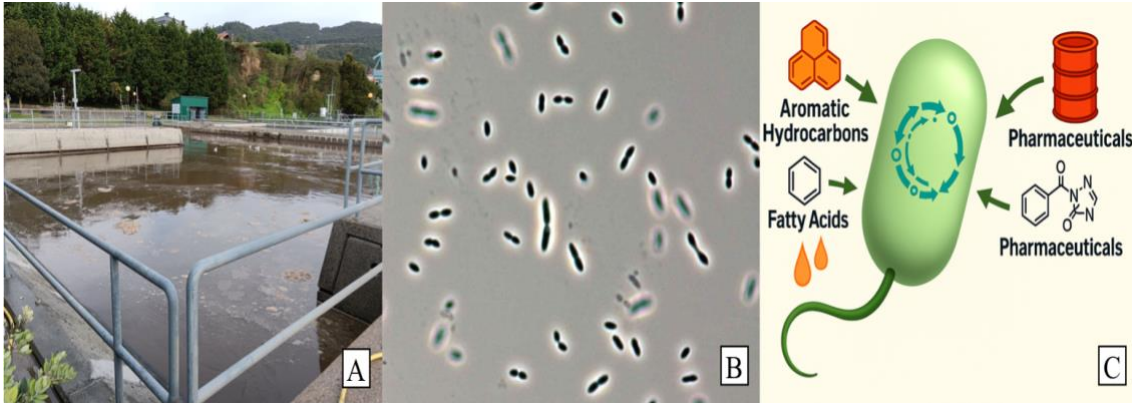


Micro-Heroe: Pseudo (*Pseudomonas putida*) (Victor Hernando-Morales)



Planta de tratamiento de aguas residuales en el noroeste de España (A) durante el tratamiento microbiológico aeróbico (foto de V. Hernando Morales); imagen al microscopio de células de *Pseudomonas putida* (B); ilustración de la versatilidad degradadora de compuestos orgánicos por *Pseudomonas putida* (C).

Motivo de su fama: convertir sustancias químicas tóxicas y complejas en bloques de construcción inofensivos

Cada día, las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) reciben enormes volúmenes de agua sucia procedente de nuestros hogares, escuelas, hospitales e industrias. Este agua contiene restos de comida, jabones, aceites, medicamentos, combustibles y muchas otras sustancias químicas que nunca deberían llegar sin tratar a ríos, lagos o al mar.

Por suerte, las PTAR no trabajan solas. Dentro de los tanques burbujeantes viven microorganismos que limpian el agua por nosotros. Entre los más versátiles y trabajadores se encuentra **Pseudo**, cuyo nombre científico real es *Pseudomonas putida*.

Conoce a Pseudo: ¿qué es? ¿Dónde la encuentran los científicos?

Pseudomonas es una bacteria con forma de bastón que se encuentra comúnmente en el suelo, el agua y las plantas de tratamiento de aguas residuales de todo el mundo. Bajo el microscopio parece simple, pero su metabolismo es extraordinariamente sofisticado.

Pseudo pertenece al amplio grupo de las *Pseudomonas* fluorescentes. Este grupo fue descrito por primera vez a finales del siglo XIX por el microbiólogo alemán Walther Migula. Su descripción original fue muy breve e incluso incluía algunos errores (por ejemplo, sugirió que algunas especies de *Pseudomonas* podían formar esporas, algo que hoy sabemos que no es cierto). Posteriormente, otros microbiólogos debatieron el significado del nombre. Una interpretación sugería que significaba “unidad falsa” (del griego *pseudes* = falso y *monas* = unidad). Sin embargo, otra explicación, transmitida por microbiólogos que trabajaron en la época de Migula, considera que llamó *Pseudomonas* a estas bacterias porque se parecían y se movían como diminutos organismos flagelados llamados *Monas*. Quizá la intención

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

principal de Migula era llamarlas “*Monas falsas*” en lugar de “unidades falsas”. ¡Quién sabe! En cualquier caso, esta historia nos recuerda que los nombres científicos suelen reflejar observaciones tempranas y que la ciencia mejora a medida que crecen nuestras herramientas y conocimientos.

Las bacterias del género *Pseudomonas* pertenecen a un grupo más amplio llamado bacterias heterótrofas, lo que significa que se alimentan de materia orgánica. Pero, a diferencia de muchos microbios que solo pueden consumir alimentos “fáciles”, Pseudo es famosa por su capacidad para descomponer compuestos complejos y tóxicos que la mayoría de los organismos no puede utilizar.

Una de las Pseudo mejor caracterizadas es *Pseudomonas putida*, que actualmente se utiliza como una auténtica caja de herramientas en la biología ambiental y sintética.

Los superpoderes de Pseudo

Devoradora de contaminación

Pseudo puede degradar una amplia gama de contaminantes, entre ellos:

- Hidrocarburos (como residuos de petróleo y combustibles)
- Disolventes y productos químicos industriales
- Fármacos y productos de cuidado personal
- Compuestos aromáticos que son tóxicos para muchos organismos

Lo consigue produciendo enzimas especiales que cortan las moléculas grandes y dañinas en otras más pequeñas e inofensivas. Algo así como unas tijeras moleculares que solo los microbios saben usar.

La recicladora de la naturaleza

A medida que Pseudo descompone los contaminantes, los transforma en:

- Dióxido de carbono
- Agua
- Biomasa (nuevas células microbianas)

Este proceso elimina la contaminación mientras recicla nutrientes de vuelta a los ciclos naturales.

Trabajo en equipo

Pseudo no trabaja sola. En los lodos activados coopera con muchas otras bacterias, compartiendo subproductos y estabilizando las comunidades microbianas. A menudo trabaja junto a especies de *Bacillus* (productoras de enzimas), bacterias nitrificantes (transformadoras del nitrógeno) y protozoos (que mantienen equilibradas las poblaciones bacterianas). Juntas forman “comunidades” microbianas llamadas flóculos, que se sedimentan para que el agua limpia pueda seguir su curso. Este trabajo en equipo ayuda a prevenir la dominancia de organismos dañinos o problemáticos y mantiene equilibrado el sistema de tratamiento.

¿Dónde trabaja Pseudo en una PTAR?

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

Pseudo es más activa en la etapa secundaria (biológica) del tratamiento, especialmente en:

- Sistemas de lodos activados
- Biopelículas adheridas a soportes o a las paredes de los reactores

Aquí, las aguas residuales se mezclan con aire y microbios, creando las condiciones ideales para que Pseudo realice su labor de limpieza.

¿Por qué es importante Pseudo para nosotros?

Sin microbios como Pseudo:

- Los contaminantes orgánicos se acumularían en el agua
- Los compuestos tóxicos llegarían a ríos y océanos
- La vida acuática y la salud humana estarían en riesgo

Al hacer silenciosamente su trabajo cada día, *Pseudomonas putida* ayuda a:

- Proteger las fuentes de agua potable
- Reducir la contaminación ambiental
- Mejorar la salud pública
- Permitir la reutilización del agua y una gestión circular del agua

En resumen: **Pseudo ayuda a convertir las aguas residuales de nuevo en un recurso.**

¿Sabías que...?

Los científicos utilizan *Pseudomonas putida* como organismo modelo en la biotecnología ambiental porque es:

- Fácil de cultivar en el laboratorio
- Genéticamente flexible
- Extremadamente resistente a estrés

¡Algunas cepas incluso se han modificado genéticamente para limpiar derrames de petróleo y zonas contaminadas por la industria!

Pseudo no lleva capa.

No hace ruido.

Pero cada segundo de cada día protege los ecosistemas y las sociedades humanas limpiando aquello que desechamos.

Cuando el agua residual está limpia, Pseudo ha hecho su trabajo.

Referencias

Palleroni, N. J. (2010). *The Pseudomonas story*. Environmental Microbiology, 12(6), 1377-1383.

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

Nelson, K. E., et al. (2002). *Complete genome sequence of Pseudomonas putida KT2440*. *Environmental Microbiology*, 4(12), 799–808.

Y. Chen, C.J. Lin, G. Jones, S. Fu, H. Zhan. Enhancing biodegradation of wastewater by microbial consortia with fractional factorial design. *J. Hazard. Mater.*, 171 (2009), pp. 948-953

M. Bramucci, H. Kane, M. Chen, V. Nagarajan. Bacterial diversity in an industrial wastewater bioreactor. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62 (2003), pp. 594-600

Kirilova, M., Yotinov, I., Todorova, Y., Dinova, N., Lincheva, S., Schneider, I., & Topalova, Y. (2024). Microbiome Structure of Activated Sludge after Adaptation to Landfill Leachate Treatment in a Lab-Scale Sequencing Batch Reactor. *Processes*, 12(1), 159.

Udaondo, Z., Ramos, J. L., & Abram, K. (2024). Unraveling the genomic diversity of the *Pseudomonas putida* group: exploring taxonomy, core pangenome, and antibiotic resistance mechanisms. *FEMS Microbiology Reviews*, 48(6), fuae025

doi: 10.5281/zenodo.18365832