

BIOAEROSLES FÚNGICOS EN UNA AVENIDA DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO

Fungal bioaerosols in an avenue of the city of Santo Domingo

JULIA MATILDE MOT^a

Recibido: 30/5/2023 • Aprobado: 20/6/2023

Cómo citar: Mot, J. M. (2023). Bioaerosoles fúngicos en una avenida de la ciudad de Santo Domingo. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 6(1), 85–97. <https://doi.org/10.22206/cac.2023.v6i1.pp85-97>

Resumen

Un estudio aeromicológico se efectuó para identificar el rol de algunos parámetros meteorológicos que inciden en el proceso de la proliferación de esporas fúngicas en los gases de la atmósfera. El objetivo fue identificar los hongos aeronavegantes en siete puntos de la ciudad de Santo Domingo. Se aplicó el método de la placa expuesta, donde ocurre la sedimentación de las partículas del aire. Los hongos identificados y presentes en todo el muestreo de la investigación fueron los géneros Alternaria, Aspergillus, Cladosporium y Penicillium. Se establece que los niveles de mayor concentración de esporas corresponden a los meses de marzo y septiembre, y para los niveles más bajos fueron los meses de julio y agosto. Se proyecta que las variaciones de los parámetros meteorológicos ejercen una fuerte presión en la distribución espacial y temporal de las esporas.

Palabras clave: aeromicrología; hongo; espora; alergia; variable climática.

Abstract

An aeromycological study was carried out to identify the role of some meteorological parameters that affect the process of proliferation of fungal spores in atmospheric gases. The objective was to identify airborne mushrooms in seven points of the City of Santo Domingo. The exposed plate method was applied,

^a Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Santo Domingo, República Dominicana. ORCID: 0000-0002-6045-5184
Correo-e: jmota64@uasd.edu.do



where the sedimentation of air particles occurs. The fungi identified and present in all the research sampling were the genera Alternaria, Aspergillus, Cladosporium and Penicillium. It is established that the highest concentration levels of spores correspond to the months of March and September and for the lowest levels were the months of July and August. Variations in meteorological parameters are projected to exert strong pressure on the spatial and temporal distribution of spores.

Keywords: Aeromycology; fungi; spores; allergy; climatic variables.

Introducción

El aire constituye un ambiente natural para la proliferación de muchas esporas de hongos. Estos organismos, a pesar de tener un reducido tamaño, ejercen una gran presión en las condiciones de la salud humana (Jędryczka, 2014). Se considera que los géneros más comunes en la atmósfera son: *Alternaria* Nees, *Aspergillus* P. Micheli, *Cladosporium* Link y *Penicillium* Link. Actualmente, el monitoreo aerobiológico es una herramienta rutinaria usada en epidemiología y en la alergología de enfermedades humanas y en fitopatología (Jędryczka, 2014).

Las esporas aeronavegantes constituyen los elementos más abundantes de los bioaerosoles, su distribución, biogeografía y su variación en tiempo y espacio están influenciadas por múltiples factores biológicos, orográficos y abióticos. Los factores abióticos como temperatura, precipitación, variación de la humedad relativa, velocidad y dirección variante del viento son los principales agentes que inciden en la dinámica del proceso de diseminación de las esporas en los gases de la atmósfera (Stępańska & Wolek, 2005; Abdel Hameed et al., 2012; Grinn-Gofroń & Bosiacka, 2015). Las investigaciones micológicas nos ofrecen tener una idea para el análisis de la aglutinación de las esporas suspendidas en los gases de la atmósfera y ofrecer una proyección del vínculo entre las variables meteorológicas y sus concentraciones (Grinn-Gofroń & Bosiacka, 2015).

La proliferación de las esporas es más frecuente en las estaciones de verano y otoño (Oliveira et al., 2009). La temperatura, presión atmosférica, velocidad del viento, humedad e índice UV son las principales causas que intervienen en la germinación, producción, establecimiento y dispersión de las esporas de los hongos filamentosos (Sabariego et al., 2000; Sakiyan & Inceoglu, 2003; Kumari et al., 2011).

En la República Dominicana no encontramos mucha bibliografía sobre la acción que tienen los factores meteorológicos en la dinámica de la distribución de las esporas en la atmósfera en el Distrito Nacional, en la ciudad de Santo Domingo. Sin dudas los transeúntes que se movilizan diariamente, los acuíferos contaminados, la flora y vegetación tropical característica, y las políticas del manejo de los desechos sólidos (basura) son factores que pueden favorecer la proliferación de hongos aeronavegantes.

Sobre estudios en aerobiología se han realizado en el país solo dos investigaciones sobre esporas de hongos aeronavegantes, la primera corresponde a Incháustegui y Herrera (1975), quienes estudiaron la presencia de esporas y pólenes en Santo Domingo. Posteriormente, la segunda, a Binet Álvarez y Peira (2020), quienes analizaron los niveles de partículas en suspensión en tres parques urbanos del Distrito Nacional.

Actualmente, podemos observar que el cambio climático es un fenómeno multifactorial y transversal en las actividades humanas, afectando todos los ciclos biológicos y biogeoquímicos, y, como consecuencia de este cambio, los microorganismos también pueden modificar sus estrategias de reproducción. Se afirma que el efecto del cambio climático es aún más notable en los microbios, a los que pequeñas variaciones en la temperatura, humedad, radiación solar, y otros factores, alteran positiva o negativamente su desarrollo y, por ende, aumenta o disminuye la amenaza que estos pudieran tener para otras especies, incluyendo, por supuesto, al ser humano (Zuta, 2001).

Se reconocen diversos síntomas reportados en los habitantes de grandes urbes en varios países que están asociados a los contaminantes atmosféricos. Entre estos síntomas podemos encontrar: un incremento en la frecuencia de afecciones respiratorias agudas y crónicas; el aumento de fallecimientos por la contaminación ambiental; la intensificación de padecimientos cardíacos; asma; y el crecimiento en la continuidad de neoplasias del sistema respiratorio (Catalán-Vázquez, 2006; Garibay et al., 2007).

La información sobre bioaerosoles es casi nula en la República Dominicana; con base en esta información, el objetivo primordial de este estudio se enfocó en determinar los géneros y especies de hongos aeronavegantes en siete puntos claves de la ciudad de Santo Domingo.

Materiales y métodos

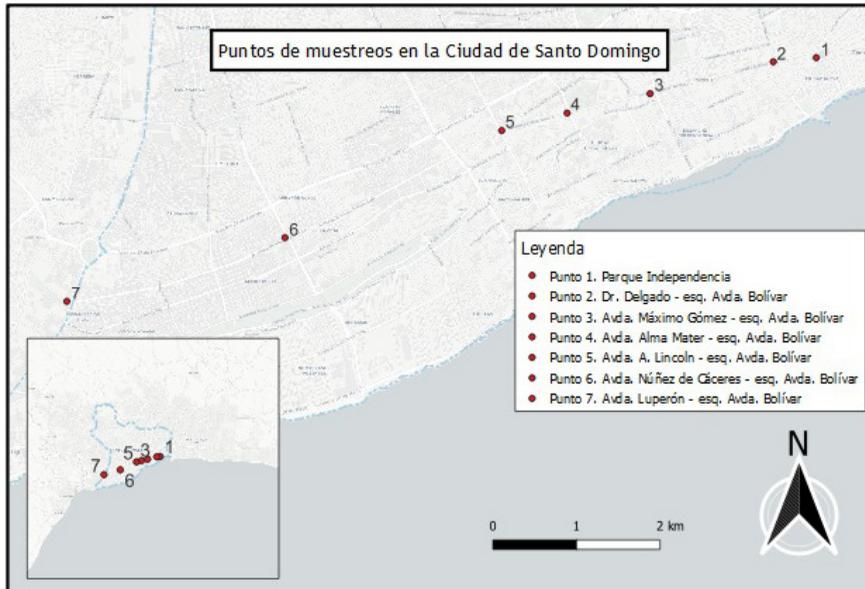
Ubicación del área de estudio

Santo Domingo se encuentra localizada en la coordenada 18°23'35"N 69°53'36"O y 14 m.s.n.m., en el estuario del río Ozama, en la costa sur del país, con una superficie total de 48.442 km². Se eligieron siete puntos

de muestreo a lo largo de la avda. Bolívar y sus principales intersecciones: Parque Independencia, Dr. Báez, Máximo Gómez, avda. Alma Mater, avda. Abraham Lincoln, avda. Núñez de Cáceres y avda. Luperón.

Figura 1

Puntos de muestreo en la ciudad de Santo Domingo



Nota. ©Queiroz Portorreal.

Muestreo del aire

Se utilizó el método microbiológico pasivo con base en la técnica de la placa expuesta (Bueno et al., 2003), donde ocurre la sedimentación de las partículas del aire, mediante la exposición al ambiente con placas de Petri desechables de plástico de 90 mm de diámetro, con Agar Sabouraud (© Bio-Rad) con cloranfenicol como antibacteriano, durante 20 minutos en las distintas zonas a muestrear de los puntos seleccionados a lo largo de la avda. Bolívar en la ciudad de Santo Domingo. Cada placa de Petri en cada punto de muestreo fue colocada a una altura de 24 pulgadas del suelo, utilizando un cilindro de tubo PVC (policloruro de vinilo). Este método se denomina no volumétrico, ya que no se evalúa

un volumen fijo de aire (Bueno et al., 2003). Los muestreos se realizaron cada dos meses desde el mes de enero del 2021 hasta enero del 2022, entre las 9 y 12 horas.

Figura 2

Placa expuesta y medición de temperatura y humedad relativa



Nota. Foto de Julia Matilde Mota.

Incubación e identificación de hongos filamentosos

Después de realizar el muestreo, se procedió al proceso de incubación de las placas de Petri durante un período de 5 a 7 días, a una temperatura de 25 °C. Posterior al crecimiento micológico, se realizaron los cultivos puros para tener aisladas las especies. La identificación de los hongos fue con base en macroscópica y microscópica de las estructuras reproductivas (hifas, conidios, etc.). Además, para su identificación morfológica se utilizaron montajes de placas y tinciones de las estructuras fúngicas, utilizando azul de lactofenol. Para el reconocimiento de los géneros y especies nos auxiliamos del *Atlas of Airborne Fungal Spores in Europe* (1993) y del libro de Samson et al. (2004), y nos apoyamos de un Microscopio marca Motic. De acuerdo con los procedimientos de Ellis, (1971; 1976); Ainsworth et al. (1995); Barnett y Hunter (1998), se procedió a cultivar las colonias que presentaron problemas durante el proceso de identificación en una cámara húmeda, con la finalidad de una futura documentación.

Parámetros meteorológicos

Los parámetros meteorológicos fueron facilitados por la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET). Además, se midieron durante el estudio en cada punto muestreo la temperatura y humedad relativa.

Resultados

Se identificaron los siguientes géneros y especies de hongos filamentosos: *Acremonium*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Sclerotinia*, *Ulocladium* y *Rhizopus*. De ellos, los géneros: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium* fueron aislados con más frecuencia en los diferentes puntos de muestreo (véase Tabla 1).

Tabla 1*Listado de géneros y especies aislados en los puntos de muestreo*

Géneros - especies	Familias	PI	DB	MG	AM	AL	NC	L
Acremonium sp.	Hypocreaceae		•			•		
Alternaria alternata	Pleosporaceae		•	•	•	•		
Aspergillus niger	Trichocomaceae	•	•	•	•	•	•	•
Bipolaris sp.	Plesoporaceae		•	•				
Cladosporium sp.	Davidiellaceae		•	•	•	•		
Curvularia sp.	Plesoporaceae		•		•		•	
Cylindrocarpon	Nectriaceae		•	•	•			
Fusarium sp.	Nectriaceae	•	•			•		
Mucor sp.	Mucoraceae			•	•	•		
Penicillium sp.	Trichocomaceae	•	•	•	•	•	•	•
Sclerotinia sp.	Sclerotiniaceae			•		•		
Ulocladium sp.	Pleosporaceae			•	•	•		
Rhizopus sp.	Rhizopodaceae				•	•		

Nota. Leyenda: **PI**= Parque Independencia. **DB**= Dr. Báz. **MG**= Máximo Gómez. **AM**= Alma Mater. **AL**= Abraham Lincoln. **NC**= Núñez de Cáceres. **L**= Luperón.

Quintero et al. (2010); Almaguer et al. (2013); Almaguer et al. (2015) y Guarín et al. (2015) afirman que en los meses de julio a noviembre se observa más frecuencia de géneros de hongos filamentosos, posiblemente debido a que son los meses de mayor precipitación en la ciudad. De acuerdo con lo expuesto, nuestro estudio se correlaciona con esta aseveración, ya que pudimos observar el crecimiento de los hongos en el proceso de incubación y la marcada influencia con la periodicidad estacional y las condiciones meteorológicas. Los autores Ho et al., 2005; Fang et al., 2005; Kumari et al., 2011, afirman que las variaciones de la humedad relativa, la velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, temperatura, horas de luz solar, entre otras, afectan la disponibilidad y la concentración de bioaerosoles en el aire. En nuestro estudio los promedios de la temperatura máxima y mínima fueron de 31.9 °C a 23.7 °C, la humedad relativa promedio fue de 78.93 %, la velocidad del viento de 8.01 km/h (2.22 m/s) y una precipitación promedio de 107.90 mm; se asume que todos estos factores afectaron los patrones de la concentración y disponi-

bilidad de esporas. De acuerdo con Adams (1964); McCartney (1994); y Kasprzyk (2008), en nuestros resultados es observable que factores como la temperatura del aire y la variación de la velocidad del viento constituyen los principales agentes meteorológicos que influyen en la aglomeración de esporas en la atmósfera.

Tabla 2

Datos mensuales de precipitación, temperatura máxima y mínima, humedad relativa y velocidad del viento, correspondientes al 2021

Variables	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	1,4	45,8	75,6	131,6	51,5	223,1	101,9	339,0	63,2	185,5	35,2	41,1
Temperatura máxima (°c)	30,9	31,1	31,2	31,1	31,9	31,7	32,4	32,6	33,6	32,6	32,9	31,7
Temperatura mínima (°c)	21,8	22,5	22,4	22,8	24,3	24,4	24,9	25,1	25,6	24,6	24,1	23,0
Humedad relativa (%)	77,1	75,9	77,5	78,8	78,5	81,7	80,8	80,3	78,3	81,5	77,4	79,4
Velocidad del viento (Km/h)	7,5	8,8	8,7	9,1	8,3	8,3	8,5	8,7	7,8	5,7	7,0	7,8

Nota. Elaboración propia basada en los datos de la Oficina Nacional de Meteorología del Departamento de Climatología de la División de procesamiento de Datos.

Mallaiah y Rao (1982) analizaron que la dinámica del viento es el principal causante de la dispersión y del desprendimiento de las esporas en la atmósfera; cualquier aerodinámica del aire puede facilitar el proceso de diseminar pocas esporas, pero indican que si la velocidad del viento excede el 0.5 m/s el número de esporas liberadas, se incrementa aceleradamente y este comportamiento puede mantenerse si la velocidad del viento es de 3–5 m/s. Con base en esto, la velocidad promedio del viento en nuestro estudio fue de 2.22 m/s, la cual pudo influir en el proceso de liberación y transporte de esporas.

Quintero et al. (2010) comunican que la concentración y disponibilidad de esporas presentan durante el año una constante estacional que puede estar influenciada por la precipitación en regiones tropicales, como por ejemplo en la ciudad de San Juan (Puerto Rico).

Los resultados indican que las esporas más predominantes en la atmósfera en nuestro estudio fueron *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*. Estos

géneros de hongos filamentosos son considerados como los más rigurosos en los procesos de estimular alergias (Lin & Li, 2000; Green et al. 2006; Quintero et al., 2010). Sin embargo, la República Dominicana no dispone de ninguna investigación relacionada con la estimulación de alergias por *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*, por lo que se aconseja desarrollar investigaciones sobre estos hongos causantes de afecciones.

En el estudio realizado por Binet y Peira (2020) se reportan 10 géneros, siendo los más predominantes *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*. Estos resultados se correlacionan mucho con nuestra investigación, donde tenemos géneros comunes como: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, y *Ulocladium*. Es importante señalar que en los meses de abril, junio, agosto y octubre se notó la más alta concentración de esporas y los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium* siempre se mantuvieron presentes durante todos los meses del estudio, siendo estos los más comunes.

Conclusiones

Los géneros de hongos reportados en nuestro estudio se caracterizan por ser cosmopolitas. La existencia de esporas en la atmósfera de la ciudad de Santo Domingo está firmemente determinada por las condiciones climáticas. Se necesitan más estudios en diferentes localidades de la ciudad de Santo Domingo para poder determinar el patrón estacional y su relación con la precipitación. Actualmente, es de gran importancia identificar los organismos presentes en el aire y el peligro potencial que puede ofrecer a la sanidad como indicadores en los estudios de salud pública y calidad de vida, y poder enmarcarlos dentro de una ciudad verde con bajos niveles de contaminación, con fines de reestructurar las formas de vida y el bienestar colectivo de la población urbana.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Santo Domingo por otorgarme el año sabático para la realización de esta investigación y el apoyo del señor decano de la Facultad de Ciencias, Maestro José Ferreira Capellán. A la bióloga Lourdes Rojas y al Dr. Vladimir Hernández por las facilidades en los labo-

ratorios de biología de la Universidad Nacional “Pedro Henríquez Ureña”, a Queiroz Portorreal por la elaboración del mapa y a la Sociedad Dominicana de Micología por la logística durante el muestreo y la identificación de los géneros.

Referencias

- Abdel Hameed, A. A., Khoder, M. I., Ibrahim, Y. H., Saeed, Y., Osman, M. E. & Ghanem, S. (2012). Study on some factors affecting survivability of airborne fungi. *Science of the Total Environment*, 414, 696–700.
- Adams, K. F. (1964). Year to year variation in the fungus spore content of the atmosphere. *Acta Allergol*, 19, 11-50.
- Ainsworth, G. C., Bisby, G. R., Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Sutton B. C. & Pegler, D. N. (1995). *Dictionary of the Fungi*. (8th ed.). CAB International.
- Almaguer, M., Aira, M. J., Rodríguez-Rajo, F. J., & Rojas, T. I. (2013). Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. *Grana*, 52(4), 289–298.
- Almaguer, M., Aira, M. J., Rodríguez-Rajo, F. J., Fernández-González, M. & Rojas-Flores, T. I. (2015). Thirty-four identifiable airborne fungal spores in Havana, Cuba. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 22(2), 215–220.
- Barnett H. & Hunter B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. (4th ed.) APS Press.
- Binet Álvarez, A. J., & Peira, Ángel, G. (2020). Evaluación de las partículas en suspensión atmosférica y bioaerosoles fúngicos en parques urbanos de la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 3(1), 47-54. <https://doi.org/10.22206/cac.2020.v3i1.pp47-54>
- Bueno, D., Silva, J. O. & Oliver, G. (2003). Hongos ambientales en una biblioteca: un año de estudio. *Anales de documentación*, 6, 27-34.
- Catalán-Vázquez, M. (2006). Estudio de la percepción pública de la contaminación del aire y sus riesgos para la salud: perspectivas teóricas y metodológicas. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 19(1), 28-37.

- Ellis, M. B. (1971). *Dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Ellis, M. B. (1976). *More dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Fang Z., Ouyang Z., Hu, L., Wang, X., Zheng, H. & Lin, X. (2005). Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China. *Science of the Total Environment*, 350(1–3), 47–58.
- Garibay, M., Curiel, A., Orozco, M., y Hernández, G. (2007). *Diez años de Investigación en Salud Ambiental desde la Universidad de Guadalajara*. Universidad de Guadalajara.
- Green, B. J., Tovey, E. R., Sercombe, J. K., Blachere, F. M., Beezhold, D. H. & Schmechel, D. (2006). Airborne fungal fragments and allergenicity. *Med Mycol.* 44, 245-55.
- Grinn-Gofroń, A. & Bosiacka, B. (2015). Effects of meteorological factors on the composition of selected fungal spores in the air. *Aerobiologia*, 31(1), 63–72.
- Guarín, F. A., Alberto, M., Abril, Q., Álvarez, A. & Fonnegra, R. (2015). Atmospheric pollen and spore content in the urban area of the city of Medellin, Colombia. *Hoehnea*, 42(1), 9–19.
- Ho, H. M., Rao, C. Y., Hsu, H. H., Chiu, Y. H., Liu, C. M. & Chao, H. J. (2005). Characteristics and determinants of ambient fungal spores in Hualien, Taiwan. *Atmospheric Environment*, 39(32), 5839–5850.
- Incháustegui, S., & Herrera, J. M. (1975). Conteo de pólenes y hongos de la zona noroeste de la Ciudad de Santo Domingo. *Anuario Academia de Ciencias de la República Dominicana*, 1(1), 289-325.
- Jędrzycka, M. (2014). Aeromycology: studies of fungi in aeroplankton. *Folia Biologica et Oecologica*, 10(1), 18–26.
- Kasprzyk, I. (2008). Aeromycology – Main research fields of interest during the last 25 years. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 15, 1-7.
- Kumari, S., Gond, D. K., Samuel, C. O. & Abassi, P. (2011). A comparative study of aeromycospores in different localities of Gorakhpur, U. P. *Indian Journal of Scientific Research*, 2(4), 51– 55.
- Lin, W. & Li, C. (2000). Associations of fungal aerosols, air pollutants, and meteorological factors. *Aerosol Science and Technology*, 32(4), 359–68.

- Mallaiyah, K. & Rao, A. S. (1982). Aerial dissemination of uredinospores of groundnut rust. *Transactions of the British Mycological Society*, 78, 21–28.
- McCartney, A. (1994). Dispersal of spores and pollen from crops. *Grana*, 33, 76–80.
- Nilsson, S. (1993). *Atlas of Airborne Fungal Spores in Europe*. Springer-Verlag.
- Oliveira, M., Ribeiro, H., Delgado, J. L., & Abreu, I. (2009). Aeromycological profile of indoor and outdoor environments. *Journal of Environmental Monitoring: JEM*, 11(7), 1360–1367.
- Quintero, E., Rivera-Mariani, F. & Bolaños-Rosero, B. (2010). Analysis of environmental factors and their effects on fungal spores in the atmosphere of a tropical urban area (San Juan, Puerto Rico). *Aerobiologia*, 26(2), 113–124.
- Sabariago, S., Díaz de la Guardia, C. & Alba, F. (2000). The effect of meteorological factors on the daily variation of airborne fungal spores in Granada (southern Spain). *International Journal of Biometeorology*, 44(1), 1–5.
- Sakiyan, N. & Inceoglu, O. (2003). Atmospheric concentrations of *Cladosporium* Link and *Alternaria* Nées spores in Ankara and the effects of meteorological factors. *Turk J Bot.*, 27(2), 77–81.
- Samson, R. A., Hoekstra, E. S., & Frisvad, J. C. (2004). *Introduction to Food and Airborne Fungi*. (7th Ed.). American Society for Microbiology. Utrecht.
- Stępańska, D. & Wołek, J. (2005). Variation in fungal spore concentrations of selected taxa associated to weather conditions in Cracow, Poland, in 1997. *Aerobiologia*, 21, 43–52.
- Zuta, R. S. (2001). *Hidráulica y termofluidos*, UNMSM. *Facultad de Ciencias Físicas*, 2(2), 32–34.