



Estudio piloto de caracterización microbiológica de los billetes que circulan en la ciudad de Bucaramanga, Colombia

Pilot Study of Microbiological Characterization of Banknotes Circulating in the City of Bucaramanga, Colombia

Estudo piloto de caracterização microbiológica das notas em circulação na cidade de Bucaramanga, Colômbia

Yohana Castro-Hernández, Ing., MSc.¹ 

1. Ingeniera Ambiental, Magíster en Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones. Biotechnology and Environment Group. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga, Santander, Colombia.

Correspondencia. Yohana Castro Hernández. Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB). Avenida 42 No. 48 – 11, Campus El Jardín. Bucaramanga, Santander, Colombia. **Email.** ycastro892@unab.edu.co

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO:

Artículo recibido: 10 de diciembre de 2021

Artículo aceptado: 24 de noviembre de 2022

DOI: <https://doi.org/10.29375/01237047.4328>

Cómo citar. Castro-Hernández Y. Estudio piloto de caracterización microbiológica de los billetes que circulan en la ciudad de Bucaramanga, Colombia. MedUNAB [Internet]. 2022;25(3):441-450. doi: <https://doi.org/10.29375/01237047.4328>

RESUMEN

Introducción. Los billetes son un potencial medio de transmisión de microorganismos capaces de producir enfermedades. Es el caso del *Staphylococcus aureus*, una bacteria distribuida por toda América Latina, causante de infecciones y resistente a antibióticos de uso común. El objetivo del estudio es realizar una caracterización bacteriana y fúngica de billetes circulantes en la ciudad de Bucaramanga, y en especial identificar algunos que puedan relacionarse con problemas de salud pública. **Metodología.** Estudio observacional y cuantitativo, con una muestra de 50 billetes (5 diferentes denominaciones de 2 fechas de emisión). Se identificaron y cuantificaron los microorganismos mediante siembra en caldo peptona, posteriormente en agar Reasoner's 2A (R2A), nutritivos y selectivos, además del uso de técnicas de índice analítico de perfil (API) y microscopía óptica. Se realizó un análisis estadístico de correlación de variables mediante el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). **Resultados.** Se identificaron 21 géneros y 12 especies de bacterias, así como 3 géneros y 2 especies de hongos filamentosos, entre ellos algunos que pueden ocasionar infecciones como *Klesiella*, *Enterobacter*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Cryptococcus* y *Aspergillus*. **Discusión.** En relación



con estudios internacionales, en este trabajo se identificaron menos tipologías de microorganismos, lo cual se explica en razón a las limitaciones propias de las técnicas utilizadas y del nivel de contaminación local. **Conclusión.** Se pudo establecer que el grado de contaminación microbiana no depende significativa o consistentemente de la fecha de emisión ni de la denominación; pero la identificación de patógenos sugiere plantear medidas para limitar su transmisión por esta vía.

Palabras claves:

Bacterias; Levaduras; Infección Hospitalaria; Epidemiología; Fómites.

ABSTRACT

Introduction. Banknotes are a potential means of transmission of microorganisms capable of producing diseases. This is the case of *Staphylococcus aureus*, a bacterium distributed throughout Latin America, which causes infections and is resistant to commonly used antibiotics. The objective of the study is to perform a bacterial and fungal characterization of banknotes circulating in the city of Bucaramanga, and especially to identify some that may be related to public health problems. **Methodology.** Observational and quantitative study, with a sample of 50 banknotes (5 different denominations of 2 issue dates). Microorganisms were identified and quantified by seeding in peptone broth, then on Reasoner's 2A agar (R2A), nutrient and selective, in addition to the use of analytical profile index (API) and light microscopy techniques. A statistical analysis of correlation of variables was performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software. **Results.** Twenty-one genera and 12 species of bacteria were identified, as well as 3 genera and 2 species of filamentous fungi, including some that can cause infections such as *Klesiella*, *Enterobacter*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Cryptococcus*, and *Aspergillus*. **Discussion.** In comparison with international studies, this study identified fewer types of microorganisms, which is explained by the limitations of the techniques used and the level of local contamination. **Conclusion.** It was possible to establish that the degree of microbial contamination does not depend significantly or consistently on the date of issue or the denomination; but the identification of pathogens suggests that measures should be taken to limit their transmission by this route.

Keywords:

Bacteria; Yeasts; Cross Infection; Epidemiology; Fomites.

RESUMO

Introdução. As notas são um meio potencial de transmissão de microrganismos capazes de produzir doenças. É o caso do *Staphylococcus aureus*, bactéria distribuída por toda a América Latina, causadora de infecções e resistente aos antibióticos comumente utilizados. O objetivo do estudo é realizar uma caracterização bacteriana e fúngica das notas em circulação na cidade de Bucaramanga e, principalmente, identificar algumas que possam estar relacionadas a problemas de saúde pública. **Metodologia.** Estudo observacional e quantitativo, com uma amostra de 50 notas (5 denominações diferentes de 2 datas de emissão). Os microrganismos foram identificados e quantificados por meio de semeadura em caldo peptonado, depois em ágar Reasoner 2A (R2A), nutritivo e seletivo, além da utilização de índice de perfil analítico (API) e técnicas de microscopia óptica. Foi realizada uma análise estatística de correlação das variáveis por meio do software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). **Resultados.** Foram identificados 21 gêneros e 12 espécies de bactérias, além de 3 gêneros e 2 espécies de fungos filamentosos, incluindo alguns que podem causar infecções como *Klesiella*, *Enterobacter*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Cryptococcus* e *Aspergillus*. **Discussão.** Em relação aos estudos internacionais, neste trabalho foram identificados menos tipos de microrganismos, o que se explica pelas limitações das técnicas utilizadas e pelo nível de contaminação local. **Conclusão.** Foi possível estabelecer que o grau de contaminação microbiana não depende de forma significativa ou consistente da data de emissão ou da denominação; mas a identificação de patógenos sugere considerar medidas para limitar sua transmissão por essa via.

Palavras-chave:

Bactérias; Leveduras; Infecção Hospitalar; Epidemiologia; Fômites.

Introducción

Desde 1850 se planteó la hipótesis de que el traspaso de dinero puede asociarse con la transmisión de enfermedades. En las últimas décadas, investigadores de diferentes partes del mundo han respaldado dicha posición. Entre los factores que influyen para que los billetes actúen como matriz para el crecimiento de microorganismos, se investiga el material con que están elaborados los billetes y en consecuencia, se puede inferir el grado de contaminación microbiana. Dicho material puede ser de lino, plástico o de algodón mezclado con lino (1,2). El diseño del billete implica altos y bajos relieves que sirven de depósito de residuos y sustratos para el crecimiento microbiano. El contacto continuo con las máquinas contadoras de dinero, así como el polvo, la tierra, los procesos de almacenamiento y producción (3), y las condiciones climáticas y ambientales de los trópicos, favorecen el crecimiento de los microorganismos adheridos (2). De igual manera, influyen también los malos hábitos de higiene de las personas, que también se pueden asociar a una variedad de microorganismos provenientes del mal lavado de manos, contacto con fluidos, y cruces con comida y agua contaminadas (3). La imposibilidad de desinfectar en la práctica las superficies de los billetes de forma recurrente por métodos convencionales debido al posible deterioro de sus propiedades, podría también ser discutida como un factor de contaminación. En algunos casos, los estudios de caracterización microbiana vinculan la edad de los billetes, a la tipología y cantidad de microorganismos encontrados en la moneda circulante (2).

En cualquiera de las circunstancias descritas, los billetes pueden estar presentes y ser vehículos de transmisión de microorganismos patógenos, entre ellos *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Pantoea septica* y *Paenibacillus faecis*. *Enterococcus spp.*, *Candida spp.*, *Bacillus spp.*, y *Klebsiella spp.* (3,4). Pudiendo llegar a causar infecciones en vías urinarias, torrente sanguíneo y tejidos blandos.

La gran preocupación con estos microorganismos, y especialmente con las bacterias, es que se vuelvan resistentes a los antibióticos, como lo respalda la literatura (5). La alta circulación y manipulación de este fómite, aumenta la probabilidad de transmisión y probabilidad de enfermedades (6). Hoy por hoy, después de la pandemia, los billetes, las tarjetas y las monedas se investigan con el fin de evaluar la prevalencia y persistencia del ARN del virus SARS-CoV-2 en estos medios (7).

A nivel nacional, se ha investigado muy poco acerca de esta problemática. Se relaciona un estudio reciente en Medellín, en el cual se encontraron 233 géneros bacterianos, de los que 12 son potenciales patógenos

(8). En la región no se encontraron estudios, por lo que se considera que realizar una caracterización microbiana exploratoria de la capital de la región santandereana, contribuye al saber científico sobre las rutas microbianas de propagación. En efecto, la revisión realizada indica la importancia de considerar la heterogeneidad en los reportes de frecuencia de microorganismos asociados a condiciones ambientales, geográficas y culturales y las principales amenazas en la salud pública (5). Este estudio es una primera aproximación, cuyo objetivo es determinar la presencia, tipo y cantidad de bacterias y hongos presentes en los billetes circulantes en la ciudad de Bucaramanga y relacionarlos con las enfermedades de interés local.

Metodología

Diseño del estudio

Estudio observacional y cuantitativo, con selección de 50 billetes que circularon en la ciudad de Bucaramanga desde el 2018 hasta el 2019, obtenidos bajo intercambio monetario con el Banco de la República seccional Bucaramanga. Se analizaron por quintuplicado las denominaciones de \$2,000, \$5,000, \$10,000, \$20,000 y \$50,000, emitidas en dos periodos: 1995-2006 y 2016-2018. Se excluyeron billetes de poca circulación, como la denominación de \$100,000, o los que hayan sido objeto de una transición de billete a moneda (\$1,000). Se controló el sesgo de selección, considerando que los billetes que llegan al Banco han rotado por diferentes establecimientos y lugares de la ciudad.

Preparación de muestras

Para realizar el análisis microbiológico se tomaron muestras físicas de los billetes, con cortes cuadrículares de 1x1cm², en las posiciones señaladas en la Figura 1. Los 5 cuadrantes fueron puestos en 25 ml de caldo peptona cloruro de sodio y se incubaron a 28°C por 24 horas. Se creó un pool de microorganismos por cada billete. A partir de esta suspensión se cuantificaron e identificaron los microorganismos que prevalecieron bajo estas condiciones, aplicándose este procedimiento por triplicado para cada pool, bajo la metodología que combina análisis de laboratorio y estadístico, como se observa a continuación.

Análisis de laboratorio

En el laboratorio del Centro en Bioeconomía Circular de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se trabajaron dos variables: Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y género/especie de microorganismos identificados. La



Figura 1. Método de toma de muestras microbianas en billete de \$5,000 y \$10,000. Recorte de muestra compuesta de 5 cuadrantes distantes de 1cmx1 cm de material de superficie de billete de \$ 5,000 de fecha de emisión de 2016-2018 (1A) y \$ 10,000 de fecha de emisión de 1995-2006 (1B) pesos colombianos.

Fuente: elaborado por el autor.

cuantificación mediante el método recuento en placa, procedió en primera instancia mediante la preparación de diluciones a partir de la solución de extracción de 1:10-1 hasta 1:10-6 en caldo peptona cloruro de sodio; luego se sembraron 10 μ L a profundidad y por triplicado en medio de cultivo para microorganismos de crecimiento lento (R2A), medio que detecta gran cantidad de microorganismos y puede identificar bacterias de crecimiento muy lento con rapidez en comparación con medios nutritivos, e incubando a la temperatura promedio de Bucaramanga de 28°C durante 24 horas. A partir de las diluciones 10⁵ y 10⁶ se determinaron las UFC con la cámara de recuento.

Para la identificación del género o especie de los microorganismos adheridos a los billetes, se tomó 0.03 ml de los crecimientos obtenidos del caldo cloruro sódico peptona y se sembró por triplicado mediante agotamiento en estría en agares nutritivos y selectivos. Se usó malta agar con oxitetraciclina para levaduras y mohos con restricción en crecimiento de bacterias y medio nutritivo (Brain Heart Infusion Agar) y selectivos para la identificación de bacterias patógenas probables de acuerdo con los estudios de referencia, como Manitol Salt Phenol-Red Agar (para especies de estafilococos), L-palcam Listeria Selective (para Listeria spp.), Manitol Egg Yolk Polymyxin (para Bacillus cereus) y eosina y azul de metileno agar (para bacilos Gram negativos y enterobacterias). Se observaron sus características morfológicas macroscópicas y microscópicas y se comparó con las especificaciones de la ficha técnica de cada agar de cultivo y atlas de diagnóstico microbiológico de Koneman (9). Para confirmar la identificación el género o especie de las bacterias y levaduras, las colonias se sometieron a pruebas bioquímicas mediante sistemas miniaturizados de índice analítico de perfil (API), API 20E (identifica enterobacterias), API NE (bacilos Gram negativos), API 50CH (lactobacilos), API Staph (género Staphylococcus, Micrococcus y Kocuria), API Strep (especies de Streptococcus y Enterococcus) y

API Listeria (Especies de Listeria). Sus resultados fueron sometidos al aplicativo de APIWEB.

Adicionalmente, se midió la humedad, pH, textura y estado físico de los billetes. Parámetros que no se contaron como variables, por la alta similitud de los resultados. La humedad se midió mediante el método gravimétrico descrito en la norma técnica colombiana 5167 (10), pH con el método colorimétrico, la textura con el tacto y el estado del billete mediante observación cualitativa por medio del estereoscopio.

Análisis estadístico

En el análisis estadístico se hizo una cuantificación de la variable UFC y la frecuencia (%) de los microorganismos en el total de muestras de billetes analizadas. La variable UFC, de tipo ordinal por su agrupación en promedio, se correlacionó con las variables denominación, ordinal con 5 niveles (\$2.000, \$5.000, \$10.000, \$20.000, \$50.000) y periodos de emisión de los billetes, nominal con dos niveles (1995-2006 y 2015), mediante el uso del coeficiente de correlación Tau b de Kendall del software SPSS 22.0, bajo el nivel de significancia del 5%.

Resultados

Características fisicoquímicas de los billetes

Todos los billetes utilizados en el estudio exhiben una textura rugosa con una humedad de 0.04% en promedio y pH entre 5.4 y 6.4. Los billetes emitidos entre 1995 y 2006 presentan un alto grado de deterioro, residuos de tinta y cinta, con marcas de suciedad; en cambio, los emitidos desde 2016 al 2018, se observan limpios y de consistencia más rígida.

Conteo microbiano y su correlación con la denominación y fechas de emisión

Se encontraron colonias de bacterias y hongos en todas las muestras. En promedio, los billetes retienen 54.9×10^6 Unidades Formadoras de Colonias por cm^3 (UFC/ cm^3). En la Tabla 1 se muestra la cantidad de microorganismos

viables para los dos periodos de emisión y todas las categorías de denominación estudiadas. El coeficiente Tau b de Kendall fue de 0.157 para la relación de UFC con la denominación y de 0.024 entre UFC y fecha de emisión, valores por encima de -1 y por debajo de 1, lo que indica que no existe una concordancia lineal entre las variables (Tabla 3).

Tabla 1. Resultados del recuento de Unidades Formadoras de Colonias a partir de las muestras de billetes de distinta denominación.

Denominación (\$)	Fecha de emisión	UFC/ cm^3 por dilución	
		Dilución 1:10 ⁻⁵	Dilución 1: 10 ⁻⁶
2,000	1995-2006	230.13 x 10 ⁵	67.8 x 10 ⁶
	2016-2018	223.87 x 10 ⁵	36.33 x 10 ⁶
5,000	1995-2006	112.80 x 10 ⁵	38.33 x 10 ⁶
	2016-2018	234.80 x 10 ⁵	39.07 x 10 ⁶
10,000	1995-2006	226.04 x 10 ⁵	70.67 x 10 ⁶
	2016-2018	102.27 x 10 ⁵	11.67 x 10 ⁶
20,000	1995-2006	326.87 x 10 ⁵	61.33 x 10 ⁶
	2016-2018	415.87 x 10 ⁵	100.93 x 10 ⁶
50,000	1995-2006	307.53 x 10 ⁵	51.2 x 10 ⁶
	2016-2018	357.60 x 10 ⁵	70.27 x 10 ⁶

Cantidad de microorganismos identificados en los billetes por denominación y fechas de emisión, dadas en Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/ cm^3 .

Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 3. Correlación de UFC con la denominación y fecha de emisión de los billetes

Fecha de emisión	Coeficiente de correlación	Cantidad de microorganismos dilución 10 ⁻⁶
		significancia
Denominación de los billetes	Coeficiente de correlación	0.419
	significancia	0.157
Denominación de los billetes	Coeficiente de correlación	0.068
	significancia	

Resultados del ensayo de correlación de las variables cantidad de microorganismos vs. denominación de billetes y fecha de emisión, con el coeficiente Kendall en el software SPSS.

Fuente: elaborado por el autor.

Microorganismos identificados

Se identificaron 12 especies bacterianas y 20 géneros bacterianos a los cuales no se les logró identificar especie. Los resultados de la identificación de bacterias y hongos, discriminados por morfología y frecuencia en los billetes, se muestran en la Tabla 2.

Los géneros y/o especies con mayor presencia de bacterias son *Bacillus subtilis* (48%), *Staphylococcus spp.* (30%), *Staphylococcus aureus* (24%), *Bacillus cereus* (16%), *Corynebacterium spp.* (18%), *Listeria spp.* (18%) y *Streptococcus spp.* (18%). Esto significa que, por ejemplo, en los 50 billetes analizados, se encontró que 24 billetes contenían *Bacillus subtilis*. Con menor frecuencia se presenta bacterias de los géneros *Shigella*, *Providencia*, *Streptobacillus*, *Flavobacterium* y *Streptomyces*.

Tabla 2. Frecuencia de microorganismos clasificados en relación con su característica morfológica en las muestras de billetes analizados.

Microorganismo	Género/Especie	Presencia del microorganismo en los billetes (%)
Característica morfológica		
BACTERIAS		
Bacilos Gram positivos	Bacillus spp.	22
	Bacillus subtilis	48
	Bacillus cereus	16
	Bacillus megaterium	6
	Bacillus brevis	22
	Bacillus mycoides	10
	Bacillus polymyxa	2
	Bacillus licheniformis	2
	Bacillus sphaericus	4
	Bacillus pumilus	2
	Bifidobacterium spp.	2
	Streptomyces spp.	2
	Corynebacterium spp.	18
	Listeria spp.	18
Listeria monocytogenes	4	
Bacilos y Cocobacilos Gram negativos	Lactobacillus spp.	10
	Alcaligenes spp.	4
	Leclercia spp.	6
	Shigella spp.	2
	Citrobacter spp.	12
	Klebsiella spp.	12
	Enterobacter spp.	14
	Proteus spp.	12
	Providencia spp.	2
	Pseudomonas spp.	6
	Escherichia coli	8
	Streptobacillus spp.	2
	Flavobacterium spp.	2
	Cocos Gram positivos	Micrococcus spp.
Enterococcus spp.		12
Streptococcus spp.		18
Staphylococcus spp.		30
<i>Staphylococcus aureus</i>		24
HONGOS		
Levaduras	Cándida spp.	10
	Cándida tropicalis	12
	Cándida ciferrii	2
	Saccharomyces spp.	2
	Cryptococcus spp.	2
Filamentosos	Aspergillus flavus	4
	Aspergillus fumigatus	2
	Aspergillus niger	10
	Aspergillus versicolor	2
	Aspergillus spp.	2
	Mucor spp.	2
	Penicillium commune	4

Discriminación de microorganismos de acuerdo con su morfología, al tipo, género o especies y frecuencia en las 50 muestras de billetes estudiados.

Fuente: elaborado por el autor.

Discusión

Se genera la hipótesis sobre la presencia de microorganismos en los billetes que circulan en la ciudad de Bucaramanga, a partir de la cual, se comprobó que los billetes de la muestra seleccionada almacenan alrededor de 54.9×10^6 UFC/cm³, es decir, toda el área del billete contiene microorganismos. Para la identificación de los microbios, Minakawa (11) utilizó espectrofotometría de masas y Lizarazo (8) secuenciación de ampliaciones 16s, reportando 233 géneros bacterianos. A diferencia de estos métodos, el uso de medios de cultivo y pruebas microbiológicas básicas como las utilizadas en este trabajo limita la identificación de una mayor variedad de microorganismos que pueden estar presentes en los fómites analizados.

Dentro de las limitaciones del presente estudio están las condiciones geográficas, sociales y climáticas de Bucaramanga, la metodología y el tamaño de la muestra, la vía de circulación de los billetes y las técnicas y medios de cultivo usados para la identificación de los microorganismos.

Los géneros de bacterias *Bacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Klebsiella*, *Shigella*, *Citrobacter*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* y *Escherichia*, identificados en las muestras de billetes circulantes en Bucaramanga, también aparecen en estudios realizados en Sudán (12,13), Argelia (14), Turquía (Estambul) (3), Pakistán (15), Hong Kong (16), Polonia (17) y en Irak (Bagdad) (18). Otras bacterias como *Rothia mucilaginosa*, *Brevundimonas vesicularis*, *Shewanella putrefaciens*, *Weeksella virosa*, *Acinetobacter Iwoffii*, *Serratia marscesens*, *Chryseobacterium indologenes* (14) que fueron identificadas en estos referentes, no se reconocieron en los billetes de Bucaramanga, al igual que el género *Listeria* y especie *Listeria monocytogenes* no fue identificado en los estudios de referencia, lo que se explica por las condiciones ambientales distintas en el contexto de cada estudio y aspectos propios de los billetes analizados.

La mayoría de las especies y género de bacterias encontradas son oportunistas y nosocomiales; sin embargo, el género *Citrobacter* porta infecciones en personas sin precedentes de enfermedades, desarrolla meningitis y abscesos cerebrales. *Staphylococcus aureus* es una de las causas más frecuente de gastroenteritis, generar infecciones en tejidos blandos, bacteremia, neumonía, infecciones en el sistema nervioso y tracto genitourinario (19,20). Sahar (21) reporta que esta especie es resistente a los antibióticos más usados como meticilina en 46% y tiene una amplia diversidad genotípica, por lo que se estudia a fondo su epidemiología y patogenicidad. Seas et al. (22) confirma que la cepa *Staphylococcus aureus* se

encuentra distribuida en gran parte de América Latina. Así como el género *Staphylococcus* es de gran inquietud, el género *Acinetobacter* también; es el principal causante de infecciones nosocomiales, se asocia con varias epidemias y altas tasas de mortalidad y específicamente, *Acinetobacter baumannii* es resistente a múltiples antibióticos (23).

Los anteriores estudios se dedican a la identificación de bacterias. Tan solo un estudio encontró seis especies de hongos patógenos, *Pichia guilliermondii*, *Aureobasidium pullulans*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Meyerozyma guilliermondii*, *Debaryomyces hansenii*, *Candida parapsilosis*. En este estudio se encontraron 3 géneros de levaduras: *Cándida* con dos especies (*Cándida tropicalis* y *Cándida ciferrii*), *Saccharomyces* y *Cryptococcus*. La especie *Cándida tropicalis* es una levadura oportunista que puede provocar enfermedades infecciosas cutáneas y 3 géneros de hongos filamentosos: *Aspergillus spp* con 4 especies (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus versicolor*), *Mucor spp.* y *Penicillium*; siendo *Aspergillus* el género más común en los billetes (24).

Otros investigadores van más allá de las bacterias y hongos. Se han identificado parásitos intestinales en los billetes que circulan en Brasil (*Entamoeba coli*, *Endolimax nana*, *Giardia duodenalis*, nematodos, *Hymenolepis sp.*, *Taenia sp.* y *Ancylostoma sp.*) (25) y virus como el papiloma humano HPV18 (*Alphapapillomavirus*), herpes simple (*Alphaherpesvirus humano*), SV40 (*Macaca mulatta polyomavirus*), MCVI (*Molluscum contagiosum virus subtype*), Or virus, SHAV (*Shamonda orthobunyavirus*) (13) y SARS-CoV-2 (26,27).

No obstante, es claro que la manipulación de estos portadores de microorganismos sin precaución, atenta contra la salud pública, aumentando el riesgo de transmisión de enfermedades. Según Alfadil (13), *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Citrobacter freudii*, *Salmonella paratyphi* y *Enterobacter cloacae* son resistentes a la ampicilina 10 µg y a la amoxicilina 25 µg, antibióticos usados regularmente ante cualquier infección. En Hong Kong, las bacterias aisladas mostraron resistencia a antibióticos, tales como como Imipinem, Piperacilina, Tigeciclina, Tetraciclina y sulfametoxazol (6). Se trata entonces de un amplio espectro de antibióticos y un fenómeno común que pone en problemas a la comunidad científica y la preservación de la salud.

En estudios como el de Badvi (2) realizado en Pakistán, el nivel de contaminación microbiana se relaciona directamente con la edad de los billetes. Entre mayor edad, mayor es el uso y contacto con factores externos que aumentan el número de microorganismos capaces de

adherirse a esta superficie y formar biopelículas. Al contrario de este estudio, en Bucaramanga los resultados indican que no hay relación lineal entre las variables de denominación de los billetes y la cantidad de microorganismos.

La solución a la problemática de salud pública por contaminación microbiana en billetes compromete diversos factores, desde hábitos culturales, hasta cambios en los materiales de elaboración del papel moneda. Los cambios de costumbres de almacenamientos como guardar los billetes en carteras y no en zonas con contacto en la piel, y la higiene de los usuarios, es la alternativa más sencilla y sin costo alguno para reducir la transmisión de potenciales patógenos en el dinero circulante. Alternativas como la aplicación de barniz antibacterial (28), uso de nanofibras de celulosa y de quitosano (29), nanocristales de celulosa (30) y nanoplata (31), resultan siendo costosas y aún se investiga su verdadera eficacia antibacterial.

Conclusiones

Los billetes de las diferentes denominaciones y fechas de emisión que circularon en la ciudad de Bucaramanga son medios de transporte de microorganismos que pueden almacenar más de 400×10^5 UFC/cm³. La cantidad de microorganismos no difiere del tipo de billete ni la fecha de emisión. La mayoría de los microorganismos identificados tienen potencial patógeno, algunos son nosocomiales y oportunistas, que pueden generar desde una infección cutánea leve hasta enfermedades de importancia clínica como infecciones digestivas, pulmonares y de sistema urinario y nervioso. Son microorganismos precursores de problemas de salud pública, con una función importante a nivel epidemiológico en razón a su variabilidad genética y presencialidad en diferentes escenarios.

Conflicto de interés

La autora declara no tener conflictos de intereses.

Financiación

Para la realización de este estudio, no existió ningún tipo de financiación externa a los autores.

Consideraciones éticas

Este es un estudio de caracterización microbiológica del material de intercambio resultante de actividades cotidianas. No se realizó ninguna intervención o modificación de las variables, biológicas, fisiológicas o sociales. El estudio se realizó con base en la normatividad de bioseguridad

de las investigaciones de la resolución 8430 de 1993 de Colombia.

Referencias

1. Vriesekoop F, Chen J, Oldaker J, Besnard F, Smith R, Leversha W, et al. Dirty Money: A matter of bacterial survival, adherence and toxicity. *Microorganisms* [Internet]. 2016;4(4):42. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms4040042>
2. Ahmed-Badvi J, Jawed K, Jawed-Badvi M. Lower Denomination and Dirty Currency Carries More Contaminated than Higher Denomination in Pakistan. *Int J Vaccines Vaccine* [Internet]. 2017;4(3):11-12. doi: <https://doi.org/10.15406/ijyv.2017.04.00082>
3. Demirci M, Celepler Y, Dincer S, Yildirim I, Çiğriki HU, Kalyenci N, et al. Should we leave the paper currency? A microbiological examination. *Rev Esp Quimioter* [Internet]. 2020;33(2):94-102. doi: <https://doi.org/10.37201/req/085.2019>
4. Almogbel M, Joseph R, Elbehiry A, Allemailem K, Almatroudi A. Does circulated paper currency pose a public health hazards for the community? *J Infect Public Health*. [Internet]. 2020;13(2):339. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.01.090>
5. Coignard B. Antibiorésistance: la situation en France et dans le monde. *Bull Acad Natl Med* [Internet]. 2019;203:159-169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.banm.2019.02.006>
6. Recalde-Reyes DP, Alfonso-Ortiz N, Fuentes-Quimbayo MF, Ángel-Hernández V, Guzman-Ladino I, Medina-Manrique JF, et al. Perfil de resistencia genotípica y fenotípica presente en bacterias aisladas a partir de fómites en Armenia, Quindío-Colombia período junio-julio 2019. *Infectio* [Internet]. 2021;25(1):22-27. doi: <http://dx.doi.org/10.22354/in.v25i1.904>
7. Akter S, Roy PC, Ferdous A, Ibnat H, Alam RU, Nigar S, et al. Prevalence and stability of SARS-CoV-2 RNA on Bangladeshi banknotes. *Sci. Total Environ* [Internet]. 2021;779:133-146. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146133>
8. Lizarazo-Medina PX, Cabarcas-Jaramillo F, Alzate JF. Microbiota bacteriana asociada al papel moneda de circulación en Colombia. *Infectio* [Internet]. 2016;20(4):218-224. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infect.2015.10.010>
9. Koneman EW, Woods GL, Schreckenberger PC, Janda W, Hall G, Church, D, Procop GW. Diagnóstico microbiológico, texto y atlas color: 7a edición. L' Hospitalet de Llobregat: Wolters Kluwer; 2017.
10. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones. NTC 5167, 23 de marzo de 2022. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas.

- Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones. p. 54.
11. Minakawa S, Terui H, Matsuzaki Y, Saito N, Kayaba H, Sawamura D. Microbiological analysis of 1000-Yen banknotes in a hospital environment. *J Cutan Immunol Allergy* [Internet]. 2020;4(1):19-21. doi: <https://doi.org/10.1002/cia2.12144>
 12. Mohamed MS, Ali MG, Alfadil NAA, Idriss MT, Eltayib EM, Elsaman T, et al. Contamination of Sudanese Banknotes with *Acinetobacter* Radioresistens. *Trop J Nat Prod Res* [Internet]. 2021;5(8):1427-1433. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/354534039_Contamination_of_Sudanese_Banknotes_with_Acinetobacter_radioresistens
 13. Abd-Alfadil NA, Mohamed MS, Ali MM, Ibrahim-El Nima EA. Characterization of Pathogenic Bacteria Isolated from Sudanese Banknotes and Determination of their Resistance Profile. *Int J Microbiol* [Internet]. 2018;4375164. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/4375164>
 14. Djouadi LN, Guezlane-Tebibel N, Mansouri K, Boumerdassi H, Arab K, Fardeau ML, et al. Multidrug-resistant Opportunistic and Pathogenic Bacteria Contaminate Algerian Banknotes Currency. *Pol J Microbiol* [Internet]. 2020;69(4):491-501. doi: <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-053>
 15. Ejaz H, Javeed A, Zubair M. Bacterial contamination of Pakistani currency notes from hospital and community sources. *Pak J Med Sci* [Internet]. 2018;34(5):1225-1230. doi: <https://doi.org/10.12669/pjms.345.15477>
 16. Heshiki Y, Dissanayake T, Zheng T, Kang K, Yueqiong N, Xu Z, et al. Toward a Metagenomic Understanding on the Bacterial Composition and Resistome in Hong Kong Banknotes. *Front Microbiol* [Internet]. 2017;8:632. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00632>
 17. Górny RL, Golofit-Szymczak M, Wójcik-Fatla A, Cyprowski M, Stocznicka-Kupiec A, Lawniczek-Walczuk A. Microbial contamination of money sorting facilities. *Ann Agric Environ Med*. [Internet]. 2021;28(1):61-71. doi: <https://doi.org/10.26444/aaem/132321>
 18. Hammadi AH, Abdul-Khaleq MA, Wahib AM, Hadi NR. Bacterial contamination of Iraqi banknotes and antibiotic resistance. *Int J Pharm Res* [Internet]. 2020;12(2):1131-1135. doi: <https://doi.org/10.31838/IJPR/2020.12.02.0168>
 19. Lissarrague S, Bernstein J, Stagnaro JP, Schell C, Sparo MD. Bacteriemia por *Staphylococcus aureus* con sensibilidad disminuida heterogénea a vancomicina: reporte de un caso. *ARS Med* [Internet]. 2020;45(4):20-23. doi: <https://doi.org/10.11565/arsmed.v45i4.1665>
 20. Arikan K, Karadag-Oncel E, Ahmet-Emre A, Yuksekkaya S, Sancak B, Ceyhan M. Epidemiologic and Molecular Characteristics of *Staphylococcus aureus* Strains Isolated From Hospitalized Pediatric Patients. *Pediatr Infect Dis J* [Internet]. 2020;39(11):1002-1006. doi: <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000002764>
 21. Zare S, Derakhshandeh A, Haghkhal M, Naziri Z, Broujeni AM. Molecular typing of *Staphylococcus aureus* from different sources by RAPD-PCR analysis. *Heliyon* [Internet]. 2019;5(8):e02231. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02231>
 22. Seas C, García C, Salles MJ, Labarca J, Luna C, Álvarez-Moreno C, et al. *Staphylococcus aureus* bloodstream infections in Latin America: results of a multinational prospective cohort study. *J Antimicrob Chemother* [Internet]. 2018;73(1):212-222. doi: <https://doi.org/10.1093/jac/dkx350>
 23. Tilahun M, Gedefie A, Bisetegn H, Debash H. Emergence of High Prevalence of Extended-Spectrum Beta-Lactamase and Carbapenemase Producing *Acinetobacter* Species and *Pseudomonas aeruginosa* Among Hospitalized Patients at Dessie Comprehensive Specialized Hospital, North-East Ethiopia. *Infect Drug Resist* [Internet]. 2022;15:895-911. doi: <https://doi.org/10.2147/IDR.S358116>
 24. Lin J, Jiang W, Shi Y, Cai W. Metagenomic Sequencing Revealed the Potential Pathogenic Threats of Banknotes. *ACS Omega* [Internet]. 2021;6:3499-3507. doi: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04546>
 25. Costa MA, Teodoro LM, Bahia-De Oliveira GH, Nunes APN, Barata RA. Intestinal parasites in paper money circulating in the city of Diamantina (Minas Gerais, Brazil). *Res Rep Trop Med* [Internet]. 2018;23:9:77-80. doi: <https://doi.org/10.2147/RRTM.S157896>
 26. Corpet DE. Why does SARS-CoV-2 survive longer on plastic than on paper?. *Med. Hypotheses*. 2021;146:110429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110429>
 27. Todt D, Meister TL, Tamele B, Howes J, Paulmam D, Becker B, et al. A realistic transfer method reveals low risk of SARS-CoV-2 transmission via contaminated euro coins and banknotes. *iScience* [Internet]. 2021;4(8):102908. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102908>
 28. Atta A, Abdelhamed M, Hasanm M. Biological Factors Affecting the Durability, Usability and Chemical Composition of Paper Banknotes in Global Circulation. *Egypt J Chem* [Internet]. 2021;64(5):2337-2342. doi: <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.59238.3275>
 29. Zarayneh S, Sepahi AA, Jonoobi M, Rasouli H. Comparative antibacterial effects of cellulose nanofiber, chitosan nanofiber, chitosan/cellulose combination and chitosan alone against bacterial contamination of Iranian banknotes. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2018;118(A):1045-1054. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.160>
 30. Amirabad LM, Jonoobi M, Mousavvi N, Oksman K, Kaboorani A, Yousefi H. Improved antifungal activity and stability of chitosan nanofibers using cellulose nanocrystal on banknote papers. *Carbohydr Polym*

- [Internet]. 2018;189(1):229-237. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.041>
31. Asadi-Lari MH, Esmaili V, Ebrahim-Naghavi SM, Kimiaghalam AM, Sharifaskari E. Synthesis of Nanosilver Particles in the Texture of Banknotes to Produce Antibacterial Effect. Int J Nanosci [Internet]. 2016;16(1):16500200. doi: <https://doi.org/10.1142/S0219581X16500204>