



Reciclaje de orina: una ayuda más para la conservación de los anfibios

Roberto Carlos Téllez-Gutiérrez

*Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Cto. Interior Cd., Universitaria,
CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX. tellezrc_pumas10@ciencias.unam.mx*

Palabras clave: separación de orina, anfibios, contaminación por nitrógeno

Cita: Téllez-Gutiérrez, R. C. 2021. Reciclaje de orina: una ayuda más para la conservación de los anfibios. *Herpetología Mexicana*, 1: 13-18. https://www.herpetologiamexicana.org/wp-content/uploads/2021/12/HM_2021_1_13-18.pdf

INTRODUCCIÓN

Los anfibios son un grupo de vertebrados cosmopolita y diverso, sin embargo, hoy en día, atraviesan por un periodo de disminución poblacional y riesgo de extinción sin precedente (Parra et al., 2014), por lo que es importante utilizar herramientas que ayuden en su conservación, y una de ellas puede ser la utilización de los servicios ecosistémicos para priorizar estrategias de protección y promover un desarrollo sustentable (Díaz, 2019).

Los servicios ecosistémicos son definidos en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005; por sus siglas en inglés) como todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas. En el caso de los anfibios, Díaz et al. (2019) realizaron una recopilación de los servicios ecosistémicos reportados para este grupo en México. Respecto a los servicios de provisión, se incluye el abastecimiento de alimentos, principalmente como fuente de proteínas y medicinas tradicionales para el tratamiento de enfermedades. En los servicios culturales, los anfibios contribuyen en el enriquecimiento del vocabulario y los sistemas de clasificación de diversos grupos indígenas, también tienen un papel recreativo como fuente de inspiración para la creación de mitos, canciones y artesanías. Respecto a los servicios de regulación, se reportó principalmente el control biológico de insectos

nocivos para cultivos agrícolas, lo cual tiene una gran importancia socioeconómica debido a que las plagas de insectos causan pérdidas agrícolas e incremento de los costos de producción. Además menciona, que los anfibios al ser especies generalistas, podrían ejercer control de insectos nocivos para la salud humana.

INTERRUPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PARA LA SUSTENTABILIDAD

La capacidad de proveer servicios ambientales puede verse amenazada por diversas causas como la conversión de bosques a sistemas agropecuarios, cambio climático o falta de regulación en el manejo de recursos naturales (Balvanera & Cotler, 2009). En el caso de los anfibios, Marco (2002) reporta que diversas sustancias relacionadas con la agricultura convencional y la industria contaminan hábitats acuáticos y podrían afectar los servicios que los anfibios prestan.

La adición artificial de nitrógeno en la naturaleza actualmente es considerado un cambio ambiental global con consecuencias imprevisibles, donde los anfibios son de los grupos de vertebrados que podrían verse más afectados por su incapacidad de recolonización debido a restricciones fisiológicas, relativa baja movilidad y la filopatria (quedarse en el lugar

donde nacen o regresar a donde nacieron), lo que los hace susceptibles a extinciones locales (Marco, 2002).

EL CASO DE LA ORINA

Las principales fuentes de nitrógeno son fertilizantes químicos (nitrato, amoníaco y urea), residuos agrícolas y ganaderos (amoníaco y nitrito) y aguas residuales (amoníaco y nitrito). Enfocándonos solo en el amoníaco de aguas residuales, este es proveniente principalmente de la orina, en la cual la urea en contacto con el agua pasa por hidrólisis a transformarse en amoníaco (Lahr, 2016). Se ha reportado que el amoníaco puede ser más tóxico que el nitrato en embriones y larvas de rana (Marco, 2002). A pesar de que en los embriones la gelatina de las puestas podría proteger de contaminantes externos, estas podrían ser permeables al amoníaco. Oldham et al. (1997) comprobaron que, tras la fertilización de campos agrícolas con nitrato de amonio, la rana Rana temporaria que pasa por los campos puede sufrir intoxicaciones. Estos fertilizantes podrían provocar un estrés osmótico o bien tener un efecto tóxico directo provocado por el amoníaco.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 1986) señala que el amoníaco (NH₃) y no el amonio (NH₄⁺) es la forma más tóxica. Señala que concentraciones relativamente bajas pueden causar intoxicaciones agudas en algunos organismos. En el caso de anfibios el amoníaco puede entrar a través de la piel y los pulmones causando convulsiones, coma y muerte (Marco et al., 2001).

Incluso si la urea no se transforma en amoníaco, por sí sola puede tener repercusiones en anfibios. En Estados Unidos y otras regiones en el mundo es común la práctica de fertilizar bosques forestales con urea granular, este es un fertilizante de liberación más lenta, por lo que permanece mayor tiempo en el sustrato. Marco

et al. (2001) mostró los efectos tóxicos que tiene la urea en salamandras terrestres de bosques de Estados Unidos. En este sentido, es importante considerar las afectaciones que pueden tener estos compuestos en países megadiversos como México, donde los anfibios ocupan el 5to. lugar mundial (CONABIO, Díaz, 2019) con 417 especies (Herpetología Mexicana, 2021).

SOLUCIONES

Una plausible solución a esta contaminación por nutrientes tanto en los campos agrícolas como en los cuerpos de agua se da a partir de un enfoque de economía circular, en el cual los recursos sean reciclados y reusados (El-Nakhel, 2021). En este sentido entra en consideración la recuperación de nutrientes de los residuos humanos como las heces y la orina. La orina es un líquido de desecho del cuerpo que contiene 95% de agua y el resto es urea, creatinina, cationes (Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Ca²⁺), aniones (Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄²⁻ y HCO₃⁻) y otros compuestos orgánicos. En un año, un adulto excreta 4.0 Kg de nitrógeno, 0.4 Kg de fósforo y 0.9 Kg de potasio, solo a través de la orina (Dutta & Vinneras, 2016). Al reciclar estos nutrientes se reduce la extracción de recursos mineros para la elaboración de fertilizantes sintéticos que utilizan fósforo y potasio, además la recuperación del nitrógeno se puede realizar con menores costos energéticos que los actuales procesos de elaboración de fertilizantes nitrogenados. También se evita la recarga de nutrientes en aguas residuales, disminuyendo el trabajo de las plantas de tratamiento de aguas (El-Nakhel, 2021).

La separación de la orina de otras aguas residuales puede llevarse a cabo con la utilización de baños secos (Figura 1). Existen diversos tipos de baños secos disponibles comercialmente, entre los que se encuentran los baños secos con desviación de orina conocidos como Urine-Diversion Dry Toilet o UDDT (Larsen et al., 2021). El UDDT tiene dos compartimentos, uno para la orina y otro

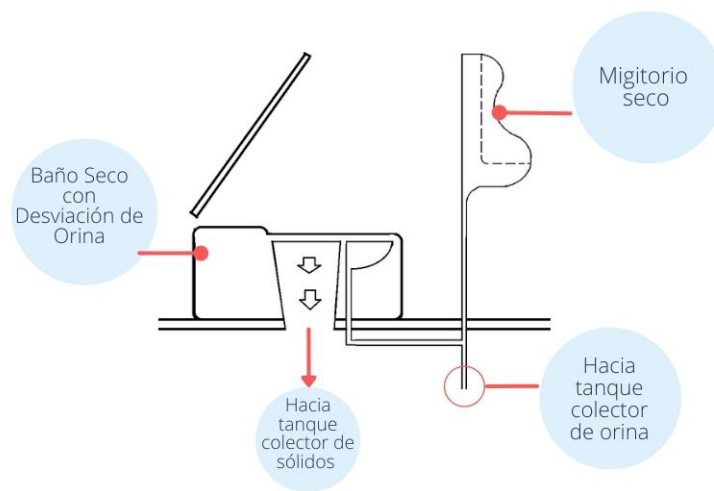


Figura 1. Diagrama de un baño seco con desviación de orina basado en García et al. (2021).

para las heces. La orina fluye a través de una tubería separada hasta un tanque de almacenamiento, estos tanques son periódicamente vaciados. Esta orina almacenada puede aplicarse directamente o diluida en los cultivos de manera similar a los fertilizantes convencionales (El-Nakhel, 2021). Un ejemplo es el llevado a cabo en Durban, Sudáfrica, donde se instalaron cerca de 80 000 baños secos con desviación de orina para su colecta y utilización como fertilizante (Bischel et al., 2015). Simha et al. (2021) también mencionan la eficacia de la orina como fertilizante.

Los patógenos que puedan encontrarse en la orina mueren si esta es almacenada varios meses (Nagy et al., 2019). En orina fresca, el nitrógeno se encuentra principalmente como urea (85%). Cuando la orina es almacenada, la urea se hidroliza en amoníaco con la ayuda de la enzima ureasa proveniente de bacterias, esta transformación causa un incremento de pH de 6 (cuando sale del cuerpo) a mayor a 9 después de un día o pocas semanas a temperatura ambiente. En este punto, el amoníaco se concentra. La forma no protonada del amoníaco (NH_3), es biocida (que mata organismos). Este ambiente químico funciona como saneamiento

de la orina almacenada separada de origen (Lahr et al., 2016), por lo que puede ser utilizada como remplazo o para disminuir la cantidad de fertilizantes sintéticos utilizados en los campos agrícolas, los cuales por escorrentía terminan en zonas susceptibles para la reproducción de anfibios (Marco, 2002).

El reciclaje de la orina podría ayudar a disminuir los niveles de nitrógeno en las aguas residuales. Dutta & Vinneras (2016) mencionan que a pesar de que la orina corresponde solo al 1% de las aguas domésticas residuales, es su principal fuente de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, mismos que son utilizados en la agricultura. Por lo tanto, podemos pensar que el reciclaje de orina también podría ayudar a disminuir la urea y el amoníaco en las aguas residuales, que muchas veces entran en contacto con los hábitats de los anfibios (Figura 2).

Sin embargo, en este escenario surge la necesidad de realizar estudios de las posibles afectaciones que la aplicación de la orina tratada a campos agrícolas, pueda tener en diferentes especies de anfibios, debido a que finalmente

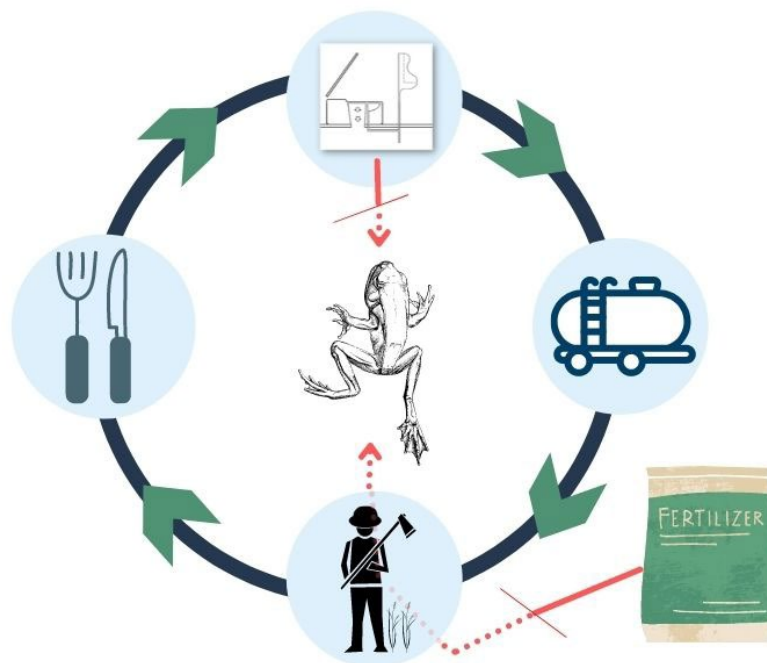


Figura 2. Diagrama mostrando el cierre del ciclo de nutrientes, iniciando por la captación de orina, seguida de su tratamiento y almacenaje, su utilización para la producción de cultivos y finalizando con el consumo de estos cultivos, reduciendo así los daños que la orina junto con los fertilizantes sintéticos ocasionan a los anfibios.

podrían entrar en contacto con compuestos como la urea y el amoníaco.

Tidaker et al. (2007) hacen una evaluación de cómo la utilización de orina puede tener múltiples beneficios ambientales como el uso de energía, el cambio climático, la acidificación y eutrofización con un sistema de captación y deposición de orina bien diseñado, incluyendo estrategias de fertilización, tiempos de aplicación óptimos y una correcta sustitución de fertilizantes minerales. Por lo que quizá, siguiendo los correctos lineamientos de aplicación, podría reducirse el contacto de los anfibios con estos compuestos y darse la oportunidad de realizar trabajos que valoren este tipo de posibilidades.

La conservación de un grupo de seres vivos tan importante para nuestro bienestar como

los anfibios, está respaldada por los servicios ecosistémicos que brindan a los seres humanos, además del valor intrínseco que poseen por el solo hecho de habitar este planeta. Por lo que es necesario implementar cualquier tipo de acción que contrarreste su actual disminución poblacional y desde diferentes perspectivas.

LITERATURA CITADA

Balvanera, P. & H. Cotler. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. In: *Capital Natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Pp. 185-245, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Bischel, H., B. Ozel-Duygan, L. Strande, C.

- McArdell, K. Udert & T. Kohn. 2015. Pathogens and pharmaceuticals in source-separated urine in eThekweni, South Africa. *Water Research*, 85: 57-65.
- CONABIO. 2020. México megadiverso. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees>
- Díaz, J., M. Oropeza & J. Aguilar. 2019. Servicios ecosistémicos de los anfibios en México: un análisis de diversidad, distribución y conservación. *Revista Etnobiología*, 17(1): 49-60.
- Dutta, S. & B. Vinneras. 2016. Fertilizer from dried human urine added to ash and lime – a potential product from eco-sanitation system. *Water Science & Technology*, 74(6): 1436-1445.
- El-Nakhel, C., D. Geelen, J. De Paepe, P. Clauwaert, S. De Pascale & Y. Roupael. 2021. An Appraisal of Urine Derivatives Integrated in the Nitrogen and Phosphorus Inputs of a Lettuce Soilless Cultivation System. *Sustainability*, 13: 4218. <https://doi.org/10.3390/su13084218>
- Environmental Protection Agency (EPA). 1986. Quality criteria for water. US Environmental Protection Agency, EPA 440/5-86-001, Washington, DC.
- García, F., M. Cohen & J. Pérez. 2021. The Socio-technical Adoption of Dry Toilets at a Public University in Mexico City (prototype). *Sociedad y Ambiente*, 24: 1-29.
- Herpetología Mexicana. 2021. Inventario de la Herpetofauna de México. <https://herpetologiamexicana.org/> Acceso [noviembre, 2021]
- Lahr, R., H. Goetsch, S. Haig, A. Noe-Hays, N. Love, D. Aga, C. Bott, B. Foxman, J. Jimenez, T. Luo, K. Nace, K. Ramadugu & K. Wigginton. 2016. Urine Bacterial Community Convergence through Fertilizer Production: Storage, Pasteurization, and Struvite Precipitation. *Environmental Science & Technology*, 50: 11619-11626.
- Larsen, T., H. Gruendl & C. Binz. 2021. The potential contribution of urine source separation to the SDG agenda – a review of the progress so far and future development options. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 7(7): 1161-1176.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 137 pp.
- Marco, A., D. Cash, L. Belden & A. Blaustein. 2001. Sensitivity to urea fertilization in three amphibian species. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 40: 406-409.
- Marco, A. 2002. Contaminación global por nitrógeno y declive de anfibios. *Revista Española de Herpetología*, 16: 5-17.
- Nagy, J., A. Mikola, S. Pradhan & A. Zseni. 2019. The Utilization of Struvite Produced from Human Urine in Agriculture as a Natural Fertilizer: A Review. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 63(3): 478-484. <https://doi.org/10.3311/PPch.12689>
- Oldham, R., D. Lathan, D. Hilt-Brown, M. Towns, A. Cooke & A. Burn. 1997. The effect of ammonium nitrate fertilizer on frog (*Rana temporaria*) survival. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 61: 69-74.
- Parra, G., O. Flores & C. Mendoza. 2014. Biodiversidad de Anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 460-466.
- Simha, P., M. Barton, L. Perez-Mercado, J. McConville, C. Lalander, M. Magri, S. Dutta, H.

Kabir, A. Selvakumar, X. Zhou, T. Martin, T. Kizos, R. Katak, Y. Gerchman, R. Herscu-Kluska, D. Alrousan, E. Goh, D. Elenciuc, A. Glowacka, L. Korculanin, R. Tzeng, S. Ray, C. Niwagaba, C. Prouty, J. Mihelcic & B. Vinneras. 2021. Willingness among food consumers to recycle human urine as crop fertiliser: Evidence from a multinational survey. *Science of the Total Environment*, 765(144438). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144438>

Tidaker, P., B. Mattson & H. Jonsson. 2007. Environmental impact of wheat production using human urine and mineral fertilisers – a scenario study. *Journal of Cleaner Production*, 15: 57-62.