

# Evaluación de la calidad del aire y observación de microfauna acuática en la ciclorruta del humedal Juan Amarillo de Bogotá, 2022: un ejercicio de ciencia ciudadana

Evaluation of air quality and observation of aquatic microfauna on the Juan Amarillo wetland cycle route in Bogotá, 2022: an exercise in citizen's science

Avaliação da qualidade do ar e observação da microfauna aquática na ciclovia do pântano Juan Amarillo em Bogotá, 2022: um exercício de ciência cidadã

Grupo de Salud Ambiental y Laboral - Instituto Nacional de Salud (INS), Bogotá (Colombia)\*  
Escuela corporal Dalamatia, Bogotá (Colombia)\*

## Resumen

**Objetivo:** durante los últimos años, las actividades de ciencia ciudadana han cobrado mayor interés, debido a que contribuyen a la recopilación de nueva información y a generar nuevas preguntas de investigación. El propósito de este trabajo es presentar un ejercicio de ciencia ciudadana enfocado en la evaluación de la calidad del aire y la caracterización de microfauna acuática del humedal Juan Amarillo de la ciudad de Bogotá. **Métodos:** se diseñó un estudio longitudinal desde la perspectiva de la ciencia ciudadana que involucró mediciones de material particulado 2,5 (PM<sub>2,5</sub>) en la ciclorruta del humedal Juan Amarillo. El recorrido fue dividido en dos zonas. Se realizó una caracterización de la microfauna acuática residente en el humedal mediante observación con microscopio óptico y estereoscopio. **Resultados:** las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> fueron significativamente mayores en la zona 1 comparadas con las de la zona 2 ( $p < 0,001$ ). Se identificaron diferentes especies de macroinvertebrados pertenecientes a los grupos

---

\* Lista completa al final del documento.

Gastropoda, Oligochaeta, Hirudínea. **Conclusiones:** se estableció una relación entre la concentración de PM<sub>2,5</sub> y las condiciones ambientales de la ruta. Se identificaron algunos microorganismos que podrían ser usados como bioindicadores de la calidad del agua. Las actividades de ciencia ciudadana pueden ser útiles para acercar a niños(as) a la ciencia.

**Palabras clave:** ciencia ciudadana, contaminantes ambientales, humedal, material particulado.

## Abstract

**Objective:** During recent years, citizen's sciences activities have gained greater interest, because they contribute to the collection of new information and to generating new research questions. The objective of this work is to present a citizen's science exercise focused on the evaluation of air quality and the characterization of aquatic microfauna on the Juan Amarillo wetland in the city of Bogotá. **Methods:** A longitudinal study was designed from the perspective of citizen's science that involved 2.5 (PM<sub>2.5</sub>) particle material measurements on the Juan Amarillo wetland cycle route. The route was divided into two areas. The aquatic microfauna inhabiting the wetland was characterized through observation with an optic microscope and a stereoscope. **Results:** The PM<sub>2.5</sub> concentrations were significantly greater in area 1 compared with those in area 2 ( $p < 0.001$ ). Different macroinvertebrate species were identified, belonging to the Gastropoda, Oligochaeta, Hirudinea groups. **Conclusions:** A relationship was established between the PM<sub>2.5</sub> concentration and the route's environmental conditions. Some microorganisms were identified that may be used as bioindicators of water quality. Citizen's science activities can be useful to get children interested in science.

**Keywords:** Citizen's science, environmental pollutants, wetland, particulate material.

## Resumo

**Objetivo:** durante os últimos anos, as atividades de ciência cidadã ganharam um interesse crescente, uma vez que contribuem para a coleta de novas informações e geram novas questões de pesquisa. O objetivo deste trabalho é apresentar um exercício de ciência cidadã focado na avaliação da qualidade do ar e na caracterização da microfauna aquática do pântano Juan Amarillo na cidade de Bogotá. **Métodos:** desenhou-se um estudo longitudinal desde a perspectiva da ciência cidadã que envolveu medições de material particulado 2,5 (PM<sub>2,5</sub>) na ciclovia do pântano Juan Amarillo. O percurso foi dividido em duas zonas. Foi realizada uma caracterização da microfauna aquática residente no pântano através da observação com microscópio óptico e estereoscópio. **Resultados:** as concentrações de PM<sub>2,5</sub> foram significativamente maiores na zona 1 em comparação com a zona 2 ( $p < 0,001$ ). Foram identificadas diferentes espécies de macroinvertebrados pertencentes aos grupos Gastropoda, Oligochaeta e Hirudínea. **Conclusões:** foi estabelecida uma relação entre a concentração de PM<sub>2,5</sub> e as condições ambientais do percurso. Foram identificados alguns microorganismos que poderiam ser utilizados como bio-indicadores da qualidade da água. As atividades de ciência cidadã podem ser úteis para aproximar as crianças da ciência.

**Palavras chave:** ciência cidadã, poluentes ambientais, pântano, material particulado.

## Introducción

La ciencia ciudadana –también conocida como ciencia comunitaria, ciencia colectiva, ciencia colaborativa– ha sido, durante los últimos 20 años, una nueva forma de aproximarse a los problemas de investigación, con un enfoque que trasciende del aprendizaje formal (1,2). Este tipo de investigación involucra personas cuya actividad diaria no es investigar, pero que están interesadas en diseñar y responder preguntas relacionadas con un problema de investigación (3). Así las cosas, la ciencia ciudadana incluye personas que tienen interés en servir a la comunidad en general para la solución de una necesidad, en colaboración con científicos, profesionales e instituciones científicas (4,5).

Dentro de las principales fortalezas de este tipo de aproximaciones a la investigación se encuentra que, a partir del conocimiento no formal, se pueden formular preguntas interesantes que pueden contribuir con la generación de nuevas maneras de abordar un problema (6,7). A través de la ciencia ciudadana se contribuye a inspirar a las personas, incluidos niños, niñas y adolescentes, a que se aproximen a las disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), promoviendo vocaciones en estos campos de acción de manera temprana (4,8), así como a la formación de pensadores críticos (9).

Si bien en Colombia existen experiencias exitosas en torno al tema de ciencia ciudadana, desarrolladas a través de la colaboración Cochrane - CROWD (10), el Instituto Von Humboldt y plataformas como iNaturalist (11), los proyectos relacionados con salud ambiental y salud humana en el país son escasos (12,13).

Desde el proyecto ITHAQUITA (Air Contamination And Health Effects in Microenvironments in Bogotá) realizado por el Instituto Nacional de Salud (INS), la Universidad Manuela Beltrán y la Universidad de los Andes, se ha logrado llevar a cabo la caracterización de los factores que determinan la exposición a contaminantes en el aire en cinco rutas de la ciudad de Bogotá, así como evaluar el efecto en el corto plazo sobre la salud respiratoria de usuarios de transporte motorizado y no motorizado (14-16).

A partir de esta línea, los investigadores del proyecto ITHAQUITA planearon el diseño de una investigación que incluyera a niños y niñas entre los 4 y 12 años,

pertenecientes a la Escuela Corporal Dalamatia, con el objetivo de que participaran en las mediciones de calidad del aire y el conocimiento de la composición de fauna microscópica residente en el humedal Juan Amarillo de la ciudad de Bogotá y su importancia como bioindicador de la calidad del agua.

Una vez presentada la actividad a los niños y las niñas se formularon con ellos las siguientes preguntas de investigación: ¿cómo varía la calidad del aire en las distintas zonas del trayecto de la ciclorruta que rodea la zona sur occidental del humedal Juan Amarillo?, ¿qué tipo de fauna microscópica habita el humedal?

## Métodos

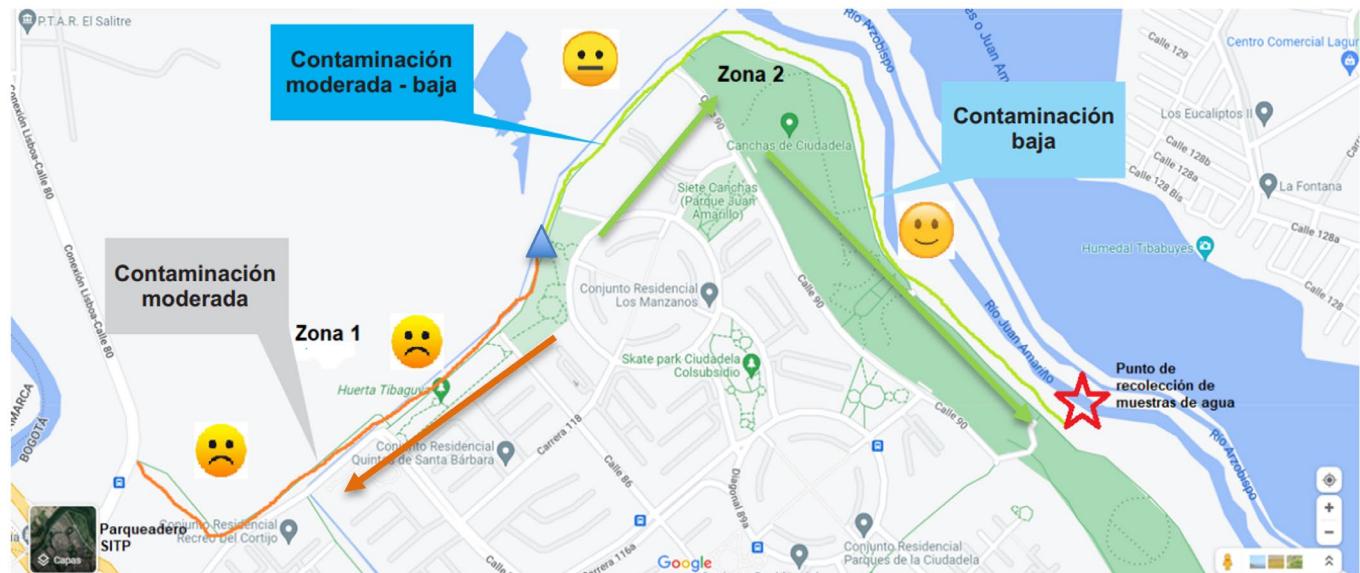
### Tipo de estudio

Se realizó un estudio longitudinal, desde la perspectiva de la ciencia ciudadana, enfocado en evaluar la calidad del aire en el recorrido de la cicloruta del humedal Juan Amarillo de la localidad de Engativá (17). El estudio involucró como coinvestigadores a niños y niñas de la Escuela Corporal Dalamatia. Ellos(as) participaron en la formulación de las preguntas, después de una breve capacitación que incluyó la apropiación y adopción de una serie de conceptos claves, siguiendo las recomendaciones de la estrategia Ondas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (18) para el análisis de los datos y la información obtenida.

### Localización

El estudio se realizó en el humedal Juan Amarillo, costado occidental, entre las calles 80 y 90, y carreras 118C y 104. Para efectos del análisis, el recorrido fue dividido en dos fragmentos de iguales proporciones (4 km ida y regreso) (zona 1 y zona 2) (figura 1).

El triángulo azul demarca el punto de inicio y llegada de ambos recorridos. El recorrido uno inicia en el triángulo y sigue la dirección de la fecha naranja. Posteriormente, se retorna al punto de partida y se sigue en dirección de la fecha verde hasta el punto de recolección de las muestras de agua (estrella roja). Finalmente, se retorna al punto de origen (triángulo azul).



**Figura 1. Plano de rutas de la visita al humedal Juan Amarillo, Tibabuyes, localidad de Suba, Bogotá.**

Fuente: tomado de Google Maps.

## Evaluación de la calidad del aire

Se realizó un recorrido guiado en bicicleta por las rutas establecidas. Para evaluar la calidad del aire se usó un dispositivo de bajo costo (AireCiudadano®) que permite cuantificar la cantidad de material particulado 2,5 (PM<sub>2,5</sub>) presente en el aire por medio de fotometría. Los dispositivos fueron sincronizados con el GPS de un dispositivo móvil Android (figura 2). Los registros tomados por el dispositivo AireCiudadano® V.8.2 se descargaron en formato JSON y luego fueron transformados en CSV (19).

El recorrido fue dividido en dos segmentos de igual tamaño (4 km). Con ayuda de los datos del GPS del dispositivo móvil se identificaron las zonas del trayecto que tuvieron las mayores concentraciones de PM<sub>2,5</sub>. Se realizó una comparación de medianas y rango intercuartílico (RIQ) usando la prueba U de Mann-Whitney (20).

## Toma de muestras de agua

Cada uno de los participantes de la actividad, con la asistencia de un intérprete ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente, tomó una muestra de agua en la zona del humedal que corresponde a la Chucua Colsubsidio, específicamente en el punto denominado "Biofiltro". Las muestras fueron selladas herméticamente y llevadas al laboratorio de campo.

## Análisis de las muestras de agua

Previo a la realización de la actividad de campo se diseñó una guía para la caracterización de la microfauna residente en aguas del humedal Juan Amarillo. La guía fue elaborada por bacteriólogos y biólogos del Grupo de Investigación de Salud Ambiental y Laboral del Instituto Nacional de Salud (Material suplementario).

Cada niño y niña, con ayuda de uno de los investigadores del grupo, tomó su muestra de agua, realizó su identificación y posteriormente, con una pipeta Pasteur, ubicó una gota de agua en una lámina portaobjetos. Con la asistencia de los profesionales del grupo, los microorganismos se ubicaron en el microscopio y en el estereoscopio, para su observación.

## Aspectos éticos

La recolección de muestras de agua y especies se realizó con el acompañamiento de personal técnico del Instituto Nacional de Salud y de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Previa participación de los niños y las niñas se obtuvo el consentimiento informado de parte de los padres, que autorizaron su participación y la toma de registros fotográficos y videos durante el evento.

Los especímenes recolectados no fueron sacrificados, al final del evento fueron devueltos a las aguas del humedal Juan Amarillo.

El proyecto ITHAQUITA contó con el aval del Comité de Ética y Técnico del INS.

## Resultados

Se realizó un recorrido en bicicleta que tuvo una distancia de 8 km. La zona 1 se recorrió en 30 minutos, mientras que la zona 2 tuvo una mayor duración (105 min) debido a que en este segmento se recolectaron las muestras de agua (figura 1).

### Evaluación de la calidad del aire

La zona 1 estuvo caracterizada por una menor presencia de árboles, un parqueadero de buses del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá (SITP) y circulación de automotores como camiones, buses SITP, ciclomotores y motocicletas. Se identificó que la cercanía a ciclomotores incrementó los picos de material particulado en el registro del medidor portátil. Así mismo, el 58% ( $n=7/12$ ) de los participantes manifestaron reconocer cambios en la percepción del olor.

Por otro lado, la zona 2 del recorrido tuvo una mayor presencia de árboles y ausencia de tráfico automotor. No se identificaron emisores móviles ni fijos de contaminantes ambientales. No obstante, el 100% de los participantes manifestó que en la zona había presencia de olores desagradables.

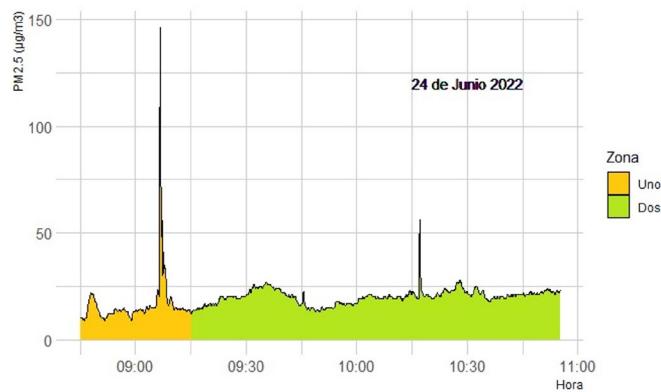
Las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> fueron significativamente mayores en la zona 1 comparadas con las de la zona 2 ( $p<0,001$ ) (tabla 1, figura 2).

**Tabla 1. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> en los recorridos.**

Segmento de la ruta	Concentración PM <sub>2,5</sub> $\mu\text{g m}^{-3}$ (Mediana - Rango intercuartílico)	p
Zona 1	21 (RI=2)	<0,001
Zona 2	19 (RI=6)	

Fuente: datos del estudio.

En la figura 2A se observan los registros de las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> tomados durante el recorrido en bicicleta.



**Figura 2A. Superior** Registros de concentraciones de PM<sub>2,5</sub> durante el recorrido en bicicleta. **B.** Medidor de material particulado AireCiudadano®.

Fuente: datos del estudio.

### Análisis de las muestras de agua e identificación de especies al microscopio y estereoscopio

Con base en la guía elaborada y por medio de la observación a través de un microscopio y un estereoscopio, se inició el reconocimiento y la identificación de especies de microorganismos invertebrados colectados durante el muestreo y se procedió a su registro.

### Registro de especies

Se ubicaron diferentes microorganismos presentes en las muestras, se tomaron fotografías que permitieron la documentación de cada uno de los especímenes recolectados y, para su registro, los niños realizaron dibujos de los organismos observados (figura 3).



**Figura 3. Registro de los organismos documentados.**

Fuente: archivos del estudio.

## Organismos identificados

Los niños lograron reconocer diferentes especies de microinvertebrados pertenecientes a los grupos Gastropoda, Oligochaeta, Hirudínea, así como larvas de insectos de los órdenes Díptera, Odonata.

Se observaron diferentes estadios de renacuajos de la rana sabanera *Dendropsophus molitor*. En campo se

reconocieron diferentes especies de plantas acuáticas: sombrilla de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), lentejas de agua (*Lemna spp*), sombrilla de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), junco (*Juncus effusus*). Bajo el microscopio se logró el reconocimiento de especies de algas cianofíceas, clorofíceas, euglenofíceas y diatomeas (figura 4).



**Figura 4. Registro fotográfico de actividades de la jornada ITHAQUITA.**

Fuente: archivos del estudio.

## Discusión

Las actividades de ciencia ciudadana son cada vez más frecuentes en el entorno científico. Sin embargo, la mayor parte de estas se centra en ciencias de la vida como la biología. Hasta donde sabemos, esta es la primera experiencia documentada de ciencia ciudadana sobre calidad del aire y humedales en el contexto de Bogotá.

El estudio encontró que existen elementos en el entorno que son capaces de influir en las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, entre las que se destacan la ubicación cercana a parqueaderos y avenidas. Estos hallazgos son coincidentes con lo reportado en la literatura donde se sostiene que dentro de los principales determinantes de la exposición personal se encuentran el tipo de vehículos y la cercanía de las ciclorutas a las fuentes emisoras móviles (15,21).

Si bien el proceso de muestreo no fue sistemático, los hallazgos de la observación de macroinvertebrados coinciden con los reportes realizados en años anteriores en la zona baja y la Chucua de Colsubsidio del humedal, que reportaron la presencia de organismos del orden Amphipoda, Gastropoda, Oligochaeta, Hirudínea y Odonata (22).

Por otro lado, se pudo determinar la presencia de especies de macroinvertebrados en las aguas del humedal Juan Amarillo, lo que sugiere que, a pesar de las intervenciones que han contribuido a contaminar las aguas del humedal, existe un nivel alto de resiliencia en el ecosistema. Si bien estos hallazgos podrían ser incluso incidentales, permiten mostrar a la ciudadanía que el humedal es más que un lugar de aves de paso y de reciclaje de aguas. El humedal constituye un ecosistema vivo al que las personas pueden contribuir a mejorar (23).

A través de la ITHAQUITA se incentivó la curiosidad y la capacidad de asombro en los niños y las niñas participantes, además de motivar el interés por la realización de actividades de ciencia, así como el fortalecimiento de habilidades para formular preguntas, crear hipótesis, analizar resultados y establecer conclusiones. Adicionalmente, se hizo énfasis en la importancia de las acciones que de forma individual los ciudadanos y las ciudadanas pueden realizar para mantener una buena calidad del aire y del agua, como recursos necesarios para la vida.

## Limitaciones

Este trabajo tiene numerosas limitaciones. La primera tiene que ver con la temporalidad de las mediciones que se realizaron. Corresponde a un ejercicio que, si bien es longitudinal, solo muestra las concentraciones para el día, lugar y horas específicas, lo que no necesariamente refleja las condiciones de calidad del aire en la zona evaluada. Por otro lado, los medidores de calidad del aire corresponden a monitores de bajo costo, que pueden tener limitaciones frente a la calidad del dato evaluado. No obstante, se debe mencionar que en el análisis de los datos no hubo variaciones significativas que superaran los valores reportados por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá.

A su vez, las observaciones de fauna y flora de las aguas del humedal no siguieron un ejercicio sistemático, por lo que este no se puede considerar

como representativo de la fauna y flora acuática del humedal.

## Conclusiones

Se estableció una relación entre la concentración de PM<sub>2,5</sub> y las condiciones ambientales. Así mismo, se identificaron algunos microorganismos con potencial uso de bioindicador de la calidad del agua.

Los niños y las niñas participantes en el estudio identificaron la ciencia ciudadana como una alternativa propicia para hacer ciencia e investigación, en esta oportunidad se contó con el acompañamiento de profesionales del área de salud ambiental y se logró la adopción de conceptos y la construcción conjunta de nuevo conocimiento.

### \* Grupo de Salud Ambiental y Laboral - Instituto Nacional de Salud (INS), Bogotá (Colombia)

Jeadran Malagón-Rojas, MD, PhD; Luisa Lagos-Martínez, Mag. en Bioquímica; Diana Pinzón-Silva, Mag. Salud Pública; Eliana Téllez-Ávila, Esp. Seguridad y Salud en el Trabajo; Ronald López-Hernández, Mag. en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental; Yesith Toloza-Pérez, Mag. en Epidemiología; Claudia Portilla-Velandia, Esp en Salud; Jenny Gamboa-López; Alejandra Parada-López; Eliana Parra Barrera, Mag. en Epidemiología.

### \* Escuela Corporal Dalamatia, Bogotá (Colombia)

Victoria Malagón-Garrote, Manuel Santiago Cruz-Garrote, Juan Felipe Muñoz-Ríos, Isabella Luque-Jiménez, Anny Gabriela Chaparro-Jaramillo, Ángel David Ariza-Monroy, David Santiago Muñoz-Ríos, Santiago Barragán-Bonilla, Sharon Montoya, Emanuel Montoya, Enrique Montoya, María Fernanda Torres-Téllez, Juan Camilo Alvarado-Lagos, María Fernanda Alvarado-Lagos y Diego Barragán.

## Agradecimientos

A Norma Celly, Andrés Abril, Alexander Casas, al Instituto Nacional de Salud, a la Secretaría Distrital de Ambiente, a la Escuela Corporal Dalamatia y a los padres de familia acompañantes y que autorizaron la participación de sus hijos en la actividad.

## Referencias

1. Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, Lemmens R, Perelló J, Ponti M, et al., editores. *The Science of Citizen Science*. Cham: Springer International Publishing; 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4>
2. Pudifoot B, Cárdenas ML, Buytaert W, Paul JD, Narraway CL, Loiselle S. When it rains, it pours: Integrating citizen science methods to understand resilience of urban green spaces. *Front Water.* 2021;3:654493. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.654493>
3. Bedessem B, Julliard R, Montuschi E. Measuring epistemic success of a biodiversity citizen science program: A citation study. Gutiérrez-Pérez J, editor. *PLoS ONE.* 2021;16(10):e0258350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258350>
4. Nov O, Arazy O, Anderson D. Scientists@Home: What drives the quantity and quality of online citizen science participation? Bar-Ilan J, editor. *PLoS ONE.* 2014;9(4):e90375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090375>
5. Roche J, Bell L, Galvão C, Columbic YN, Kloetzer L, Knoben N, et al. Citizen Science, education, and learning: Challenges and opportunities. *Front Sociol.* 2020;5:613814. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.613814>
6. Walker DW, Smigaj M, Tani M. The benefits and negative impacts of citizen science applications to water as experienced by participants and communities. *WIREs Water.* 2021;8(1). <https://doi.org/10.1002/wat2.1488>
7. Wiggins A, Wilbanks J. The rise of citizen science in health and biomedical research. *Am J Bioeth.* 2019;19(8):3-14. <https://doi.org/10.1080/15265161.2019.1619859>
8. Ballard HL, Dixon CGH, Harris EM. Youth-focused citizen science: Examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biol Conserv.* 2017;208:65-75. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.024>
9. Ellwood ER, Crimmins TM, Miller-Rushing AJ. Citizen science and conservation: Recommendations for a rapidly moving field. *Biol Conserv.* 2017;208:1-4. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.014>
10. Cochrane Colaboration. Cochrane Crowd [Internet]. 2021. Disponible en: <https://community.cochrane.org/help/tools-and-software/cochrane-crowd>
11. California Academy of Sciences. Una comunidad para naturalistas. iNaturalist [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.inaturalist.org/>
12. Marks L, Laird Y, Trevena H, Smith BJ, Rowbotham S. A scoping review of citizen science approaches in chronic disease prevention. *Front Public Health.* 2022;10:743348. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.743348>
13. de Sherbinin A, Bowser A, Chuang TR, Cooper C, Danielsen F, Edmunds R, et al. The critical importance of citizen science data. *Front Clim.* 2021;3:650760. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.650760>
14. Malagon-Rojas J, Pinzón-Silva DC, Parra EL, Lagos L, Toloza-Perez YG, Hernández Florez LJ, et al. Assessment of personal exposure to particulate air pollution in different microenvironments and traveling by several modes of transportation in Bogotá, Colombia: Protocol for a mixed-methods study. (Preprint). *JMIR Research Protocols* [Internet]. 2020. <https://doi.org/10.2196/preprints.25690>
15. Malagon-Rojas J, Parra-Barrera EL, Toloza-Pérez YG, Soto H, Lagos LF, Méndez D, et al. Assessment of factors influencing personal exposure to air pollution on main roads in Bogota: A mixed-method study. *Medicine & Pharmacology.* 2022. <https://doi.org/10.20944/preprints202203.0211.v1>
16. Malagón-Rojas J, Mendez-Molano D, Almentero J, Toloza-Pérez YG, Parra-Barrera EL, Gómez-Rendón CP. Environmental Effects of the COVID-19 Pandemic: The Experience of Bogotá, 2020. *IJERPH.* 2022;19(10):6350. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106350>
17. Katapally TR, Bhawra J, Leatherdale ST, Ferguson L, Longo J, Rainham D, et al. The SMART Study, a mobile health and citizen science methodological platform for active living surveillance, integrated knowledge translation, and policy interventions: Longitudinal study. *JMIR Public Health Surveill.* 2018;4(1):e31. <https://doi.org/10.2196/publichealth.8953>

18. Programa Ondas Colciencias. El viaje de la investigación [Internet]. 2018. Disponible en: [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor\\_files/WEB%20OK%20PAGS%20SUELTA%20COMPLETO%20CATINST%20Colciencias%2021ago18%2001.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/WEB%20OK%20PAGS%20SUELTA%20COMPLETO%20CATINST%20Colciencias%2021ago18%2001.pdf)
19. Tryner J, Quinn C, Windom BC, Volckens J. Design and evaluation of a portable PM 2.5 monitor featuring a low-cost sensor in line with an active filter sampler. *Environ Sci: Processes Impacts.* 2019;21(8):1403-15. <https://doi.org/10.1039/C9EM00234K>
20. Ventura-León JL. Tamaño del efecto para la U de Mann-Whitney: aportes al artículo de Valdivia-Peralta et al. *Rev Chil Neuro-Psiquiatr.* 2016;54(4):353-4. <https://doi.org/10.4067/S0717-92272016000400010>
21. Franco JF, Segura JF, Mura I. Air pollution alongside bike-paths in Bogotá-Colombia. *Front Environ Sci* [Internet]. 2016;4. Disponible en: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2016.00077/full>
22. Conservación Internacional - Colombia, Empresa de Acueducto de Bogotá. Plan de manejo ambiental humedal Juan Amarillo [Internet]. Bogotá; 2010. Report n.º 7. Disponible en: [https://oab.ambientebogota.gov.co/?post\\_type=dlm\\_download&p=15062](https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=15062)
23. Páez-Contreras S. Efectos de la transformación antrópica en los humedales Juan Amarillo y Jaboque, en base a los índices de calidad ambiental urbanos desde el año 2010 hasta el año 2019 [tesis de grado]. [Internet]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2020. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42570/Sapaezc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fecha de recepción: 18 de agosto de 2022  
Aprobado para publicación: 18 de octubre de 2022

**Correspondencia:**  
Jeadran Malagón-Rojas  
Correo electrónico:  
[jmalagon@ins.gov.co](mailto:jmalagon@ins.gov.co), [jnmalagon@unbosque.edu.co](mailto:jnmalagon@unbosque.edu.co)

Bogotá, D.C., Colombia