



Microbiología y Tecnología Ambiental

JESÚS GONZÁLEZ-LÓPEZ, GABRIELA ÁNGELES DE PAZ, ELISABET ARANDA, CONCEPCIÓN CALVO, ANTONIO CASTELLANO-HINOJOSA, DAVID CORREA-GALEOTE, JUAN CUBERO-CARDOSO, MANUEL J. GALLARDO-ALTAMIRANO, ALEJANDRO GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, BELÉN JUÁREZ-JIMÉNEZ, JUAN CARLOS LEYVA DÍAZ, MAXIMINO MANZANERA, JAIME MARTÍN-PASCUAL, PAULA MAZA-MÁRQUEZ, BÁRBARA MUÑOZ-PALAZÓN, FRANCISCO OSORIO, CLEMENTINA POZO, JOSÉ MANUEL POYATOS, JESSICA PURSWANI, TATIANA ROBLEDO-MAHÓN, ALEJANDRO RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, BELÉN RODELAS, ANTONIO SERRANO Y ÁNGELES TRUJILLO-REYES

Departamento de Microbiología. Departamento de Ingeniería Civil. Instituto Universitario de Investigación del Agua. Universidad de Granada. C/Ramón y Cajal nº 4, 18071 Granada.

✉ ccalvo@ugr.es

🌐 <https://www.microtambienugr.es/>

El diseño y la aplicación de tecnologías biológicas para el tratamiento de aguas superficiales y subterráneas contaminadas con distintas sustancias, la caracterización del microbioma en tales sistemas, la valorización biológica de residuos mediante compostaje/digestión anaerobia o los estudios sobre la identificación y uso de hongos en la degradación de contaminantes prioritarios y emergentes junto con investigaciones sobre las interacciones microbianas en sistemas naturales y artificiales, son una muestra de la temática de las líneas de investigación actuales del grupo "Microbiología Ambiental" (RNM-270).

El grupo, dirigido por el profesor D. Jesús González López, está conformado por investigadores e investigadoras de los Departamentos de Microbiología e Ingeniería Civil de la Universidad de Granada y adscritos al Instituto Universitario de Investigación del Agua, siendo personal experto en el diseño de tecnologías biológicas, en el uso de herramientas bioinformáticas, en la modelización de bioprocesos microbianos, así como en el estudio de las relaciones microbianas en comunidades complejas. La integración de investigadores/as con perfiles microbiológicos y tecnológicos ha permitido y permite abordar desde estudios en ciencia básica hasta dar apoyo a empresas e instituciones para la implementación a escala real de diversas tecnologías. Estas competencias han determinado un grupo de investigación altamente competitivo y



Miembros del Grupo de Investigación "Microbiología Ambiental" (RNM-270).

con unas marcadas tasas de éxito en la captación de fondos para investigación a través de convocatorias autonómicas, nacionales y europeas así como mediante contratos de apoyo tecnológico con el sector privado, sin olvidar el éxito constante en los programas de captación de talento, resultando así un conjunto dinámico, innovador e integrador. En la actualidad, el grupo está constituido por 13 investigadores/as permanentes, 11 investigadores/as

postdoctorales, 8 estudiantes de doctorado y varios colaboradores de instituciones extranjeras.

Las distintas líneas de investigación que se llevan a cabo en la actualidad vienen apoyadas por un desarrollo constante de las capacidades analíticas y la puesta a punto de nuevas metodologías que permiten ofrecer respuestas a los retos científicos que demanda la sociedad. En ese sentido,

el grupo RNM-270 tiene capacidad analítica para la identificación y cuantificación en distintas matrices y mediante técnicas de alta resolución (GC-MS, UPLC- triplecuadrupolo y QToF), de compuestos xenobióticos y/o contaminantes emergentes como fármacos o microplásticos, entre otros. También se han desarrollado técnicas microbiológicas y moleculares (PCR, qPCR, RT-PCR, FISH...) para la identificación de microorganismos y genes específicos (por ejemplo, genes de resistencia a antibióticos).

A continuación, se incluye un resumen de las principales líneas de investigación que desarrollamos en la actualidad.

Tecnologías biológicas avanzadas en el tratamiento de aguas residuales y aguas subterráneas

La implementación y optimización de la tecnología de oxidación anaeróbica autotrófica del amonio (ANAMMOX) es una de las áreas de esta línea de trabajo. Este proceso permite la eliminación del amonio de aguas residuales de diversas procedencias en condiciones anaeróbicas sin necesidad de añadir materia orgánica, lo que lo convierte en una alternativa rentable y sostenible frente a los sistemas tradicionales de tratamiento de aguas. Hemos llevado a cabo estudios a escala de laboratorio y a gran escala, utilizando distintas configuraciones como biomasa granular (CANON), flocular (DEMON) o filtros sumergidos (DENITOX).

El desarrollo de tecnologías de biomasa granular aeróbica es otra área de especial interés para nuestro grupo. Estos sistemas permiten llevar a cabo simultáneamente procesos aeróbicos y anaeróbicos en un único reactor bajo una configuración secuencial o de caudal continuo. Así, se logra la eliminación eficiente de la materia orgánica y de diferentes nutrientes como el nitrógeno bajo las mismas condiciones operacionales. A lo largo de nuestros estudios, hemos demostrando su aplicabilidad en diversos escenarios tales como la eliminación de fármacos y genes de resistencia a antibióticos en aguas residuales hospitalarias y urbanas o la desnitrificación de aguas subterráneas contaminadas con nitratos.

Los sistemas de biorreactores de membrana sumergida (MBR) es otra de las tec-

nologías estudiadas en nuestro grupo. Esta tecnología se presenta como una alternativa a los sistemas de fangos activos convencionales. Nos enfocamos en comprender la relación entre el rendimiento de esta tecnología en combinación con sistemas de biopelículas. El estudio de las comunidades microbianas en estos sistemas nos permite diagnosticar y solucionar problemas operativos, tales como el biofouling (formación de biopelículas), bulking (crecimiento excesivo de lodo) y foaming (formación de espumas biológicas).

El grupo tiene también amplia experiencia en el desarrollo de fotobiorreactores para el tratamiento de efluentes tanto urbanos como industriales (caso de aguas residuales de almazara). Estas tecnologías aprovechan la interacción simbiótica entre bacterias y microalgas para mejorar el tratamiento de aguas residuales, reduciendo no solo los costos operativos de aireación, sino también las emisiones de gases de efecto invernadero.

El desarrollo y estudio de sistemas bioelectroquímicos como las pilas de combustible microbianas (*Microbial Fuel Cells*, MFCs) constituye una de las temáticas más recientes dentro de esta línea de investigación. Estos sistemas se basan en la capacidad de los microorganismos presentes en el fango activo para degradar la materia orgánica y convertir la energía química resultante en electricidad. Se ha demostrado que factores como el tiempo de retención hidráulica y la temperatura afectan tanto a la producción de energía como a la composición y dinámica de las comunidades microbianas presentes en estos sistemas.

Micorremediación

La implementación de tecnologías de biorremediación fúngica, como parte del uso de tecnologías cultivables para la obtención de hongos de interés biotecnológico de múltiples ambientes, junto con el estudio de los mecanismos de degradación de microcontaminantes prioritarios y contaminantes emergentes, así como compuestos farmacéuticos y microplásticos en sistemas de agua y suelo, son temas de estudio de esta línea de investigación. La aplicación de herramientas moleculares como la proteómica, transcriptómica y enfoques genómicos nos permite comprender la dinámica funcional de los hongos en ecosistemas contaminados.

Interacciones microbianas

En esta línea de trabajo se ha desarrollado una herramienta informática para determinar el comportamiento social de una especie cuando se enfrenta a otras tras el crecimiento de la combinatoria completa (BSocial - <http://m4m.ugr.es/BSocial.html>). De esta forma se pueden consolidar consorcios microbianos sociales que mejoran funciones asociadas a la biodegradación/biotransformación de sustancias xenobióticas y a la biofertilización frente a las funciones realizadas individualmente. Actualmente se están desarrollando diversos proyectos de investigación sobre el interés de la aplicación de consorcios sociales y resilientes a diversas perturbaciones ambientales como biofertilizantes en la agricultura.

Biorremediación y valorización biológica de residuos

Esta línea desarrolla distintas tecnologías de valorización de residuos como alpeorujo, purines, lodos de depuradoras, etc., enfocándose también en la eliminación y/o degradación de compuestos diana como fenoles, antibióticos, fármacos y microplásticos. Entre las tecnologías desarrolladas se incluyen procesos de compostaje con estrategias de mejora tales como técnicas de bioaumento y/o el empleo de cubiertas semipermeables y la digestión anaerobia (DA). La DA no solo mejora el tratamiento de residuos orgánicos, sino que también contribuye a la sostenibilidad al reducir emisiones de gases de efecto invernadero y producir energía limpia. Comprender la dinámica de las comunidades microbianas en digestores anaerobios es esencial para la optimización de este proceso. Además, estamos planteando estudios sobre procesos fermentativos para la acumulación de ácidos orgánicos de interés industrial. Asimismo, se está investigando la obtención de compuestos bioactivos como paso previo a los procesos de valorización antes citados, definiendo procesos de biorrefinería de alto interés ambiental y económico. También se han desarrollado estudios para optimizar el enriquecimiento en bacterias acumuladoras de PHAs (precursores de los plásticos biodegradables) en cultivos mixtos alimentados con residuos de la industria conservera.

Grandes retos de la sociedad

La emergencia y diseminación de genes de resistencia a los antibióticos (ARGs) y la proliferación de bacterias resistentes a los antibióticos (ARB) son amenazas globales para la salud humana, y se prevé que las muertes debidas a infecciones por bacterias multirresistentes se multipliquen por diez en 2050 si no se toman medidas. Aunque las estaciones de tratamiento de agua residual (EDARs) son esenciales para garantizar la salud pública y la seguridad de las sociedades humanas, destacan como puntos críticos para la dispersión de ARGs y ARB. Miembros del grupo de investigación están desarrollando estudios sobre la caracterización en detalle del resistoma y del fagoma de EDARs, con especial énfasis en la identificación de bacteriófagos con potencial uso como herramientas de control frente a las bacterias multirresistentes a los antibióticos. Con ello se pretende generar una colección de fagos destinada a aplicar la fagorremediación como estrategia innovadora de control para hacer frente a la diseminación de las ARB desde las EDARs.

Publicaciones recientes seleccionadas

Ángeles de Paz G, León-Morcillo R, Stovicek A, Sagova-Mareckova M, Robledo-Mahón T, Calvo C y Aranda E. (2024). Dynamic population changes during a bioaugmented sewage sludge composting process: Improvement of pharmaceutical active compounds degradation and conversion into an organic soil amendment. *J Environ Chem Eng* 12: 112937.

Ángeles-de Paz G, Ledezma-Villanueva A, Robledo-Mahón T, Pozo C, Calvo C, Aranda E y Purswani J. (2023). Assembled mixed co-cultures for emerging pollutant removal using native microorganisms from sewage sludge. *Chemosphere*. 313:137472

Antiñolo Bermúdez L, Martínez Sánchez EM, Leyva Díaz JC, Muñio Martínez MDM, Poyatos Capilla JM y Martín Pascual J. (2023). Impacts of organic emerging contaminants (erythromycin, ibuprofen, and diclofenac) on the performance of a membrane bioreactor treating urban wastewater: a heterotrophic kinetic investigation. *Membranes* 13(8): 697.

Calvo C, Rathankumar AK, Saikia K, Rodríguez-Calvo A, González-López J, Cabana H, Aranda E, Silva-Castro A y Vaidyanathan VK. (2023). Fungal bioremediation of soils contaminated by petroleum hydrocarbons. In Samuel Jacob, B., Ramani, K., Vinoth Kumar, V. (eds) *Applied Biotechnology for Emerging Pollutants Remediation and Energy Conversion*. Springer, Singapore.

Castellano-Hinojosa A, Gallardo-Altamirano MJ, Pozo C, González-Martínez A y González-López J. (2024). Hydraulic retention time drives changes in energy production and the anodic microbiome of a microbial fuel cell (MFC). *J Water Process Eng* 59: 104966.

Correa-Galeote D, Argiz L, Val del Río A, Mosquera-Corral A, Juárez-Jiménez B, González-López J y Rodelas B. (2022). Dynamics of PHA-accumulating bacterial communities fed with lipid-rich liquid effluents from fish-canning industries. *Polymers* 14:1396

Cubero-Cardoso J, Jiménez-Páez E, Trujillo-Reyes Á, Serrano A, Urbano J, Rodríguez-Gutiérrez G, Borja R y Feroso FG. (2023). Valorization of strawberry extrudate waste: Recovery of phenolic compounds by direct-hydrothermal treatment and subsequent methane production by mesophilic semi-continuous anaerobic digestion. *J Waste Manag* 169: 310-318.

Díaz V, Maza-Márquez P, Antiñolo L, Poyatos JM, Martín-Pascual J y Muñio MDM. (2024). Effect of urban wastewater ratio in the influent of a membrane photobioreactor for microalgae cultivation and nutrient removal. *J Environ Chem Eng* 12: 112527

Gallardo-Altamirano MJ, Maza-Márquez P, Montemurro N, Pérez S, Rodelas B, Osorio F y Pozo C. (2021). Insights into the removal of pharmaceutically active compounds from sewage sludge by two-stage mesophilic anaerobic digestion. *Sci Total Environ* 789:147869.

González-Martínez A, Muñoz-Palazon B, Kruglova A, Vilpanen M, Kuokkanen A, Mikola A y Heinonen M. (2021). Performance and microbial community structure of a full-scale ANITATMMox bioreactor for treating reject water located in Finland. *Chemosphere* 271: 129526

Hkiri N, Olicón-Hernández DR, Pozo C, Chouchani C, Asses N y Aranda E. (2023). Simultaneous heavy metal-poly-

cyclic aromatic hydrocarbon removal by native Tunisian fungal species. *J Fungi* 9(3): 299.

Hurtado-Martínez M, Castellano-Hinojosa A, Strauss S.L, González-López J y González-Martínez A. (2024). Application of full-scale aerobic granular sludge technology for removing nitrate from groundwater intended for human consumption. *J Water Process Eng* 57:104601

Jiménez-Páez E, Serrano A, Purswani J, Correa-Galeote D, Cubero-Cardoso J y Feroso FG. (2023). Impact on the microbial population during biological volatile fatty acid production from olive mill solid waste. *Environ Technol Innov* 32:103409.

Muñoz-Palazón B, Rosa-Masegosa A, Vilchez-Vargas R, Link A, Gorrasi S, González-López J y González-Martínez A. (2022). Biological removal processes in aerobic granular sludge for treating synthetic hospital wastewater: Effect of temperature. *J Water Process Eng* 47:102691.

Olicón Hernández DR, Gómez-Silván C, Pozo C, Andersen GL, González-López J y Aranda E. (2019). *Penicillium oxalicum* XD-3.1 removes pharmaceutical compounds from hospital wastewater and outcompetes native bacterial and fungal community in fluidized batch bioreactors. *Int Biodeterior Biodegradation* 158:105179.

Pérez-Bou L, González-Martínez A, González-López J y Correa-Galeote D. (2024). Promising bioprocesses for the efficient removal of antibiotics and antibiotic-resistance genes from urban and hospital wastewaters: Potentialities of aerobic granular systems. *Environ Pollut* 342:123115.

Purswani J, Romero-Zaliz RC, Martín-Platero AM, Guisado IM, González-López J y Pozo C. (2017). BSocial: deciphering social behaviours within mixed microbial populations. *Front Microbiol* 8:919.

Purswani J, Guisado IM, Coello-Cabezas J, González-López J y Pozo C. (2019). Social microbial inocula confer functional stability in a methyl tert-butyl ether extractive membrane biofilm bioreactor. *Environ Pollut* 244:855-860