

Grupo de Microbiología y Tecnología Ambiental (RNM270)

Elisabet Aranda, Concepción Calvo, Alejandro González, Belén Juárez, Maximino Manzanera, Clementina Pozo, Belén Rodelas, y Jesús González



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



El grupo Microbiología y Tecnología Ambiental (RNM 270). Universidad de Granada

El Grupo de Investigación Microbiología y Tecnología Ambiental RNM270, dirigido por el profesor D. Jesús González López, ha mantenido desde sus inicios un marcado carácter multidisciplinar dentro del Área de Tecnologías del Medio Ambiente, estando formado por miembros de los Departamentos de Microbiología e Ingeniería Civil de la Universidad de Granada, la mayoría de ellos investigadores del Instituto de Investigación del Agua de esta Universidad. Así, la apuesta por la investigación y la transferencia de conocimiento a la sociedad y al tejido industrial ha posicionado al grupo como un referente internacional dentro del estudio del ciclo integral del agua, abarcando tanto aspectos microbiológicos como relativos a la gestión, calidad y tratamiento. A lo largo de los últimos años, gracias a la participación en diferentes proyectos de investigación a nivel local, nacional e internacional, así como a una extensa colaboración con diferentes grupos de investigación y empresas, el grupo ha experimentado un importante crecimiento, alcanzando en la actualidad un total de 25 investigadores de los cuales 18 son doctores.

Inicialmente, los trabajos del grupo se centraron en la caracterización de la diversidad microbiana en ambientes naturales, con especial hincapié en el área de la fijación de nitrógeno. Sin embargo, en los últimos años, los trabajos se han centrado en el estudio del agua, especialmente en el ámbito del tratamiento biológico de aguas subterráneas contaminadas con nitratos, fósforo, metales pesados u oxigenantes de gasolinas (entre otros), así como la depuración de aguas residuales urbanas, industriales o agrícolas con altos contenidos en nitrógeno, salinidad, compuestos fenólicos, o hidrocarburos. A continuación, se resumen las principales líneas de investigación desarrolladas recientemente.

MICROBIOLOGÍA DE BIORREACTORES DE MEMBRANAS SUMERGIDAS (MBR)

Los MBR, en distintas configuraciones constructivas, son una alternativa emergente al tratamiento convencional de fangos activos para la depuración del agua residual. Uno de

los principales campos de actuación del grupo es el estudio de la relación entre estructura y función de las comunidades microbianas presentes en estos sistemas, al objeto de diagnosticar y corregir problemas de funcionamiento a escala real (*biofouling*, *bulking*, *foaming* y otros). Para ello, se emplean herramientas respirométricas, metagenómicas, metatranscriptómicas y bioinformáticas, que permiten establecer modelos predictivos que interrelacionen la organización funcional de las comunidades con los parámetros operacionales (Maza-Márquez *et al.*, 2016a,b; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2018a,b).

AMBIENTES ÁRIDOS Y ANHIDROBIOSIS

El grupo cuenta con una colección de bacterias productoras de xeroprotectores, sustancias que protegen las biomoléculas esenciales de las células o incluso las células y tejidos completos de la deshidratación. El método de extracción y la composición de estas mezclas xeroprotectoras constituyen la base de

9 patentes, gracias a las cuales queda protegido también el uso de estos microorganismos anhidrobiontes para la defensa contra la sequía de cultivos de plantas como el pimiento (Vílchez *et al.*, 2016a). Entre estos xeroprotectores, hay ácidos nucleicos y moléculas que modifican el metabolismo de la planta (Vílchez *et al.*, 2018). Además, el grupo se ha convertido en un referente en ensayos de bioseguridad para determinar el grado de virulencia de los microorganismos que se vayan a liberar al medio ambiente (Vílchez *et al.*, 2016b).

SISTEMAS AVANZADOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS

El grupo ha apostado fuertemente por el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de las diferentes tecnologías autotróficas de oxidación anaeróbica del amonio (ANAMMOX), que permiten su eliminación bajo condiciones anaeróbicas sin necesidad de materia orgánica, siendo una alternativa ecológica y económica a los sistemas convencionales de tratamiento. Se han ensayado sistemas tanto en laboratorio como a escala real basados en biomasa granular (CANON), flocular (DEMON) y filtros sumergidos (DENITOX) (García-Ruiz *et al.*, 2018).

Los denominados sistemas granulares aeróbicos permiten utilizar biomasa granular para completar simultáneamente tanto los procesos aeróbicos como los anaeróbicos para la eliminación de materia orgánica y nutrientes en un único biorreactor. Actualmente, el grupo trabaja muy activamente con esta tecnología avanzada para perfeccionar su aplicabilidad a diferentes tipos de influente y bajo distintas condiciones medioambientales (González-Martínez *et al.*, 2018a).

Por otro lado, los fotobiorreactores (PBRs) son una tecnología avanzada basada en las relaciones mutualistas entre bacterias y microalgas, que permite reducir costes de aireación y emisión de gases de efecto invernadero. En el marco del proyecto europeo Algatec, se ensayó con éxito un PBR a escala real para el tratamiento de las aguas de lavado de la aceituna generadas en una almazara andaluza (Maza-Márquez *et al.*, 2017).

Finalmente, el grupo ha apostado por el uso de celdas de combustible microbianas,

que permiten acoplar la depuración del agua residual a la generación de energía eléctrica a partir de la energía química derivada de la degradación de la materia orgánica por los microorganismos del fango activo (González-Martínez *et al.*, 2018b).

BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación de suelos y aguas contaminados con compuestos xenobióticos, incluidos los hidrocarburos derivados del petróleo, constituye una de las principales líneas de investigación del grupo, contando con un amplio bagaje gracias a financiación pública y a contratos con importantes empresas como Repsol, Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH) o Hidralia. Los estudios están dirigidos fundamentalmente al aislamiento y caracterización de bacterias y hongos degradadores de compuestos xenobióticos (Aranda *et al.*, 2017;), centrando el interés en dilucidar las rutas metabólicas y enzimas implicadas en estos procesos mediante técnicas proteómicas (Camacho-Morales *et al.*, 2018), caracterizar las biopelículas formadas sobre material absorbente con elevada capacidad de degradación de hidrocarburos, y estudiar la viabilidad de aplicar técnicas de bioaumento y de bioestimulación a distintos escalados (microcosmos, planta piloto y escala industrial), con objeto de determinar indicadores válidos de los procesos de biorremediación (Rodríguez-Calvo *et al.*, 2018; Silva-Castro, 2016). Las principales técnicas empleadas son: cromatografía de gases/espectrometría de masas, microscopía electrónica de barrido, y caracterización microbiológica mediante técnicas moleculares.

Los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales suponen un residuo difícil de gestionar por el gran volumen de producción y por su peligrosidad. En esta línea, se ha estudiado la evolución de las poblaciones bacterianas, fúngicas y víricas y los procesos biológicos durante el compostaje bajo cubierta semipermeable a escala real (Robledo-Mahón *et al.*, 2018).

En los últimos años, el avance en las tecnologías analíticas ha puesto de manifiesto la presencia en aguas superficiales

y subterráneas de sustancias que no están reguladas, y cuyo efecto a largo plazo se desconoce, denominadas *contaminantes emergentes* (fármacos, microplásticos, compuestos fenólicos, compuestos fluorados, y otros). En este contexto, el grupo se ha especializado en el diseño y desarrollo de tecnologías para el tratamiento biológico de aguas subterráneas contaminadas con algunas de estas sustancias (Guisado *et al.*, 2016) así como en la degradación fúngica de otros contaminantes emergentes (Mtbaá *et al.*, 2018). El uso de técnicas moleculares y la irrupción de las nuevas técnicas de secuenciación masiva, nos ha proporcionado herramientas de gran aplicabilidad para evaluar el impacto producido por la presencia de los xenobióticos sobre las comunidades microbianas (arqueas, bacterias, hongos y virus) presentes en suelos, fangos activos de plantas de tratamiento de agua residual (Gallardo-Altamirano *et al.*, 2018), y procesos de compostaje de lodos de depuradora (Robledo-Mahón *et al.*, 2018).

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las tecnologías biológicas han adquirido una gran importancia para resolver distintos procesos de contaminación de las aguas subterráneas. Desde el año 2006, el grupo ha diseñado y estudiado el uso de diversos sistemas biológicos (biofiltros aireados sumergidos y biorreactores de membrana extractiva con desarrollo de biopelícula) para tratar aguas subterráneas contaminadas con sustancias oxigenantes de las gasolinas (éteres semivolátiles como metil-ter-butil éter, etil-ter-butil éter y tert-amil-etil éter). Además, en la actualidad se trabaja en el desarrollo de una nueva tecnología de desnitrificación basada en sistemas granulares aeróbicos (Proyecto Ecogranularwater, Life-Project) para la potabilización de aguas subterráneas contaminadas con nitratos (Muñoz-Palazón *et al.*, 2018).

REFERENCIAS

- Aranda E, Godoy P, Reina R, Badía-Fabregat M, Rosell M, Marco-Urrea E y García-Romera I. (2017). Isolation of Ascomycota fungi with capability to transform PAHs: insights into the biodegradation mechanisms of *Penicillium oxalicum*. Int Biodeter Biodegr 122:141-50.

- Camacho-Morales RL, García-Fontana C, Fernández-Irigoyen J, Santamaría E, González-López J, Manzanera M y Aranda E.** (2018). Anthracene drives sub-cellular proteome-wide alterations in the degradative system of *Penicillium oxalicum*. *Ecotox Environ Safe* 159:127-35.
- Gallardo-Altamirano JM, Maza-Márquez P, Peña-Herrera JM, Rodelas B, Osorio F y Pozo C.** (2018). Removal of anti-inflammatory/analgesic pharmaceuticals from urban wastewater in a pilot-scale A₂O system: Linking performance and microbial population dynamics to operating variables. *Sci Total Environ* 643:1481-92.
- García-Ruiz MJ, Maza-Márquez P, González-Martínez A, Campos E, González-López J y Osorio F.** (2018). Performance and bacterial community structure in three autotrophic submerged biofilters operated under different conditions. *J Chem Technol Biotechnol* 93:2429-39.
- González-Martínez A, Muñoz-Palazón B, Maza-Márquez P, Rodríguez-Sánchez A, González-López J y Vahala R.** (2018a). Performance and microbial community structure of a polar Arctic Circle aerobic granular sludge system operating at low temperature. *Bioresour Technol* 256:22-9.
- González-Martínez A, Chenguan S, Rodríguez-Sánchez A, Pozo C, González-López J y Vahala R.** (2018b). Application of microbial fuel cell technology for wastewater treatment and electricity generation under Nordic countries climate conditions: Study of performance and microbial communities. *Bioresour Technol* 270:1-10.
- Guisado IM, Purswani, J, González-López, J y Pozo C.** (2016). An extractive membrane biofilm reactor as alternative technology for the treatment of methyl tert-butyl ether contaminated water. *Biotech Progress* 33(5): 1238-1245.
- Maza-Márquez P, Vílchez-Vargas R, Boon N, González-López J, Martínez-Toledo MV y Rodelas B.** (2016a). The ratio of metabolically active versus total Mycolata populations triggers foaming in a membrane bioreactor. *Water Res* 92:208-17.
- Maza-Márquez P, Vilchez-Vargas R, Maarten-Kerkhof F, Aranda E, González-López J. y Rodelas B.** (2016b). Community structure, population dynamics and diversity of fungi in a full-scale membrane bioreactor (MBR) for urban wastewater treatment. *Water Res* 105:507-19.
- Maza-Márquez P, González-Martínez A, Rodelas B y González-López J.** (2017). Full-scale photobioreactor for biotreatment of olive washing water: Structure and diversity of the microalgae-bacteria consortium. *Bioresour Technol* 238:389-98.
- Mtíbaà R, Olicón-Hernández DR, Pozo C, Belbahri L, Nasri M, Mechichi T, González-López J y Aranda E.** (2018). Degradation of Bisphenol A by different thermo-tolerant ascomycete strains isolated from arid soils. *Ecotox Environ Safe* 156:87-96.
- Muñoz-Palazón B, Pesciaroli C, Rodríguez-Sánchez A, González-López J, González-Martínez A.** (2018). Pollutants degradation performance and microbial community structure of aerobic granular sludge systems using inoculums adapted at mild and low temperature. *Chemosphere* 204:431-41.
- Robledo-Mahón T, Aranda E, Pesciaroli C, Rodríguez-Calvo A, Silva-Castro GA, González-López J y Calvo C.** (2018). Effect of semi-permeable cover system on the bacterial diversity during sewage sludge composting. *J Environ Manage* 215:57-67.
- Rodríguez-Calvo A, Silva-Castro GA, Robledo-Mahón T, González-López J y Calvo C.** (2018). Capacity of hydrophobic carriers to form biofilm for removing hydrocarbons from polluted industrial wastewater: assay in microcosms. *Water Air Soil Poll* 229:175.
- Rodríguez-Sánchez A, Leyva-Díaz J, González-López J y Poyatos JM.** (2018a). Membrane bioreactor and hybrid moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor for the treatment of variable salinity wastewater: Influence of biomass concentration and hydraulic retention time. *Chem Eng J* 336:102-11.
- Rodríguez-Sánchez A, Leyva-Díaz J, Muñoz-Palazón B, Rivadeneyra MA, Hurtado-Martínez M, Martín-Ramos D, González-Martínez A, Poyatos JM y González-López J.** (2018b). Biofouling formation and bacterial community structure in hybrid moving bed biofilm reactor-bioreactors: Influence of salinity concentration. *Water* 10:113.
- Silva-Castro GA, Rodríguez-Calvo A, Laguna J, González-López J y Calvo C.** (2016). Autochthonous microbial responses and hydrocarbons degradation in polluted soil during biostimulating treatments under different soil moisture. *Assay in pilot plant. Int Biodete Biodegr* 108:91-8.
- Vílchez JI, García-Fontana C, Román-Naranjo D, González-López J y Manzanera M.** (2016a). Plant drought tolerance enhancement by trehalose production of desiccation-tolerant microorganisms. *Front Microbiol* 7:1577.
- Vílchez JI, Navas A, González-López J, Arcos SC y Manzanera M.** (2016b). Biosafety test for plant growth-promoting bacteria: proposed environmental and human safety index (EHS) protocol. *Front Microbiol* 6:1514.
- Vílchez JI, Niehaus K, Dowling DN, González-López J y Manzanera M.** (2018). Protection of pepper plants from drought by *Microbacterium* sp. 3J1 by modulation of the plant's glutamine and α -ketoglutarate content: a comparative metabolomics approach. *Front Microbiol* 9:284.