

# Micobiota en papel moneda y monedas usadas en el transporte público en Estado de México

Y.A. Camargo-Pinto<sup>1</sup>, F.A. Domínguez-Pacheco<sup>1</sup>, C. Hernández-Aguilar<sup>1</sup>, M.<sup>a</sup> C. Pérez-Reyes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, SEPI-ESIME Zacatenco, Programa de Posgrado en Ingeniería de Sistemas, Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México

<sup>2</sup>UNAM-FESC, Unidad de Investigación en Granos y Semillas, Av. J. Jiménez Cantú s/n, Col. San Juan Atlamica, Cuautitlán Izcalli, CP 54729, Edo. de México

[fatur@hotmail.com](mailto:fatur@hotmail.com)

**Resumen**— Los riesgos epidemiológicos siempre han existido, uno de ellos es en el sistema de transporte público de pasajeros. Donde existe intercambio de dinero al pago del servicio, lo cual propicia la propagación de microbios debido a la falta de higiene y a la escasez de tecnología que sustituya el pago directo. En este estudio se planteó evaluar la calidad sanitaria en billetes y monedas usados en uno de los servicios del transporte público (Mototaxismo) en el Estado de México. Para ello, en tres puntos de estudio se recolectaron billetes (de algodón y polímeros) y monedas de diferentes aleaciones. Posteriormente, se establecieron pruebas microbiológicas en medios de cultivo de Agar Papa Dextrosa (PDA). Los resultados encontrados fueron: a) El dinero utilizado por los prestadores del servicio del transporte público en la estación Olímpica mostró una tendencia a tener una mayor cantidad de colonias de hongos, aproximadamente el 60% en el tercer al cuarto día al compararlo con las estaciones Ecatepec y Río de los Remedios. b) Las muestras obtenidas en la estación Río de los Remedios registraron una tendencia de mejor calidad sanitaria, donde el quinto y sexto día contó con una menor cantidad de colonias de hongos en el dinero evaluado al ser comparados con las estaciones del metro Ecatepec y Olímpica. c) En los billetes de algodón y polímeros se identifican diferentes géneros de hongos tales como *Rhizopus*, *Penicillium*, *Epicoccum*, *Cladosporium* y *Fusarium*. Las monedas de bronce-aluminio y alpaca plateada mostraron la presencia de *Cladosporium* y diversas bacterias. Estos hallazgos subrayan la necesidad de explorar las condiciones que pueden favorecer el crecimiento de microorganismos en el dinero y la necesidad de medidas de prevención para proteger la salud pública de los pasajeros y prestadores de servicio.

**Palabras Clave** — Algodón, Bacterias, Billetes, Hongos, Monedas, Polímeros.

**Abstract**- Epidemiological risks have always existed, one of them being in the public passenger transportation system. Where money is exchanged for payment, this fosters the spread of microbes due to poor hygiene and the scarcity of technology to replace direct payment. This study aimed to evaluate the sanitary quality of banknotes and coins used in one of the public transportation services (Moto taxi) in the State of Mexico. To this end, banknotes (cotton and polymers) and coins made of different alloys were collected at three study sites. Microbiological tests were subsequently performed on Papa Dextrose Agar (PDA) culture media. The results found were a) The money used by public transport providers at the Olímpica station showed a tendency to have a higher number of fungal colonies, approximately

60% on the third to fourth day when compared to the Ecatepec and Río de los Remedios stations. b) The samples obtained at the Río de los Remedios station registered a trend of better sanitary quality, with fewer fungal colonies on the money tested on the fifth and sixth days when compared to the Ecatepec and Olímpica metro stations. c) Different genera of fungi were identified on cotton and polymer banknotes, such as *Rhizopus*, *Penicillium*, *Epicoccum*, *Cladosporium*, and *Fusarium*. Bronze-aluminum and silver-plated alpaca coins showed the presence of *Cladosporium* and various bacteria. These findings underscore the need to explore the conditions that may favor the growth of microorganisms on money and the need for preventive measures to protect the public health of passengers and service providers.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los billetes y monedas son empleados como medios de intercambio diario por las personas [1]. En el caso del transporte público, como el metro, autobuses, taxis, y mototaxis, debido a la alta demanda de pasajeros y la constante utilización del dinero de forma antihigiénica para el pago de los pasajes, facilita el desarrollo de microorganismos convirtiendo en un vehículo para la propagación de enfermedades [2,3].

Históricamente, la relación entre la higiene y la transmisión de enfermedades a través del dinero ha sido objeto de estudio. El investigador Ignaz Semmelweis (1847) destacó la importancia del lavado de manos para prevenir infecciones hospitalarias, marcando un cambio significativo en las prácticas médicas de la época [4,5]. Con el tiempo han demostrado que la adhesión de microorganismos a superficies como los billetes depende de factores como la carga de superficie, rugosidad, dureza y propiedades de repelencia a los líquidos [6].

Un estudio en México en la ciudad de Monterrey de 70 billetes de \$20 fabricados con material polimérico se reportaron que 48 (69%) estaban contaminados, con *Candida krusei* con un 27% [7]. Bucaramanga, Colombia en una muestra de 50 billetes de papel de algodón se encontraron 21 géneros y 12 especies de bacterias, así como 3 géneros y 2 especies de hongos filamentosos [8]. Santa Ana de Coro-Venezuela donde se estudiaron 185 muestras utilizados por la comunidad, billetes elaborados con papel de algodón y lino donde el 42.16% presentaron parásitos [9]. En Pakistán se tomaron 720 billetes de diversas denominaciones y procedencias. Hallaron

100% de contaminación en muestras de autobuses y distribuidores de leche, donde algunas se presenciaron la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*, lo que sugiere un alto riesgo para la salud pública [10].

En México el dinero se encuentra conformado por diferentes familias de billetes y monedas, en la actualidad la circulación de billetes corresponde al grupo F y G; las monedas al B y C [11]. Los billetes están elaborados por dos tipos de materiales, los cuales son: el sustrato polimérico y papel algodón, las monedas de diferentes aleaciones como alpaca plateada, bronce-aluminio y acero inoxidable [12].

Bajo este contexto, se cuantificará la calidad sanitaria de billetes y monedas recolectadas de mototaxistas ubicados en Ecatepec de Morelos, Estado de México.

## II. METODOLOGÍA/DESARROLLO

### A. Área de estudio

**Tabla 1.** Uso de mototaxis y bicitaxis en Ecatepec durante horas pico y valle (Elaboración propia, 2022).

Ubicación	Tipos de vehículos que prestan el servicio	Frecuencia en minutos de línea de espera		Pasajeros movilizados	
		Hora Pico (17:00)	Hora Valle (10:00)	Hora Pico (17:00)	Hora Valle (10:00)
Estación del Metro Río de los Remedios	Mototaxi	0	2	167	98
Estación del Metro Ecatepec (Sentido hacia la estación Ciudad Azteca)	Mototaxi	1	2	154	83
Estación Del Metro Ecatepec (Sentido hacia Cdmx)	Bicitaxi	1	3	145	100
Estación del Metro Olímpica	Bicitaxi	0	1	157	112

Se realizó un estudio, como parte de una investigación más amplia, para entender cómo los patrones de movilidad influyen en la dispersión de microorganismos. Se logró captar que los pasajeros suelen utilizar medios de transporte alternativos como bicitaxis y mototaxis. De acuerdo con la tabla 1, se realizó un registro aproximado de 1016 personas que abordaron este tipo de transporte en dos horas diferentes, en el mismo día en las estaciones del metro: Río de los remedios, Ecatepec y Olímpica.

### B. Prueba de calidad sanitaria

**Aislamiento de hongos.** Para identificar los hongos en billetes y monedas, se aplicó el método directo de placa agar utilizando el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA). Este medio nutritivo favorece el crecimiento de hongos y otros microorganismos bajo condiciones estériles, evitando contaminaciones externas [13].

**Descripción de muestras.** Para realizar este estudio, se recolectaron 36 muestras de billetes y monedas de tres ubicaciones distintas, las muestras fueron numeradas del 1 al 40 donde se incubaron por seis días a una temperatura controlada de 22 °C en un contenedor de poliestireno. Para minimizar posibles sesgos en el análisis, se almacenaron cuatro cajas de referencia de manera aleatoria, sin seguir el orden numérico de las muestras.

**Tabla de Caracterización de las Muestras.** Presentamos una tabla detallada que describe el material de cada billete y moneda que hemos estudiado. Esta tabla ha sido elaborada para proporcionar los diferentes materiales y su distribución entre las ubicaciones estudiadas.

**Tabla 2.** Caracterización de papel moneda y monedas empleados en este estudio (Elaboración propia, 2023).

Caracterización de papel moneda y monedas empleados en este estudio				
Ubicación	Sujeto	Elemento	Material conformado	
Estación del metro Río de los remedios	1	1. Billete	Algodón	
		2. Billete	Polímero	
		1. Moneda	Bronce-Aluminio	
		2. Moneda	Bronce-Aluminio	
		2	1. Billete	Polímero
			2. Billete	Polímero
	1. Moneda		Bronce-Aluminio-Alpaca	
	2. Moneda		Bronce-Aluminio-Alpaca	
	3		1. Billete	Polímero
			2. Billete	Polímero
		1. Moneda	Bronce-Aluminio	
		2. Moneda	Bronce-Aluminio	
Estación del metro Ecatepec		1	1. Billete	Polímero
			2. Billete	Polímero
	1. Moneda		Bronce-Aluminio-Alpaca	
	2. Moneda		Bronce-Aluminio-Alpaca	
	2		1. Billete	Polímero
			2. Billete	Polímero
		1. Moneda	Bronce-Aluminio	
		2. Moneda	Bronce-Aluminio	
		3	1. Billete	Polímero
			2. Billete	Polímero
	1. Moneda		Bronce-Aluminio	
	2. Moneda		Bronce-Aluminio	
Estación del metro Olímpica	1		1. Billete	Algodón
			2. Billete	Polímero
		1. Moneda	Bronce-Aluminio	
		2. Moneda	Bronce-Aluminio	
		2	1. Billete	Polímero
			2. Billete	Polímero
	1. Moneda		Bronce-Aluminio	
	2. Moneda		Bronce-Aluminio-Alpaca	
	3		1. Billete	Polímero
			2. Billete	Polímero
		1. Moneda	Bronce-Aluminio-Alpaca	
		2. Moneda	Bronce-Aluminio-Alpaca	

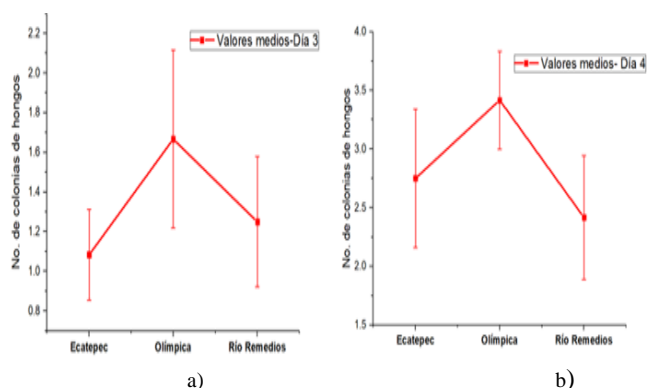
### C. Análisis estadístico

Se aplica el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias del número de colonias de hongos (por día) en las diferentes estaciones del metro. Para el análisis se emplea el software OriginLab.

### III. RESULTADOS

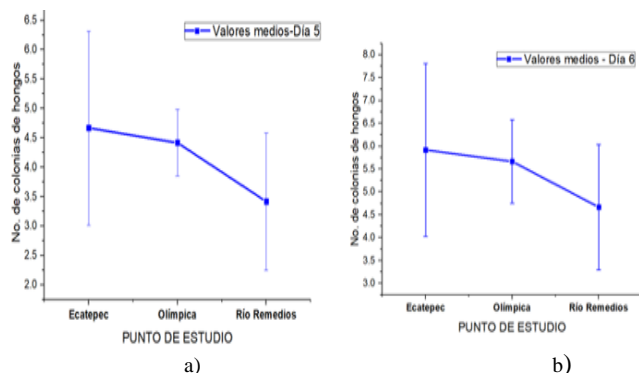
#### Calidad sanitaria y diversidad micológica.

De acuerdo con el análisis de varianza y prueba estadística aplicada no existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la calidad sanitaria del dinero obtenido en las tres estaciones del metro.



**Figura 1.** a) Valor medio del número de colonia de hongos por punto de estudio en el día 3, b) Valor medio del número de colonia de hongos por punto de estudio en el día 4 (Elaboración propia, 2023).

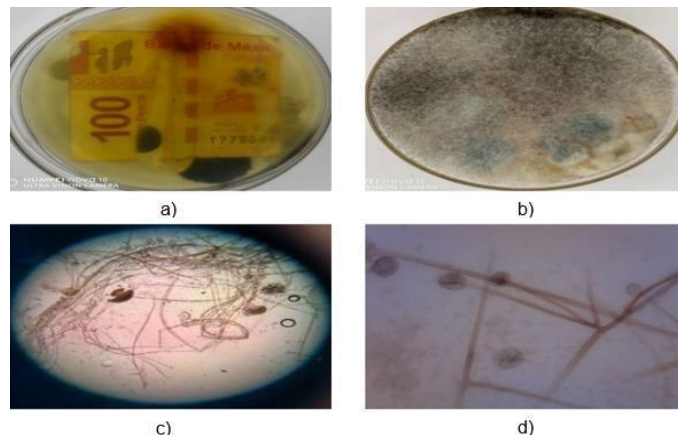
En la Figura 1 se muestra el valor medio del número de colonias de hongos en el dinero recolectado en las distintas estaciones del metro. En donde se observa una tendencia a incrementar en el crecimiento de colonias de hongos en el dinero (billetes y monedas) procedentes de la estación Olímpica (60%) durante el tercer y cuarto día al compararse con las estaciones Ecatepec y Río de los Remedios. Este fenómeno sugiere que las condiciones en la estación Olímpica podrían ser especialmente favorables para la proliferación de estos microorganismos debido a los siguientes factores por la falta de uso de esterilizantes como el gel antibacterial y el lavado de manos que le implica costo a los mototransportistas.



**Figura 2.** a) Valor medio del número de colonia de hongos por punto de estudio en el día 5, b) Valor medio del número de colonia de hongos por punto de estudio en el día 6 (Elaboración propia, 2023).

Posteriormente, en el quinto y sexto día, la estación de Río de los

Remedios tuvo una tendencia a mejorar su calidad sanitaria en el dinero que se intercambia en el sistema del mototransportistas, disminuyendo un 28 y 22% al compararse con la estación Ecatepec y Olímpica.



**Figura 3.** Caja Petri con medio de cultivo PDA evaluando billete de valor de \$100. a) caja Petri lado reverso, b) caja Petri lado anverso, c) imagen del microscopio óptico monocular y d) imagen digital (Elaboración propia, 2023).

Después de un periodo de incubación de seis días, se cuantificaron las colonias de hongos, lo que nos permitió identificar diversos géneros. Continuando con nuestro estudio, realizamos el análisis de estas muestras para explorar la diversidad micológica presente.

Como se puede observar en la Figura 3. Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron que, a los seis días de incubación, se observó en las placas de agar el desarrollo de hongos principalmente de los géneros *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., *Epicoccum* sp. y *Cladosporium* sp. especialmente en los billetes fabricados con papel de algodón.



**Figura 4.** Colonia de hongos y bacterias desarrollados en billetes elaborado a base de polímeros (Elaboración propia, 2023).

En la Figura 4., los billetes elaborados a base de polímeros se presenciaron el crecimiento de cultivo de los hongos *Epicoccum* sp., *Cladosporium* sp., y *Penicillium* sp.

El desarrollo de estos hongos en este tipo de material es un resultado digno de atención. Donde se plantea interrogantes sobre las condiciones propicias para el desarrollo de hongos en materiales sintéticos como los billetes de polímero.



Figura 5. Desarrollo de hongos y bacterias en monedas (Elaboración propia, 2023).

Las monedas observadas en la Figura 3 son fabricadas a base de bronce-aluminio y bronce-aluminio-alpaca. Estos materiales, aparentemente, mostraron ser un medio propicio para la proliferación de distintos microorganismos. Se observó particularmente la presencia de *Cladosporium* y *Penicillium*, ambos géneros de hongos, así como la presencia de diversas bacterias.

#### IV. Discusiones

Nuestros resultados se observó una presencia significativa de géneros de hongos como *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., *Epicoccum* sp., y *Cladosporium* sp. en billetes y monedas, similar a lo reportado en estudios internacionales donde se han identificado una variedad de microorganismos en billetes. Por ejemplo, [14] encontraron bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en billetes de Bangladesh, destacando la capacidad para albergar patógenos peligrosos. Similarmente, [7] detectó hongos como *Candida krusei* en billetes mexicanos, y [8] reportó una diversidad de bacterias y hongos en billetes colombianos. Además, el estudio realizado en Egipto evidenció que el 60.2% de los billetes y el 56.6% de las monedas estaban contaminados con diversas especies de parásitos intestinales, como *microsporidios* y *Cryptosporidium* sp. [15]. Esto señala claramente que el dinero no solo actúa como reservorio bacteriano y fúngico, sino también parasitario, lo que constituye un riesgo adicional para la salud pública,

especialmente en contextos donde el manejo del dinero se combina con actividades de manipulación de alimentos o servicios directos al público. Asimismo, [16] reportaron alta prevalencia de contaminación bacteriana en billetes en Paraguay, especialmente en aquellos fabricados en algodón, mostrando una tasa de contaminación bacteriana del 100%, con bacterias patógenas como *Enterobacteriaceae* y *Staphylococcus* sp., De modo similar, [17] confirmaron en Sudán que los billetes circulantes estaban contaminados con bacterias resistentes a antibióticos, lo que amplía el espectro de preocupación sanitaria, dado el potencial de propagación de resistencia antimicrobiana mediante el dinero circulante.



Figura 6. Modelo ecosistémico adaptado de Bronfenbrenner (Elaboración propia, 2023).

En la Figura 6 se puede observar los diferentes niveles holísticos del sistema de transporte de mototaxistas de tres puntos de estudio en la localidad de Ecatepec de acuerdo el modelo de Bronfenbrenner [18]. En el presente estudio, se observó que los mototransportistas en Ecatepec presentan deficiencias en la aplicación de protocolos sanitarios básicos (uso de gel antibacterial, lavado de manos adecuado), aumentando el riesgo de transmisión cruzada entre dinero y pasajeros, creando condiciones favorables para la transmisión de microorganismos

#### V. Conclusiones

La calidad sanitaria en los billetes y monedas está asociada a las características del material con que se elabora cada uno. El material de algodón fue el que presentó mayor cantidad de hongos en las evaluaciones realizadas en el cuarto, quinto y sexto días de cultivo. Se observa una tendencia de comportamiento a incrementar el número de colonia de hongos en el punto de estudio en Olímpica, pero sin diferencia significativa, en el tercer y cuarto día. Río de los Remedios es el punto de estudio que presenta menor cantidad de colonia de hongos.

#### AGRADECIMIENTOS

Estoy agradecido con la Dra. Claudia Hernández Aguilar y el Dr. Arturo Domínguez Pacheco, quienes compartieron generosamente sus conocimientos sobre el uso del laboratorio y la revisión de literatura. Un especial agradecimiento a la Dra. María Cristina Pérez Reyes, cuya experiencia micológica fue

fundamental para la identificación de las especies estudiadas. También quiero expresar mi gratitud a mi compañero M. en C. Miguel Ángel Morales Ramírez por su apoyo y compañía en la recolección de las muestras.

#### REFERENCIAS

- [1] Vriesekoop, F., Chen, J., Oldaker, J., Besnard, F., Smith, R., Leversha, W., & Russell, C. (2016) 'Dinero sucio: una cuestión de supervivencia bacteriana, adherencia y toxicidad', *Microorganisms*, 4(4), p. 42. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms4040042> (consultado: 26 febrero 2025).
- [2] Hsu, Tiffany, Joice, Regina, Vallarino, Jose, Abu-Ali, Galeb, Hartmann, Erica M., Shafquat, Afrah, DuLong, Casey, Baranowski, Catherine, Gevers, Dirk, Green, Jessica L., Morgan, Xochitl C., Spengler, John D., & Huttenhower, Curtis (2016) 'Urban Transit System Microbial Communities Differ by Surface Type and Interaction with Humans and the Environment', *mSystems*, 1(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1128/msystems.00018-16> (consultado: 26 febrero 2025).
- [3] Su, Glenn Lo Sia, Coden, Christelle, Cruz, Audrey, Jose, Regalado, Victorino, Anna, Sison, Mary Ann, & De Guzman, Teresita (2015) 'Bacteriological and parasitological assessment of currencies obtained in selected markets of Metro Manila', *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(6), pp. 468–470. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(15\)60817-9](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(15)60817-9) (consultado: 26 febrero 2025).
- [4] Poczai, Peter & Karvalics, László Z. (2022) 'The little-known history of cleanliness and the forgotten pioneers of handwashing', *Frontiers in Public Health*, 10. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.979464> (consultado: 26 febrero 2025).
- [5] Alemu, Agersew (2014) 'Microbial Contamination of Currency Notes and Coins in Circulation: A Potential Public Health Hazard', *Biomedicine and Biotechnology*, 2(3), pp. 46–53. Disponible en: <https://doi.org/10.12691/bb-2-3-2> (consultado: 26 febrero 2025).
- [6] Singh, Sunita, Singh, Mastan, Tiwari, Madhuban, Kumar, Santosh, Kumari, Pratibha, & Saxena, Shivani (2015) 'Se descubre moneda india con microbios recuperados de puntos de transacción esperados e inesperados', *International Journal of Medicine and Public Health*, 5.3, pp. 242–246. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/2230-8598.161550> (consultado: 28 febrero 2025).
- [7] Rocha-Gómez, Judith et al. (2012) 'Microbial Contamination in 20-Peso Banknotes in Monterrey, Mexico', *Journal of Environmental Health*, 75(2), pp. 20–23. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/26329464> (consultado: 28 febrero 2025).
- [8] Castro, Y. (2022) 'Estudio piloto de caracterización microbiológica de los billetes que circulan en la ciudad de Bucaramanga, Colombia', Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/26120>. <https://doi.org/10.29375/01237047.4328> (consultado: 28 febrero 2025).
- [9] Morales-Moreno, Pedro, Cazorla, Dalmiro, Antequera, Ibennis, Yamarte, Patricia, & Acosta, Maria (2014) 'Contamination of banknotes with enteric parasites in Coro, Falcon state, Venezuela', *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 54, pp. 38–46.
- [10] Badvi, JA, Jawed, K., & Jawed, M. (2017) 'Las monedas de menor denominación y sucias son más contaminantes que las de mayor denominación en Pakistán', *International Journal of Vaccines & Vaccination*, 4.3, 00082. Disponible en: <https://doi.org/10.15406/ijvv.2017.04.00082> (consultado: 26 febrero 2025).
- [11] Banco de México (2023) 'Billetes del banco de México', Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/billetes-y-monedas/fabricacion-billetes-monedas-001.html> (consultado: 28 febrero 2025).
- [12] Banco de México (2023) 'Familias de billetes y monedas en México', Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/billetes-y-monedas/d/%7BBBC672DAE-4644-C05B-57E2-2ECFF669A152%7D.pdf> (consultado: 28 febrero 2025).
- [13] Estrada Salazar, G. I., & Ramírez Galeano, M. C. (2019) 'Micología General', C. Castaño Trujillo (Ed.), Manizales: Universidad Católica de Manizales, ISBN: 978-958-52337-1-3.
- [14] Ahmed, MSU, Parveen, S., Nasreen, T., & Feroza, B. (2010) 'Evaluación de la contaminación microbiana de los billetes de papel moneda de Bangladesh (Taka) en circulación', *Avances en la investigación biológica*, 4(5), pp. 266–271.
- [15] A. Hassan, H. Farouk, F. Hassanein y R. Abdul-Ghani, "El dinero como posible vehículo ambiental de transmisión de parásitos entre trabajadores del sector alimentario en Alejandría, Egipto", *Transacciones de la Real Sociedad de Medicina Tropical e Higiene*, vol. 105, n.º 9, págs. 519-524, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2011.05.001>
- [16] N. Aguilera-Benítez, A. Fretes-Gómez y J. Medina-Meza, "Análisis bacteriológico de billetes circulantes en la Universidad del Pacífico Paraguay", *Ciencia e Investigación Médico Estudiantil Latinoamericana*, vol. 21, núm. 1, págs. 50-60, 2016. Recuperado de [https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=AN%C3%81LLISIS+BACTERIOL%C3%93GICO+DE+BILLETES+CIRCULANTES+EN+LA++UNIVERSIDAD+DEL+PAC%C3%8DFICO+PARAGUAY.+2013&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=AN%C3%81LLISIS+BACTERIOL%C3%93GICO+DE+BILLETES+CIRCULANTES+EN+LA++UNIVERSIDAD+DEL+PAC%C3%8DFICO+PARAGUAY.+2013&btnG=)
- [17] NA Abd Alfadil, MS Mohamed, MM Ali y EAI El Nima, "Caracterización de bacterias patógenas aisladas de billetes sudaneses y determinación de su perfil de resistencia", *International Journal of Microbiology*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4375164>
- [18] Collo del Benetti, I., Vieira, M. L., Crepaldi, M. A., & Ribeiro Schneider, D. (2013). Fundamentos de la teoría bioecológica de Urie Bronfenbrenner. *Pensando Psicología*, 9(16), 89-99. <https://doi.org/10.16925/pe.v9i16.620>