

# Billetes como fómites de bacterias con potencial patógeno para el hombre

## Paper Currency as Fomite for Bacteria with Human Pathogenic Potential

Carlos Alberto Betancur<sup>1</sup>, Santiago Estrada<sup>2</sup>, María Teresa Ceballos<sup>3</sup>, Elisa Sánchez<sup>4</sup>, Ana María Abad<sup>4</sup>, Claudia Vanegas<sup>3</sup>, Lina María Salazar<sup>5</sup>

### Resumen

**Introducción:** El papel moneda es uno de los artículos de mayor circulación en el mundo. En Colombia, la materia prima para la elaboración de los billetes es 100% fibra de algodón, lo que le confiere una estructura porosa que le permite alojar diferentes tipos de detritus y que posibilitaría la colonización microbiana de dicho papel.

**Objetivo:** Determinar la presencia y el tipo de contaminación bacteriana en los billetes circulantes en Medellín.

**Materiales y métodos:** Por conveniencia, en el período de diciembre 2008 a mayo 2009, se seleccionaron 101 billetes para análisis microbiológico. Dicho análisis consistió en el aislamiento de la microbiota bacteriana presente en ambas superficies de

los billetes, empleando la técnica del hisopo y siembra en aislamiento en agar sangre y en agar McConkey, así como la clasificación taxonómica de los aislamientos obtenidos.

**Resultados:** El 91,1% de los billetes evaluados presentaba contaminación microbiana, y se obtuvieron 124 aislamientos. El género más frecuentemente aislado correspondió a *Bacillus* spp., aislado en 65 de los cultivos (52,4%). El 41,9% de los aislamientos correspondía a bacterias potencialmente patógenas para el hombre, como estafilococos coagulasa negativos (20,2%) y bacilos gramnegativos de la familia *Enterobacteriaceae* (15,3%), de los cuales, *Pantoea cloacae* fue la especie más frecuentemente aislada (8,9%). El 17,7% de los aislamientos correspondía a bacterias de origen posiblemente entérico.

**Conclusión:** El papel moneda colombiano puede actuar como fomite de microbiota ambiental y de bacterias potencialmente patógenas para el hombre.

### Corresponding author:

Carlos Alberto Betancur, Calle 51 N° 45-93, consultorio 325, Clínica SOMA, Medellín, Colombia. Teléfono: (0574) 512-1753. cbetancur@ces.edu.co

Recibido: 27/12/2009; Aceptado: 03/05/2010

1 Profesor titular, Facultad de Medicina, Universidad CES, Medellín, Colombia  
2 Director, Laboratorio Clínico, Congregación Mariana, Medellín, Colombia  
3 Sección de Microbiología, Laboratorio Clínico, Congregación Mariana, Medellín, Colombia  
4 Estudiante de pregrado, Facultad de Medicina, Universidad CES, Medellín, Colombia  
5 Grupo de Investigación en Ciencias Básicas, Facultad de Medicina, Universidad CES, Medellín, Colombia

**Palabras clave:** papel moneda, fómite, microorganismos patógenos.

## Abstract

**Introduction:** Paper currency is one of the articles of highest circulation worldwide. In Colombia, the raw material for its manufacture is 100% cotton fiber, which gives it a porous structure that allows bills to lodge different types of debris and enables microbial colonization of this paper.

**Aim:** Determine the presence of bacterial contamination and its type in bills circulating in the city of Medellin.

**Materials and methods:** Out of convenience, 101 bills were selected for microbiological examination from December 2008 to May 2009. This analysis included the isolation of the bacterial microbiota present on both surfaces of the notes, using the swab technique and performing the taxonomic classification of the isolates obtained.

**Results:** 91.1% of the evaluated bills presented microbial contamination for a total of 124 isolates. The genus most frequently isolated corresponded to *Bacillus*; it was isolated in 65 cultures (52.4%). 41.9% of the isolates corresponded to bacteria potentially pathogenic to humans, such as coagulase-negative staphylococci (20.2%) and Enterobacteriaceae gram-negative rods (15.3%), *Pantoea cloacae* being the most frequently isolated species (8.9%). 17.7% of the isolates corresponded to enteric bacteria.

**Conclusion:** Colombian bills can act as fomite for environmental microbiota and bacteria which are potentially pathogenic to people.

**Key words:** Paper currency, fomite, pathogenic microorganisms

## Introducción

El papel moneda es uno de los artículos de mayor circulación en el mundo, por lo que un solo billete puede recorrer grandes distancias y ser manipulado por muchas personas. Los billetes colombianos están elaborados en el 100% de fibras de algodón <sup>(1)</sup>, lo que les confiere una superficie porosa y rugosa que no sólo brinda al tacto una textura fácilmente distinguible, sino que, además, posibilita el depósito de diferentes tipos de partículas, como polvo y microorganismos, los cuales pueden estar presentes por diversos lapsos de tiempo y ser diseminados a muchos ambientes mediante su manipulación <sup>(2)</sup>.

En el 2000, Pope *et al.* reportaron contaminación bacteriana en el 94% de un grupo de 68 billetes de dólares estadounidenses. En este estudio, se obtuvieron 93 aislamientos bacterianos y sólo en cuatro de estos billetes no se obtuvo crecimiento microbiano <sup>(3)</sup>. Sin embargo, un trabajo anterior a este estudio, realizado por Abrams y Waters en 1970, reportó que el 42% de los billetes analizados portaban bacterias potencialmente patógenas (*Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Pseudomonas* spp. y *Proteus mirabilis*) <sup>(4)</sup>. Otros estudios realizados en África, inclusive reportaron la contaminación de los billetes circulantes con nematodos intestinales (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* y *Enterobius vermicularis*) <sup>(5,6)</sup>. Además de la contaminación microbiana, en el papel moneda también se ha detectado la presencia de otras sustancias como psicofármacos <sup>(7)</sup>.

Pese a los estudios antes descritos, realmente es poca la literatura disponible sobre la contaminación microbiana del papel moneda y su papel como fómites de microorganismos potencialmente patógenos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio consistió en identificar la presencia de contaminación bacteriana en billetes circulantes en Mede-

Ilín, realizando una clasificación taxonómica de los aislamientos, para determinar si el papel moneda colombiano se comporta como fómite de microorganismos potencialmente patógenos para el hombre. Además, se relacionó la nominación y la fecha de emisión de los billetes con la presencia de contaminación bacteriana, como medida indirecta de su mayor o menor circulación.

## Materiales y métodos

**Tipo de estudio:** se llevó a cabo un estudio descriptivo prospectivo.

**Muestra:** se seleccionó una muestra por conveniencia de 101 billetes, captados en las cajas de pago del Laboratorio Clínico de la Congregación Mariana, en el periodo de diciembre 2008 a mayo 2009. También por conveniencia, se seleccionaron seis billetes por día, dos veces a la semana, hasta alcanzar el número muestral convenido. La nominación, fecha de edición y serie de cada uno de los billetes incluidos en el estudio, se registraron en una base de datos generada para tal fin.

**Análisis microbiológico:** cada billete se frotó por ambas caras con un aplicador de algodón estéril, previamente humedecido en caldo de infusión cerebro-corazón (*Brain Heart Infusion*, BHI) (BD, Franklin Lakes, NJ USA).

Posteriormente, dicho aplicador fue introducido, sometido a agitación y escurrido contra las paredes del tubo que contenía el caldo BHI, en el que se había humedecido previamente. El caldo se incubó a 36°C durante 48 horas, verificando la presencia de turbidez cada 24 horas.

Cuando se evidenció turbidez, se realizó una coloración de Gram para verificar la presencia y el tipo de contaminación bacteriana presente, así como una siembra del aislamiento en agar

sangre y agar McConkey (BD, Franklin Lakes, NJ USA), los cuales se incubaron a 36°C por 12 a 18 horas. Posteriormente, se determinó macroscópicamente el número de morfotipos de colonias presentes, así como la morfología y tinción de Gram, con el objetivo de orientar el proceso de identificación. Dicho proceso se realizó siguiendo procesos estandarizados. Los bacilos gramnegativos que no pudieron identificarse empleando la serie metabólica tradicional (agar triple azúcar o TSI, agar lisina, agar citrato, medio para determinación de sulfuro, movilidad e indol o SIM y agar urea), se identificaron mediante el método automatizado mini-API® (*Biomérieux Industry*). Los cocos grampositivos clasificados como estafilococos coagulasa negativos, no fueron identificados hasta el nivel de especie.

En cada uno de los ensayos realizados se hizo control de esterilidad para cada uno de los medios empleados, así como para los aplicadores de algodón utilizados para frotar la superficie de los billetes.

**Análisis estadístico:** para las variables cuantitativas se calcularon medidas de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (desviación estándar). Para las variables cualitativas, se calcularon frecuencias absolutas y relativas. Para dichos análisis, se empleó el programa estadístico SPSS®, versión 15.0.

## Resultados

De los 101 billetes analizados, se obtuvieron 124 aislamientos. De éstos, el género más frecuentemente aislado correspondió a *Bacillus* spp., aislado en 65 billetes (52,4%).

Otras bacterias aisladas correspondieron a cocos grampositivos, en 29 billetes (23,4%), y los estafilococos coagulasa negativos fueron los que predominaron, los cuales se aislaron en 25 billetes (20,2%).

También fue posible aislar bacterias con morfología de bacilos gramnegativos en 30 de los billetes (24,2%). Diecinueve de dichos aislamientos (15,3%) correspondieron a miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, y *Pantoea agglomerans* (anteriormente, *Enterobacter agglomerans*) fue la especie más frecuentemente aislada (8,9%). Siete de los bacilos gramnegativos aislados (5,6%) no pudieron ser clasificados taxonómicamente.

En la tabla 1 se resume la identidad y la cantidad de los aislamientos obtenidos.

Con respecto al número aislado de morfotipos distintos de colonia en cada uno de los billetes, en 28 de ellos se obtuvo crecimiento simultáneo de dos morfotipos diferentes, mientras que sólo en dos se aislaron tres diferentes tipos de colonias. En nueve billetes no se obtuvo crecimiento alguno; dicho de otra manera, 91,1% de los billetes evaluados presentó contaminación microbiana. El 41,9% de dicha contaminación correspondió a bacterias potencialmente patógenas para el hombre, de las cuales, 17,7% fueron bacterias de origen posiblemente entérico.

Al evaluar la relación entre la nominación de los billetes y el cultivo positivo se encontró que, independientemente de la primera, todos los billetes presentaron contaminación bacteriana, la cual fue más frecuente en aquéllos con nominación de dos mil pesos (tabla 2). Además, no se encontró una asociación estadísticamente significativa ( $p=0,998$ ) entre la nominación de los billetes y la contaminación con bacterias entéricas, a pesar de que la distribución del número de billetes de las diferentes denominaciones fue uniforme.

Cuando se relacionó la fecha de edición con la positividad del cultivo, se encontró que se obtuvo crecimiento en billetes de todas las ediciones, siendo éste más frecuente en los billetes editados en el 2006, edición que constituyó el grupo con mayor número de billetes analizados (65,3%) (tabla 3). Además, no hubo asociación ( $p=0,892$ ) entre la fecha de emisión de los billetes y la presencia de contaminación con bacterias entéricas; aunque, como ya se mencionó, se presentó un sesgo con respecto al número de billetes en cada año de emisión analizado (tabla 3).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica y número de los aislamientos obtenidos

Morfología según la tinción de Gram	Clasificación taxonómica	Número de aislamientos obtenidos	Porcentaje
Bacilos grampositivos	<i>Bacillus</i> spp.	65	52,4
Cocos grampositivos	<i>Staphylococcus coagulasa negativos</i>	25	20,2
	<i>Enterococcus</i> spp.	3	2,4
	<i>Streptococcus</i> spp.	1	0,8
Bacilos gramnegativos	<i>Pantoea agglomerans</i>	11	8,9
	Bacilos gramnegativos fermentadores de glucosa, no identificados	7	5,6
	<i>Escherichia coli</i>	4	3,2
	<i>Acinetobacter</i> spp.	4	3,2
	<i>Enterobacter cloacae</i>	2	1,6
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	1,6

n=124 aislamientos

**Tabla 2.** Relación de la nominación del billete y cultivo positivo.

Nominación del billete (pesos)	Sin crecimiento	Con crecimiento	Total
1.000	1	15	16
2.000	0	17	17
5.000	2	16	18
10.000	4	16	20
20.000	1	16	17
50.000	0	13	13
Total	8	93	101

## Discusión

Si bien los billetes pueden ser considerados ambientes hostiles para el desarrollo de una microbiota residente, es posible que permitan la colonización microbiana transitoria, la cual puede simplemente ser parte de la microbiota ambiental o, por el contrario, tener potencial patógeno para el hombre. Esto se debe a que el papel moneda es, quizás, uno de los objetos de mayor circulación a nivel mundial y, por lo tanto, está expuesto al contacto con múltiples personas y superficies, lo cual lo convierte en vehículo de transporte de diversos tipos de partículas, incluidos los microorganismos. Se asume que los microorganismos provienen, principalmente, de las partículas de polvo que se alojan en la superficie del billete, o del contacto con nuestras manos y todo lo que ellas han tocado.

Al manipular el papel moneda, no sólo transferimos parte de la microbiota presente en nuestras manos, sino que, además, la microbiota presente en él, puede ser intercambiada con éstas y desde allí a otras partes de nuestro cuerpo, o a otros objetos que también actúen como fómites. Esto es de particular importancia si se tiene en cuenta que, en nuestro medio, existen diversas costumbres cuando se trata de manipular los billetes, como, por

ejemplo, guardarlos en contacto con otras zonas del cuerpo (dentro del sostén o en las medias) y contarlos con los dedos humedecidos con saliva, entre otros.

Semmelweis <sup>(8)</sup> demostró que las manos del personal de salud y, por lo tanto, las de todas las personas, son portadoras de microorganismos, subrayando su papel en la diseminación de agentes etiológicos de índole infeccioso, algunos de ellos multirresistentes, especialmente cuando no se aplican las precauciones universales de bioseguridad. Sin embargo, desde inicios del siglo pasado, ya en nuestro país, se temía que la moneda circulante jugaba un papel importante en la transmisión del bacilo de Hansen (*Mycobacterium leprae*), por lo que se acuñó una moneda especial para los leprocomios <sup>(9)</sup>.

En este trabajo se encontró que el 91,1% de los billetes presentaba contaminación bacteriana, de la cual, el 41,9% estaba representada por bacterias con potencial patógeno para el hombre. De éstas, 22 aislamientos (17,7%) correspondieron a bacterias cuyo origen era posiblemente entérico (*Escherichia coli*, *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter*

**Tabla 3.** Relación de la fecha de edición del billete y cultivo positivo.

Fecha de emisión	Sin crecimiento	Con crecimiento	Total
1 <sup>er</sup> semestre de 2003	0	1	1
1 <sup>er</sup> semestre de 2004	0	4	4
2 <sup>do</sup> semestre de 2004	0	2	2
1 <sup>er</sup> semestre de 2005	0	4	4
2 <sup>do</sup> semestre de 2005	1	3	4
1 <sup>er</sup> semestre de 2006	1	27	28
2 <sup>do</sup> semestre de 2006	5	48	53
2 <sup>do</sup> semestre de 2007	0	2	2
1 <sup>er</sup> semestre de 2008	1	1	2
2 <sup>do</sup> semestre de 2009	0	1	1
Total	8	93	101

*cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* y *Enterococcus* spp.) y, por lo tanto, sugestivo de contaminación fecal.

Bacterias tales como *E. coli*, *Klebsiella* spp., *Pantoea* sp. y *Enterobacter* spp., son patógenos frecuentes productores de infecciones urinarias, neumonía, infección de heridas, etc., y pueden ser resistentes a múltiples antibióticos o hacerse resistentes a ellos, tal y como es el caso de las cepas productoras de betalactamasas de espectro extendido<sup>(10,11)</sup>. De tal manera que la distribución de este tipo de cepas pudiera verse facilitada por la manipulación de los billetes.

Otros bacilos gramnegativos, como aquéllos del género *Acinetobacter* aislados en el 3,2% de los billetes, son bacterias consideradas de baja virulencia, pero con un patrón de resistencia que adquiere relevancia en circunstancias de infecciones hospitalarias<sup>(12)</sup>.

Con respecto a los estafilococos coagulasa negativos, las bacterias con potencial patógeno más frecuentemente aisladas en el estudio (20,2%), si bien no fueron identificados a nivel de especie, suponemos que parte de este grupo estuvo representado por aquéllas bacterias del grupo que hacen parte de la microbiota normal de piel del ser humano. Dicha microbiota suele mantener una relación simbiótica con su huésped, pero, cuando se pierde la continuidad en la piel, en las barreras mucosas o se altera el equilibrio entre la bacteria y el huésped, pueden penetrar, colonizar e infectar otros tejidos, produciendo procesos de índole patológico<sup>(13,14)</sup>. Su papel como agentes etiológicos en entidades clínicas tales como bacteriemia en pacientes inmunosuprimidos, infecciones urinarias, infecciones asociadas a dispositivos médicos de diversa índole, osteomielitis, endoftalmitis después de cirugías oculares, etc., ha sido bien documentado<sup>(15)</sup>.

El segundo coco Gram positivo más frecuentemente aislado (2,4%), correspondió al género *Enterococcus*, bacterias de especial significancia si se tiene en cuenta que hacen parte de la microbiota del sistema gastrointestinal de los mamíferos<sup>(16,17)</sup>, lo cual indica su posible origen fecal. Esta bacteria ha sido asociada como agente etiológico de infecciones urinarias, bacteriemia y endocarditis, infecciones intraabdominales y pélvicas, infecciones de piel (difícil atribuirle su papel en este tipo de infecciones), sepsis neonatal y, en raras ocasiones, meningitis<sup>(13,17)</sup>.

En lo concerniente a las bacterias del género *Bacillus*, éstas constituyeron el principal grupo bacteriano contaminante; se aisló en 52,4% de los billetes. Estos hallazgos son similares a los encontrados por Xu *et al.*<sup>(18)</sup>, Pope *et al.*<sup>(3)</sup> y Uneke *et al.*<sup>(6)</sup>. Las bacterias del género *Bacillus* se adaptan bien a las condiciones ambientales extremas, mediante la formación de esporas, las cuales les permiten sobrevivir en el suelo y ser transportadas por las partículas de polvo, tolerando temperaturas extremas, condiciones de desecación e, inclusive, la acción de detergentes y altas concentraciones de alcohol antiséptico<sup>(19,20)</sup>. Por lo tanto, el hecho de aislar bacterias de este género, tanto en una superficie como en una muestra clínica, haría pensar siempre en contaminación con microbiota ambiental<sup>(21)</sup>. Algunas especies de *Bacillus* y sus toxinas han sido implicadas como agentes etiológicos de enfermedades transmitidas por alimentos<sup>(22)</sup>. Además, se sabe que se adhieren al plástico de los catéteres vasculares, lo que explica su papel en las bacteriemias que se presentan en algunos pacientes<sup>(23)</sup>. Los catéteres de Hickman, retirados de pacientes con cáncer y bacteriemia persistente por *Bacillus* spp., evidenciaron la producción de exopolisacárido bacteriano cuando fueron sometidos a microscopía electrónica de barrido<sup>(24)</sup>.

En lo que respecta a la nominación y al año de edición del billete en relación con la contaminación bacteriana, sólo es posible decir que estuvo presente sin distinción alguna de las características antes mencionadas. No fue posible determinar si a mayor nivel de circulación, había mayor grado de contaminación.

Es claro que los billetes son uno de los elementos de mayor circulación en el mundo y que su papel como posibles fómites ha sido documentado por nuestro trabajo. Esto nos avala para reforzar la idea de la importancia del lavado de manos después de tocar un billete, así como su adecuada manipulación y almacenamiento cuando entren en contacto con nosotros.

## Referencias

1. Segured.com. Los tres niveles de seguridad de un billete. Fecha de consulta: junio de 2010. Disponible en: <http://www.segured.com/index.php?od=9&link=4762>.
2. Khin Nwe O, Phy Phyu W, Aung Myo Han, Aye T. Contamination of currency notes with enteric bacterial pathogens. J Diarrhoeal Dis Res. 1989;7:92-4.
3. Pope TW, Ender PT, Woelk WK, Koroscil MA, Koroscil TM. Bacterial contamination of paper currency. South Med J. 2002;95:1408-10.
4. Abrams BL, Waterman NG. Dirty money. JAMA. 1972;219: 1202-3.
5. El-Dars FMS, Hassan WMH. A preliminary bacterial study of Egyptian paper money. Int J Environ Health Res. 2005;15: 235-9.
6. Uneke CJ, Ogbu O. Potential for parasite and bacterial transmission by paper currency in Nigeria. J Environ Health. 2007;69:54-60.
7. Jenkins AJ. Drug contamination of US paper currency. Forensic Sci Int. 2001;121:189-93.
8. Best M. Ignaz Semmelweis and the birth of infection control. Qual Saf Health Care. 2004;13:233-4.
9. Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República. "Exposiciones temporales 2007 – 2008. La moneda de los lazaretos". Publicación digital en la página web de la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República. Los centavos de los leprosos. Fecha de consulta: junio de 2010. Disponible en: <http://www.lablaa.org/exposicion-lazareto.htm>.
10. Livermore DM. Defining an extended-spectrum beta-lactamase. Clin Microbiol Infect. 2008;14(Suppl.1):3-10.
11. Villegas MV, Kattan JN, Quinteros MG, Casellas JM. Prevalence of extended-spectrum beta-lactamase in South America. Clin Microbiol Infect. 2008;14(Suppl.1):154-8.
12. Villegas MV, Kattan JN, Correa A, Lolans K, Guzman AM, Woodford N, Livermore D, et al. Dissemination of *Acinetobacter baumannii* clones with OXA-23 carbapenemase in Colombian hospitals. Antimicrob Agents Chemother. 2007;51:2001-4.
13. Correa A, Robledo J. Cocos grampositivos. En: Díaz FJ, Estrada S, Franco L, Jaramillo JM, Maestra AE, Ospina S, Robledo R, et al., editores. Microbiología de las infecciones humanas. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2007. p. 79-105.
14. Kloos WE, Bannerman TL. Update on clinical significance of coagulase-negative staphylococci. Clin Microbiol Rev. 1994;7:117-40.
15. Gordon LA, Michael WC. *Staphylococcus epidermidis* and other coagulase-negative staphylococci. En: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R, editors. Principles and practice of infectious diseases. Sixth edition. New York: Churchill Livingstone; 2005. Chap 193.
16. Murray BE. The life and times of the *Enterococcus*. Clin Microbiol Rev. 1990;3:46-65.
17. Facklam RR, Sahm DF, Teixeira LM. *Enterococcus*. En: Murray PR, Baron EJ, Pfaller MA, Tenover F, Yolken R, editors. Manual of clinical microbiology. Seventh edition. Washington, D.C: American Society for Microbiology; 1999. p. 297-305.
18. Xu J, Moore JE, Millar BC. Ribosomal DNA (rDNA) identification of culturable bacterial flora on monetary coinage from 17 currencies. J Environ Health. 2005;67:51-5.
19. Fekete T. *Bacillus* species and related genera other than *Bacillus anthracis*. En: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R, editors. Principles and practice of infectious diseases. Seventh edition. New York: Churchill Livingstone; 2009. Chap 206.
20. Hsueh PR, Teng LJ, Yang PC, Pan HL, Ho SW, Luh KT. Nosocomial pseudoepidemic caused by *Bacillus cereus* traced to contaminated ethyl alcohol from a liquor factory. J Clin Microbiol. 1999;37:2280-4.
21. Turnbull PC, Kramer JM. Intestinal carriage of *Bacillus cereus*: faecal isolation in three population groups. J Hyg (Lond). 1985;95:629-38.
22. Lund BM. Foodborne disease due to *Bacillus* and *Clostridium* species. Lancet. 1990;336:982-6.
23. Sliman R, Rehm S, Schlaes DM. Serious infections caused by *Bacillus* species. Medicine (Baltimore). 1987;66:218-23.
24. Banerjee C, Bustamante CI, Wharton R, Talley E, Wade JC. *Bacillus* infections in patients with cancer. Arch Intern Med. 1988;148:1769-74.