

Recibido: 07.09.2024 • Aceptado: 22.10.2024

Palabras clave: Virus, epidemiología, aguas residuales, SARS-COV2, vigilancia epidemiológica.

# Buscando virus en el drenaje: vigilancia epidemiológica basada en aguas residuales

DANIEL E. NOYOLA CHERPITEL

*dnoyola@uaslp.mx*

JUAN CARLOS MUÑOZ ESCALANTE

*carlos.escalante@uaslp.mx*

PEDRO TORRES GONZÁLEZ

*pedro.torres@uaslp.mx*

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD Y BIOMEDICINA, UASLP

Las enfermedades infecciosas son una causa importante de enfermedad en todo el mundo y en los últimos años se han presentado diversas epidemias con alcance global. La vigilancia epidemiológica es uno de los elementos centrales para la identificación temprana de brotes y la instalación oportuna de medidas para controlar a los agentes infecciosos. En años recientes un enfoque innovador ha cobrado mucho interés: la vigilancia basada en aguas residuales, que complementa los métodos tradicionales de detección. En este artículo se describen las bases para la implementación de un sistema de vigilancia basado en aguas residuales y se comparte información sobre los proyectos que actualmente se realizan en este tema en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Las enfermedades infecciosas son una de las principales causas de enfermedad y muerte en todo el mundo. Epidemias provocadas por agentes infecciosos desconocidos pueden tener grandes impactos en la salud pública, la economía y la vida cotidiana. Ejemplos recientes, como la pandemia de influenza A(H1N1) en 2009 y la emergencia sanitaria provocada por el SARS-CoV-2, subrayan la importancia de detectar estos agentes a tiempo. La identificación temprana de infecciones en una comunidad es crucial para implementar medidas efectivas que limiten la propagación de brotes y minimicen sus impactos. Para lograrlo, se han desarrollado diversos sistemas de vigilancia epidemiológica en todo el mundo. Sin embargo, un enfoque innovador ha recibido mucha atención en los últimos años: la vigilancia basada en aguas residuales, que complementa los métodos tradicionales de detección.

### **¿Cómo funciona la vigilancia basada en aguas residuales?**

La vigilancia epidemiológica basada en aguas residuales se basa en la gran cantidad y concentración de agentes infecciosos que se excretan a través de las heces de las personas infectadas. Esto es especialmente evidente en patógenos que causan infecciones gastrointestinales, como el rotavirus y los calicivirus. Al analizar muestras de aguas residuales, los científicos pueden detectar la presencia de virus que están causando brotes en la comunidad. Incluso virus que afectan principalmente el tracto respiratorio, como el SARS-CoV-2, también se

excretan en grandes cantidades en las heces, lo que permite su detección en aguas residuales.

Este enfoque implica un muestreo sistemático de las aguas residuales para identificar patógenos asociados a epidemias. Diversas investigaciones han demostrado que las concentraciones de ciertos patógenos en estas muestras pueden reflejar la prevalencia de las enfermedades en la población. En algunos casos, es posible detectar un agente infeccioso en aguas residuales antes de que se identifiquen casos clínicos a través de métodos de vigilancia tradicionales.

### **Toma de muestras para el monitoreo de aguas residuales**

La toma de muestras para el monitoreo de aguas residuales es un proceso crucial que garantiza la calidad y precisión de los análisis. Existen dos métodos principales para la recolección de muestras: muestras puntuales y muestras compuestas.

El monitoreo mediante muestras puntuales implica la recolección de una sola muestra en un momento específico. Aunque es más simple, esta muestra puede no ser representativa de las características del agua en general, ya que las concentraciones de los patógenos pueden variar a lo largo del día. Por lo tanto, es importante elegir un momento adecuado para la recolección, como durante las horas pico de flujo en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el caso de las muestras compuestas, es necesario recolectar varias muestras a lo largo del tiempo y combinarlas en una sola muestra. Esto permite obtener una representación más precisa de la concentración de patógenos en el agua, ya que se promedian las variaciones a lo largo del día. Por ejemplo, se pueden tomar muestras cada hora durante un período de 24 horas y luego mezclar estas muestras para el análisis.

Una vez recolectadas, las muestras deben almacenarse adecuadamente, generalmente a temperaturas frías, para preservar la integridad de los microorganismos hasta que se realicen los análisis en el laboratorio. Este proceso es esencial para asegurar que los resultados sean confiables y útiles para la vigilancia epidemiológica.

### **Métodos para la detección de virus en aguas residuales**

Para llevar a cabo la vigilancia basada en aguas residuales, se emplean diversos métodos de laboratorio que permiten identificar y analizar los patógenos presentes en las muestras. A continuación, se describen algunos de los que se utilizan más frecuentemente para la detección de virus, los principales agentes infecciosos que se incluyen en los programas de vigilancia epidemiológica:

1. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Este es uno de los métodos más utilizados para detectar el material genético de los virus en las aguas residuales. La PCR permite detectar pequeñas cantidades de ADN o ARN en una muestra, lo que facilita la identificación de patógenos específicos, como el SARS-CoV-2.

2. Secuenciación genómica. Este método permite analizar con detalle las características del material genético de los patógenos presentes en las aguas residuales. A través de la secuenciación, los científicos pueden identificar variantes del virus y entender su evolución y propagación. En contraste con la simple detección de los patógenos, este método permite identificar la aparición de nuevas cepas que podrían ser más contagiosas o resistentes a tratamientos.

3. Cultivo viral. Aunque menos común en el análisis de aguas residuales, el cultivo viral puede utilizarse para aislar y estudiar el comportamiento de ciertos virus. Este método ayuda a entender si los virus presentes en la muestra

Dentro de los métodos para detección de virus en aguas residuales se destacan:

1. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR).
2. Secuencia genómica.
3. Cultivo viral.
4. Microscopia electrónica.

tienen la capacidad de infectar células y, por lo tanto, ser una fuente potencial de contagio.

4. Microscopía electrónica. Este método permite observar los virus y otros microorganismos con un alto nivel de detalle. El microscopio electrónico permite a los científicos ver las estructuras de los virus y cómo se comportan en las aguas residuales. Esto es especialmente útil para identificar nuevos patógenos, ya que proporciona imágenes de alta resolución que muestran ciertas características que no se pueden detectar con otros métodos. La microscopía electrónica puede ayudar a confirmar la presencia de virus en las muestras y a estudiar su morfología, lo que ayuda a entender su potencial de propagación y virulencia.

La disponibilidad de métodos de laboratorio es fundamental para garantizar que la vigilancia basada en aguas residuales sea efectiva y precisa, permitiendo a los investigadores y autoridades de salud pública tomar decisiones informadas y oportunas.

### **Ventajas de la vigilancia basada en aguas residuales**

La vigilancia basada en aguas residuales ofrece múltiples ventajas que la convierten en una herramienta atractiva para la salud pública:

1. Cobertura amplia. Este método permite evaluar una gran parte de la población a través de un número reducido de muestras, facilitando la detección temprana de agentes infecciosos sin necesidad de identificar a cada individuo enfermo.
2. Simplificación en organización del sistema de vigilancia. En la vigilancia basada en aguas residuales no se requiere que el personal de salud

identifique pacientes con síntomas específicos, lo que disminuye la necesidad de coordinación y el envío de información desde múltiples fuentes.

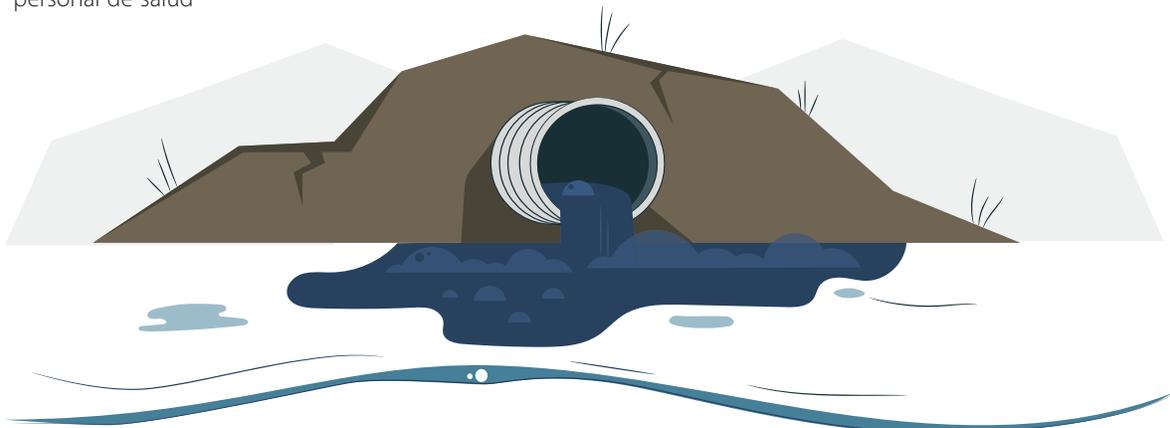
3. Monitoreo eficiente. A través de un número limitado de muestras, es posible monitorear la circulación de diversos patógenos en grandes poblaciones, lo que reduce la cantidad de muestras y pruebas de laboratorio necesarias.

4. Detección temprana de brotes. Varios estudios han demostrado que el SARS-CoV-2 fue detectado en aguas residuales al menos una semana antes de que se identificaran los primeros casos clínicos en una población o país, lo que sugiere que la vigilancia de aguas residuales puede ser más eficiente que la vigilancia tradicional para identificar virus emergentes y responder rápidamente a posibles pandemias.

5. Múltiples aplicaciones. Además de la vigilancia de enfermedades infecciosas, este enfoque se ha utilizado para monitorear la resistencia bacteriana a antimicrobianos y para identificar el consumo de drogas ilícitas en poblaciones.

### **Ventajas económicas de la vigilancia basada en aguas residuales**

Además de los beneficios en la detección y control de enfermedades, la vigilancia basada en aguas residuales también presenta ventajas económicas significativas. Este enfoque permite una reducción en costos en comparación con los métodos tradicionales, ya que no se requiere de un sistema complejo para la identificación individual de casos y pueden obtenerse excelentes resultados a través del análisis de un número reducido de muestras de aguas residuales en comparación con el número de muestras de pacientes que requieren los sistemas de vigilancia clínicos.



Médico Cirujano por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), con posgrado en Infectología Pediátrica por Baylor College of Medicine. Profesor-Investigador en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, de igual manera es Director del Centro de Investigación en Ciencias de la Salud y Biomedicina (CICSAB) de UASLP. Actualmente se encuentra trabajando en Desarrollo de un sistema multidisciplinario para la vigilancia epidemiológica de infecciones emergentes y con potencial epidémico en aguas residuales y unidades centinela en el área metropolitana de San Luis Potosí (Proyecto FME/2023/SE-08/20, Fideicomiso 23871).



Por otro lado, la detección temprana de brotes a través de este método puede dar lugar a intervenciones más oportunas, con lo que se pueden reducir los costos asociados con la atención médica, el tratamiento de enfermedades y la pérdida de productividad debido a incapacidad. Por ejemplo, si se logra identificar un brote de SARS-CoV-2 en una comunidad antes de que se propague, se pueden implementar medidas de contención más efectivas, lo que a su vez puede reducir el impacto económico en el sistema de salud y en la economía local.

### Vigilancia epidemiológica en aguas residuales en México

El uso de aguas residuales para estudios epidemiológicos no es un concepto nuevo, pero ha cobrado relevancia en los últimos años. En México, se han implementado monitoreos ambientales como parte de estrategias de vigilancia de cólera y poliovirus durante décadas. Más recientemente, a raíz de la pandemia de SARS-CoV-2, se han desarrollado proyectos específicos para detectar este virus en aguas residuales en diversas localidades.

En San Luis Potosí, en el Centro de Investigación en Ciencias de la Salud y Biomedicina de la UASLP, estamos llevando a cabo un proyecto que busca establecer un sistema de vigilancia epidemiológica mediante la detección de virus respiratorios y entéricos en aguas residuales con el apoyo del Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología (Fideicomiso 23871 de Multas Electorales, clave FME/2023/SE-08/20). En la primera fase del proyecto, se han implementado métodos moleculares que nos han permitido identificar la presencia de SARS-CoV-2, virus de influenza, virus sincicial respiratorio, rotavirus y virus de hepatitis A en el área metropolitana. Además, estamos empleando técnicas de microscopía electrónica para identificar virus en las aguas residuales con ayuda de la inteligencia artificial. La siguiente fase del proyecto evaluará si el monitoreo de estos patógenos en

aguas residuales puede facilitar la identificación temprana de brotes epidémicos, contribuyendo así a un control más efectivo de las crisis sanitarias.

### Conclusión

La vigilancia epidemiológica basada en aguas residuales representa un avance significativo en la forma en que se monitorean y controlan las enfermedades infecciosas. Su capacidad para detectar patógenos de manera temprana y eficiente, así como su aplicación en diversas áreas de la salud pública, la convierten en una herramienta indispensable en la lucha contra las epidemias. Tomando en cuenta que en el futuro seguramente nos enfrentaremos a nuevos agentes infecciosos con potencial pandémico, es fundamental integrar y expandir el uso de esta innovadora estrategia en los sistemas de salud pública. **LP**

### Referencias

- Chacon, L., Morales, E., Valiente, C., Reyes, L., & Barrantes, K. (2021). Wastewater-based epidemiology of enteric viruses and surveillance of acute gastrointestinal illness outbreaks in a resource-limited region. *Am J Trop Med Hyg*, 105(4), 1004-1012. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.21-0050>
- Hart, O. E., & Halden, R. U. (2020). Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities and challenges. *Sci Total Environ*, 730, 138875. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138875>
- Toribio-Avedillo, D., Gomez-Gomez, C., Sala-Comorera, L., Rodriguez-Rubio, L., Carcereny, A., Garcia-Pedemonte, D., Pinto, R. M., Guix, S., Galofre, B., Bosch, A., Merino, S., & Muniesa, M. (2023). Monitoring influenza and respiratory syncytial virus in wastewater. Beyond COVID-19. *Sci Total Environ*, 892, 164495. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164495>