FeO (3,5%)	Predominan formaciones de composición riolítica SiO ₂ (70,7%), Fe ₂ O ₃ (1,9%) FeO (0,3%)	Implica la presencia de rocas que contienen mayores porcentajes de hierro sobre el área de alta incidencia. Sobre la formación andesítica, los procesos de meteorización que actúan en las rocas pueden liberar mayores concentraciones de hierro en el suelo.
Relieve y elevación	La mayor elevación y bajas temperaturas favorecen mayores contenidos de materia orgánica en el suelo (MOS)	Mayores temperaturas y un relieve ligeramente ondulado.	La actividad microbiana depende de la humedad y la temperatura del suelo, y más aún de la disponibilidad de carbono fácilmente accesible que es utilizado como fuente de energía por los microorganismos. (Bernal, 2003).
Proceso de acidificación del suelo	Predominan mayores concentraciones de MOS, la materia orgánica experimenta un proceso natural de mineralización que permanentemente acidifica el suelo (Bertsch 1998), a su vez incrementa la solubilidad del hierro en sus formas Fe ²⁺ y Fe ³⁺ condicionados por los cambios del "potencial oxidación/reducción" en el suelo.	Los suelos en promedio pueden exhibir mayores pH que los suelos de las regiones de alta incidencia.	A mayor basicidad en los suelos o sea a un pH mayor, se presenta una menor disponibilidad del hierro (Barber, 1984).
Relación entre la precipitación anual y la tasa de infiltración de agua en el suelo.	A una precipitación media anual comparable entre las dos zonas, la evapotranspiración es menor, este fenómeno también puede ser apoyado por una menor temperatura mensual, lo que puede implicar mayores tasas de infiltración de sustancias solubles hasta el suelo profundo.	Comparativamente la evapotranspiración es mayor, por una temperatura comparativamente mayor.	Normalmente metales pesados que puedan estar presentes en el suelo, tales como el níquel, pueden experimentar una alta movilidad. Ni>Cd>Zn>Pb>Cu

multifactoriales dan como resultado un riesgo aumentado en la incidencia del cáncer gástrico para Costa Rica.

Bibliografía

- Azevedo, N; Guimares N; Figueredo C, Kevil C; et al. (2007). *A New Model for the Transmission of Helicobacter pylori: Role of Environmental Reservoirs as Gene Pools to Increase Strain Diversity*. *Critical Reviews in Microbiology*. 33:157-169.
- Azevedo N , Pinto A , Reis N , Vieira M J. et al. (2006). *Shear stress, temperature, and inoculation concentration influence the adhesion of water-stressed Helicobacter pylori to stainless steel 304 and polypropylene*. *Applied and Environmental Microbiology*. 72(4):2936–2941.
- Blazer, M. & Atherton, J. (2004). *Helicobacter pylori persistence: biology and disease*. *Journal of Clinical Investigation*. 113(3):321-333.
- Brown, L. (2000). *Helicobacter pylori: epidemiology and routes of transmission*. *Epidemiol. Rev* 2000. 22(2): 283–297.
- Gião, M. (2006). *Survival of Legionella pneumophila and Helicobacter pylori in drinking water after chlorination*. *International Symposium on Microbial Ecology*. 11, Vienna, Austria.
- Goodman, K; O'Rourke, K; Day, R; Wang C; et al. (2005). *Dynamics of Helicobacter pylori infection in a US–Mexico cohort during the first two years of life*. *Int J Epidemiol*. 34(6):1348-1355.
- Haggerty, T; Perry, S; Sánchez, L. (2005) et al. *Significance of transiently positive enzyme-linked immunosorbent assay results in detection of Helicobacter pylori in stool samples from children*. *Journal of Clinical Microbiology*. 43(5): 2220–2223.
- Horiuchi, T; Ohkusa, T; Watanabe, M; et al. (2001). *Helicobacter pylori DNA in drinking water in Japan*. *Microbiol Immunol*. 45(7):515-9.
- Hultén, K; Enroth, H; Nyström, T; Engstrand L., et al. (1998). *Presence of Helicobacter species DNA in Swedish water*. *Appl Microbiol*. 1998. 85(2):282-6.
- Kowolick, M; Dowsett, S; Archila, L. et al. (2005). *Water and biofilm transmission of Helicobacter pylori in rural guatemalan households*. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 41(4):554-555.
- Krumbiegel, P; Lehmann, I; Alfreide, A et al. (2004). *Helicobacter pylori determination in non-municipal drinking water and epidemiological findings*. *Isotopes Environ Health Stud.*; 40(1):75-80.
- Mitchell, H. (2001) *Epidemiology of infection. Helicobacter pylori: physiology and genetics*. NCBI. Bookshelf. Online.
- Ramírez, R; Chinga, A; Mendoza, R. (2004) *Variation of Helicobacter pylori prevalence and its relation with the level of chlorine in the water at the “Atarjea” plant, Lima, Perú*. *Period 1985-2002*. *Rev Gastroenterol Perú*. 24(3): 223-9.
- Shahamat, M; Mai, U; Paszkolva, C; Kessel, M; Colwell, R R. (1993) *Use of Autoradiography to Assess Viability of Helicobacter Pylori in Water*. *Applied and Environmental Microbiology*. 59(4):1231–1235.
- Touati, E; Michel, V; Thiberge, J; Wuscher, N. et al. (2003). *Chronic Helicobacter pylori infections induce gastric mutations in mice*. *Gastroenterology*. 124(5):1408 - 1419.
- Van den Bulck, K; Decostere, A; Baele, M; Driesseu, A; Debongnie, J C; Burette, A, et al. (2005) *Identification of non-Helicobacter pylori spiral organisms in gastric samples from humans, dogs, and cats*. *Journal of Clinical Microbiology*. 43(5): 2256-2260.