

Contaminación de las aguas dulces de la Isla del Coco por bacterias coliformes fecales (*Escherichia coli*) provenientes de cerdos finales (*Sus scrofa*)

Claudine Sierra

José Eduardo Carballo Avendaño

Ramón Corella Vargas

Introducción

El peligro más común asociado con el consumo de agua es la contaminación, ya sea directa o indirectamente, por cloacas u otros desechos, o por excremento humano o animal. Beber agua contaminada así o su uso en la preparación de comidas puede devenir en caso de infección (Guidelines for Drinking-Water Quality 1984).

La polución fecal del agua potable puede introducir patógenos intestinales, bacterianos, virales y parásitos, cuya presencia se relaciona con enfermedades microbianas y portadores presentes en la comunidad. Los patógenos bacterianos y virales intestinales están ampliamente repartidos en el mundo. Las bacterias que se conocen en aguas contaminadas incluyen cepas de *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* enterotoxigénica, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica* y *Campylobacter fetus*.

Los virus más comunes en el agua son los de la hepatitis y gastroenteritis viral. Dichos organismos pueden variar en sus efectos y provocar alergias, fiebre,

gastroenteritis suaves o severas, algunas veces disentería fatal, cólera, tifus, miocarditis, meningitis y hepatitis (Guidelines for Drinking-Water Quality, 1984).

Los modos de transmisión de patógenos bacterianos fecales incluyen la ingesta de agua y comida contaminada, contacto con personas o animales infectados y exposición a aerosoles. Los rangos de dosis mínima para provocar infección humana son muy variados entre los distintos patógenos. Con *Salmonella typhi* la ingesta de unos pocos organismos puede provocar enfermedad, mientras que con organismos toxigénicos enteropatológicos como *E. Coli* y *V. Cholerae*, 10^8 organismos pueden ser necesarios para causar enfermedad (Guidelines for Drinking-Water Quality, 1984).

Existen exámenes para asegurar que el agua destinada al consumo humano esté libre de polución fecal. Como no es práctico examinar el agua para cada microbio patógeno posible, los análisis se hacen para detectar organismos indicadores de polución fecal presentes en las heces del hombre y otros animales de sangre caliente. Tales organismos indican que hay

de material fecho y por lo tanto lo posible de patógenos intestinales. *Escherichia coli* es el indicador esencial de contaminación fecal de origen humano o animal. Aunque las bacterias coliformes no se derivan solamente de heces sino también de vegetales y del suelo, *E. Coli* es de origen exclusivamente fecal, presente en el hombre, animales de sangre caliente y aves, y muy raramente presente en suelo o vegetación que no hayan estado expuestos a contaminación fecal. Se considera que *E. Coli* provee suficiente información para estimar la naturaleza fecal de la contaminación (Guidelines for Drinking-Water Quality, 1984).

Los cerdos y el agua

El cerdo (*Sus scrofa*) es uno de los animales introducidos que más extensamente se ha repartido, se lo encuentra en todos los continentes salvo la Antártida (Kotanen 1995). Aunque no es nativo del continente americano, ha sido introducido intencionalmente para alimentación y deporte de los humanos.

Los daños provocados por los cerdos al ecosistema se han analizado desde varios ángulos. Se ha reportado que modifican el equilibrio de la vegetación herbácea o en regeneración (Bratton, 1974), reducen la abundancia de árboles nativos, dispersan semillas de especies exóticas invasoras, promueven el establecimiento de malezas, inician el proceso de erosión del suelo (Diong, 1982; Sierra, 1998), mezclan los horizontes A1 y A2 del suelo, reducen la cobertura de hojarasca, aceleran el lavado de Ca, P, Zn, Cu y Mg (Singer *et al.*; 1984, Sierra, 1998), reducen la cantidad de micro y macroartrópodos del suelo (Vtorov, 1993), disminuyen la densidad del suelo al promover la infiltración por las lluvias (Singer *et al.*; 1984) y aumentan los sitios aptos para la reproducción del mosquito *Culex pipiens*, vector de la malaria (Diong, 1982). También se ha

asociado a los cerdos con la dispersión de *Phytophthora cinnamomi*, un hongo parásito de las raíces (Auld y Tisdell, 1986). En cuanto a la depredación, se reportó que comen huevos y neonatos de tortugas, galápagos, petreles e iguanas de tierra (Coblentz y Baber, 1987), pueden depredar sobre cabras y ovejas adultas (Hone y Robards, 1980), salamandras (Scott y Peltron, 1975), sapos (Asahi, 1975), carroña (Barrett, 1971), lobos de mar (Challies, 1975) y afectan la economía de pobladores de Australia Oriental por la depredación de ovejas neonatos (Choquenot *et al.*, 1997).

Los cerdos fueron introducidos en la Isla del Coco en 1793 por el capitán inglés James Colnett con su buque ballenero *Rattler*, quien liberó cerdos y cabras para asegurar el abastecimiento de futuras expediciones balleneras (Montoya, 1990). La cantidad de cerdos que habita la isla es hasta ahora desconocida. En 1935 se estimaron entre 700 y 800 cerdos que vivían principalmente en playas (Pittier, 1898) y hoy las especulaciones indican alrededor de 400/500 individuos (Sierra sin publ.).

En las Isla del Coco los cerdos aumentan significativamente las tasa de erosión y escarban entre un 10% y 20% de la superficie total de la isla anualmente (Sierra, 1998) generando parches de tierra desnuda que son más susceptibles a invasiones de especies exóticas (Kotanen, 1995). Al haber estado la isla deshabitada, o al menos oficialmente deshabitada durante centurias, nunca se consideró el efecto que podrían tener los cerdos sobre la salud de quienes la frecuentan, actualmente guardaparques, pescadores, turistas e investigadores. En la actualidad sabemos que a nivel patógenos transmisibles al hombre, los cerdos no tienen lombriz solitaria (*Taenia sagitana*) ni leptospira (Baldi y Sierra en prep.).

Sin embargo, no se estudió hasta la fecha el aporte de los cerdos a la contaminación

de las aguas dulces superficiales de la isla. Este es un estudio exploratorio sobre la presencia de *Escherichia coli* libres y fecales en los cursos de agua de la Isla del Coco con el fin de conocer el estado de contaminación de las aguas y cuáles son las zonas más afectadas en cuanto a la calidad bacteriológica de la isla.

Colección y análisis de datos

Colectamos muestras de aguas en distintos arroyos, ríos y cascadas en el interior y en las costas de la isla y en los filtros y canillas de las casas. En general, las tomas se realizaron a menos de 50 msnm, salvo en Los Llanos donde la altitud fue de 250 msnm, y en la surgente del Río Sucio a 100 msnm.

Siete zonas fueron analizadas: 1) Chatham, 2) Costa entre Chatham y Cabo Atrevido, 3) Río Sucio, 4) Los Llanos, 5) Bahía Wafer, 6) Bahía Yglesias y 7) Costa Sur. Cada zona fue dividida en sitios (31 en total) y cuando tomamos muestras de ríos lo hicimos sistemáticamente cada 100 m internándonos hasta donde fue posible. En Chatham analizamos la toma de agua que queda a 50 m de la casa. En las zonas costeras las tomas se sacaron directamente de las cascadas.

Las tomas se realizaron por duplicado en frascos estériles y se mantuvieron en hielo, sin congelar. Una vez en laboratorio se procedió a la determinación de bacterias coliformes fecales y de vida libre por el método NMP (Apha, 1995, véase apéndice).

Resultados y discusión

De 31 sitios analizados 5 fueron negativos para *Escherichia coli* fecales y todos positivos para *Escherichia coli* de vida libre, salvo el filtro de la casa de Chatham que fue negativo para las dos muestras (Cuadro 1).

Los sitios libres de coliformes fecales fueron: 1) filtro de la casa de Chatham, 2) brazo derecho del Río de Chatham, 3) surgente del Río Sucio, 4 y 5) Cascadas al sur de Bahía Yglesias.

El agua del filtro de la casa de Wafer estuvo contaminada por coliformes (3 fecales y 150 de vida libre por 100 mL de agua). La cascada de la playa de Chatham fue analizada 4 veces, una vez los resultados fueron negativos para coliformes fecales y otra vez la presencia fue muy alta (240 bacterias/100 mL). Los rangos de contaminación fueron desde 35 a más de 1.100 (bacterias/100 mL) en el caso de *E. Coli* de vida libre, y de 0 a 240 (bacterias/100 mL) con una mediana de 15, en el caso de *E. coli* fecales. Los límites admitidos por OMS son: 3 bacterias de vida libre y 0 bacterias fecales por 100 mL de agua (Cuadro 1).

Las zonas más contaminadas por coliformes fecales entre las estudiadas fueron: 1) playa de Chatham, 2) cascada de Los Llanos, 3) costa entre Chatham y Cabo Atrevido, y 4) sendero al mirador, los arroyos más lejanos de las casas.

Es esencial que el agua sea examinada regular y frecuentemente ya que la contaminación puede ser intermitente y no ser detectada con el análisis de una sola muestra. Algunas tomas fueron realizadas en épocas muy secas y otras en épocas húmedas. La hipótesis fue que el agua estaría más contaminada durante las épocas secas ya que los cerdos pasan más tiempo cerca de los ríos y hay menos volumen de agua. Sin embargo, sucedió lo contrario: hubo mayor cantidad de muestras negativas o con baja concentración de coliformes fecales durante periodos secos. Esto puede deberse a que en general los cerdos defecan en los comederos y/o dormideros que usualmente no están en las márgenes de los ríos, sino a más altura. Paralelamente, el desplazamiento de tierra pendiente

Cuadro 1
Análisis microbiológico de aguas dulces
de la Isla del Coco en 1996/1997/1998

Muestra	Fecha	Sitio	*NMP	**NMP
1	21-10-96	Canilla Chatham	+1100	43
2	Idem	Cascadas Los Llanos	150	43
3	16-2-97 ¹	Chatham filtro	3	Negativo
4	Idem	Idem	Negativo	Negativo
5	Idem	Chatham cascada playa 1	460	240
6	15-2-98 ¹	Chatham filtro	93	Negativo
7	Idem	Río Chatham izquierda	+1100	3
8	Idem	Río Chatham derecha	+1100	Negativo
9	Idem	Río Chatham toma de agua	+1100	3
10	Idem	Chatham cascada playa 1	+1100	Negativo
11	14-3-97 ¹	Wafer filtro	210	3
12	Idem	Idem	150	3
13	Idem	Wafer canilla	100	11
14	Idem	Wafer canilla	100	11
15	3-05-97	Cascada 1 Chatham/Atrevido	+1100	11
16	Idem	2 ^a Cascada	+1100	27
17	Idem	3 ^a Cascada	+1100	15
18	Idem	4 ^a Cascada	+1100	20
19	Idem	Bahía Yglesias 1 ^a Cascada Sur	210	Negativo
20	Idem	B. Y. 2 ^a Cascada sur	+1100	Negativo
21	Idem	B. y. 1 ^a Cascada norte	460	3
22	Idem	B. y. 2 ^a Cascada norte	+1100	7
23	Idem	B. y. 3 ^a Cascada norte	+1100	3
24	Idem	Wafer 1 ^{er} arroyo	460	7
25	Idem	Wafer 2 ^{do} arroyo	+1100	9
26	Idem	Wafer 3 ^{er} arroyo	35	20
27	Idem	Wafer 4 ^{to} arroyo	210	9
28	Idem	Wafer 5 ^{to} arroyo	210	20
29	18-06-97	Chatham/Atrevido río 1	+1100	15
30	18-06-97	Cascada tesoro	+1100	29
31	Idem	Chatham/Atrevido	+1100	11
32	Idem	Chatham/Atrevido	+1100	3
33	15-2-98 ¹	Río Sucio surgente	9	Negativo
34	Idem	Río Sucio 400 m de la costa	+1100	3
35	Idem	Río Sucio 300 m de la costa	+1100	3

* Bacterias de vida libre por cada 100 mL de agua. Los patrones permitidos por OMS son <3 *E. coli* por 100 mL.

** Bacterias de origen fecal por cada 100 mL de agua. Los patrones permitidos por OMS son <0 *E. coli* por 100 mL.

¹ Tomas realizadas durante periodos secos.

abajo disminuye en la estación seca; es decir, que las heces depositadas lejos de las cuencas tardan más en llegar o no llegan a ellas, con la consiguiente disminución en la contaminación general de las aguas.

Las bacterias fecales podrían provenir de cerdos, cabras, venados, gatos o ratas. Por el volumen de heces de cerdo encontrados durante el estudio, comparado con las heces de los otros mamíferos, suponemos que son aquellas las que están afectando mayormente las aguas, aunque esto no significa que los otros mamíferos no tengan su influencia. Las aves marinas que anidan muy cerca de las cascadas podrían ser otra fuente de contaminación; sin embargo, no vemos diferencias entre la contaminación en zonas internas, sin sitios de anidamiento, y cascadas cercanas a ellos. Una recomendación que se desprende de este estudio es el continuar con las tomas de muestras estableciendo controles con aves o sin estas, y controles en surgentes y fuera de ellas.

En cuanto a los efectos sobre la población humana, ha habido repetidos episodios de molestias estomacales de algunos residentes en la isla, es probable que dichos episodios se deban a la presencia de otras bacterias fecales en el agua y no a *E. coli* misma.

Como se desprende de este estudio, los cerdos ferales están afectando la contaminación de las aguas dulces de la Isla del Coco. Como estas son las únicas disponibles para la bebida y preparación de alimentos, se recomienda el tratamiento de las aguas ya sea con filtros cerámicos o de otro tipo y el prevenir, sin alarmar, a todo aquel que ingrese en la isla sobre las medidas por tomar antes de beber directamente de las fuentes de la isla.

Bibliografía

- Auld, B.A. y C.A. Tisdell. 1986. Impact assessment of biological invasions. Páginas 79-88 en R.H. Groves and J.J. Burdon, eds. Ecology of Biological Invasions. Cambridge University Press, Cambridge.
- APHA. 1995. Standard methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Asahi, M. 1975. Stomach contents of wild boards (*Sus scrofa leucomystax*) in winter. Journal of Mammalian Society of Japan 6(3):115-120.
- Barret, R.H. y D.S. Pine. 1980. History and status of wild pigs, *Sus scrofa* in San Benito Country, California. California fish and game 67:105-117.
- Bratton, S.P. 1974. The effect of the european wild boar (*Sus scrofa*) on the high-elevation vernal flora in Great Smokey Mountains National Park. Bulletin of the Torrey Botanical Club 101:198-206.
- Coblentz, B.E. y D.W. Baber. 1987. Biology and control of feral pigs on Isla Santiago, Galápagos, Ecuador. Journal of Applied Ecology 24(2):403-418.
- Challies, C.N. 1975. Feral pig (*Sus scrofa*) on Auckland island: status and effect on vegetation and nesting seabirds. New Zealand Journal Zoology 4:479-490.
- Choquenot, D.B., Lukins y G. Curran. 1997. Assessing lamb predation by feral pigs in Australia's semi-arid rangelands. Journal of Applied Ecology 34:1445-1454.
- Diong, Ch. H. 1982. Population biology and management of the feral pig (*Sus scrofa*) in Kipahulu Valley, Maui. A dissertation submitted to the graduate division of the University of Hawaii in partial fulfillment for the degree of Doctor of Philosophy in Zoology. 405 pp.
- Guidelines for Drinking-Water Quality. 1984. Health Criteria and Other Supporting Information, Vol 2. World Health Organization. Geneva 335 pp.

Hone, J. y G.E. Robards. 1980. Feral pigs: ecology and control. Woll Technology and Sheep Breeding. N.S.W. Dept. of Agriculture, Noxious and Feral Animals Research Station.

Kotanen, P.M. 1995. Responses of vegetation to a changing regime of disturbance: effects of feral pigs in a California coastal prairie. *Ecography* 18:190-199.

Montoya, J.M. 1990. Plan de Manejo Parque Nacional Isla del Coco. Sistema de Parques y Reservas Marinas (SIPAREMA), Servicio de Parque Nacionales (SPN), Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (MIRENEM). Documento de Trabajo. Manuscrito, s.p.

Pittier, H. 1898. Apuntamientos preliminares sobre la isla de Cocos, posesión costarricense en el Océano Pacífico. Páginas 2-10 en Revista del Colegio Superior de Señoritas. San José, Costa Rica. Números 4 y 5, Julio y Agosto de 1935.

Scott, C.D. y M.R. Peltron. 1975. Seasonal food habitats of the European wild hog in the Great Smokey Mountains National Park. Proceedings of the Annual Conference of the Southeast Association. Game and Fish Committee 29:585-593.

Sierra, C. 1998. El cerdo cimarrón (*Sus scrofa*) en la Isla del Coco, Costa Rica: Impactos provocados por la depredación y las alteraciones al suelo. M.S.c. Tesis en Manejo de Vida Silvestre: PRMVS, UNA, Heredia, Costa Rica, pp 73.

Singer, F.J.W.T. Swank, y E.E.C. Clebsch. 1984. Effects of wild pig rooting in a deciduous forest. *Journal of Wildlife Management* 48(2):464-473.

Vtorov, I.P. 1993. Feral pig removal: effects on soil microarthropods in a Hawaiian rain forest. *Journal of Wildlife Management* 57:875-880.

Apéndice 1

Procedimiento para el análisis de bacterias fecales por el método NMP

Es un técnica fermentativa de tubos múltiples que da una estimación probabilística de la densidad de bacterias en una muestra de agua para la cual se utilizan medios de cultivo líquido selectivos.

1. Recolección de la muestra de agua en botellas de vidrio esterilizadas.
2. Montaje de la muestra en laboratorio.
 - 2.1 Prueba presuntiva. Evalúa los coliformes totales (fecales y de vida libre)
 - Se siembran alícuotas del agua (10 mL) en caldo lactosado concentrado, por triplicado.
 - Se siembran alícuotas del agua (1 y 0,1 mL) en caldo lactosa simple, por triplicado.
 - Los 9 tubos se incuban durante 48 hs. a 35 °C.
 - Se determina el crecimiento bacteriano de acuerdo con la turbidez del medio y la producción de gas de las bacterias a través de las campanas de Durham dentro de cada tubo.
 - 2.2 Prueba confirmativa.
 - Las diluciones positivas del paso anterior se siembran en medio de cultivo verde bilis brillante a 44,5 °C por 24 hs.
 - Se determina el crecimiento de las bacterias de acuerdo con la turbidez del medio y la producción de gas a través de las campanas de Durham dentro de cada tubo.