



**Proyecto demostrativo para el
tratamiento de agua subterránea con un
sistema innovador basado en tecnología
granular aerobia.
(LIFE16 ENV/ES/000196)**

**VII Steering Committee
10 de Octubre 2019**

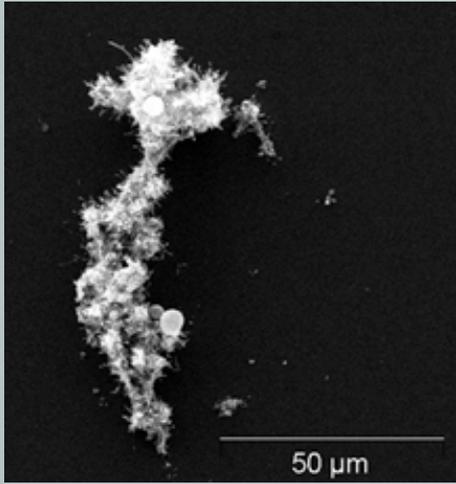
Socio coordinador:



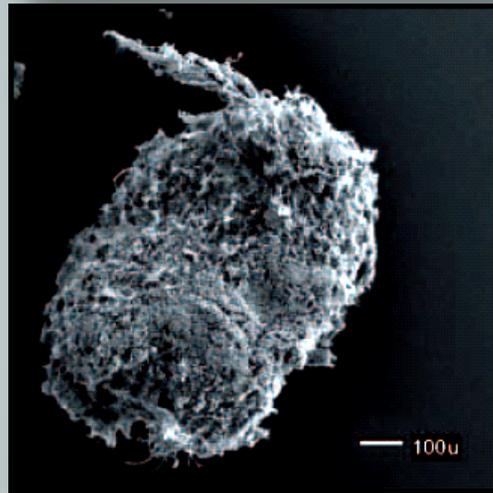
Socios beneficiarios:



sistemas de CRECIMIENTO en SUSPENSIÓN

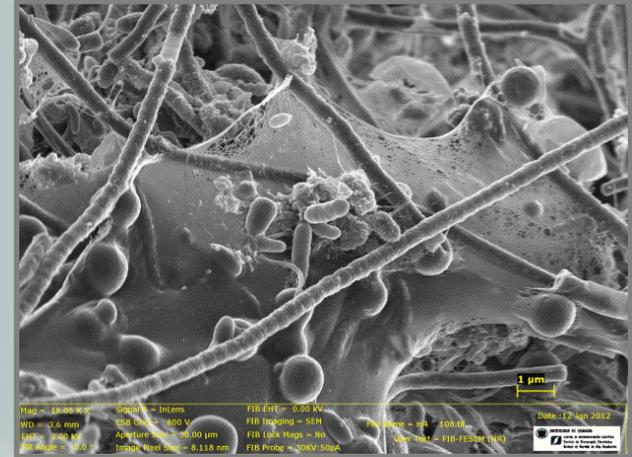


FLÓCULOS

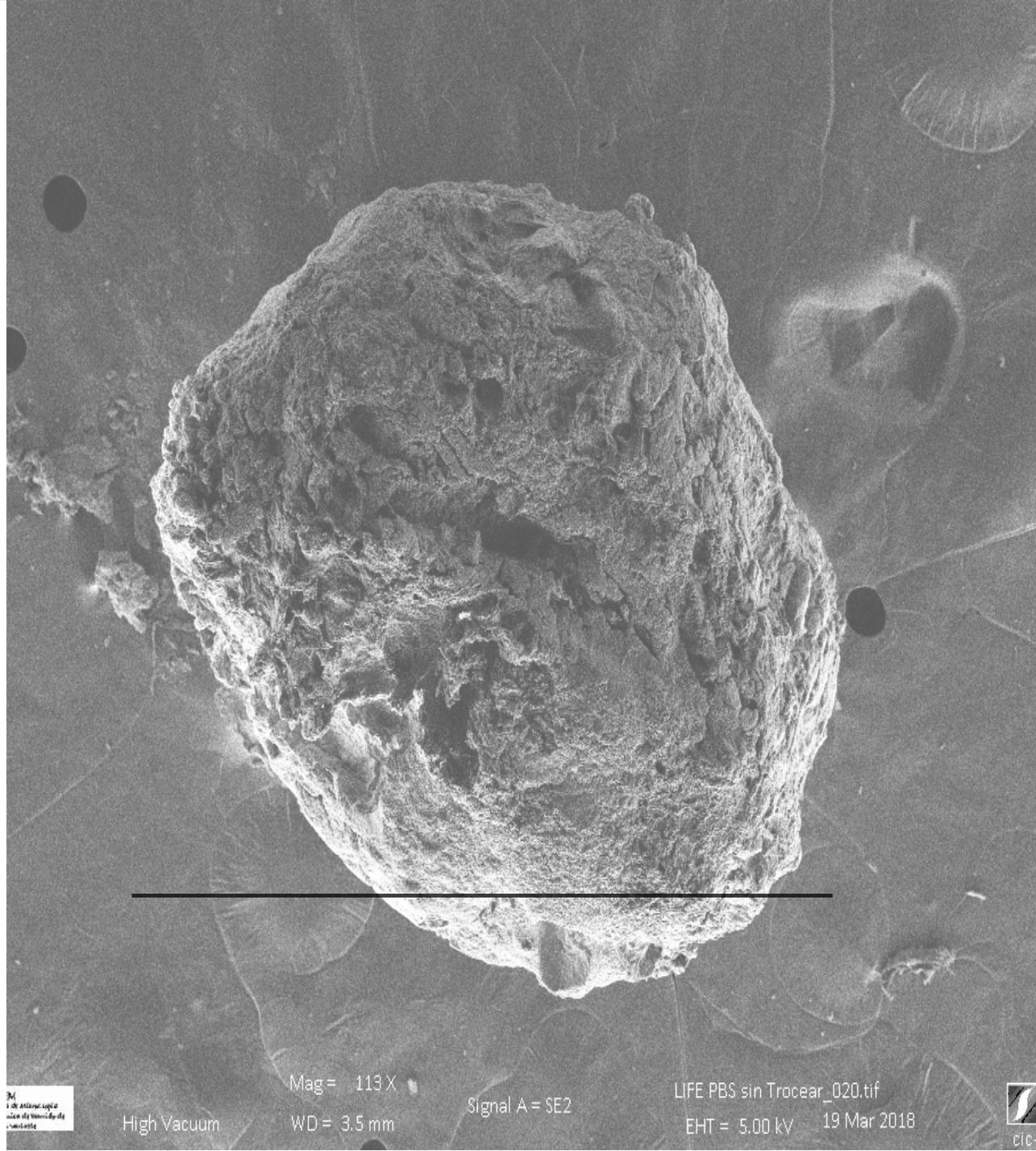
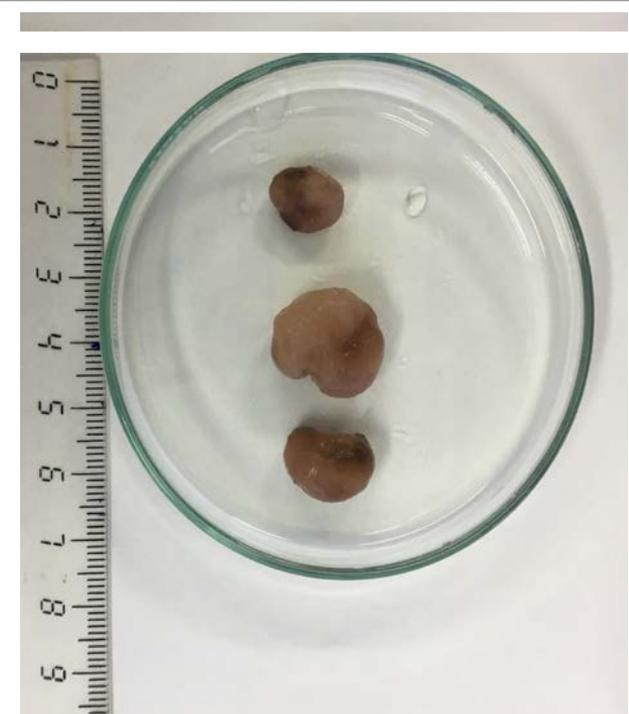


GRÁNULOS

sistemas de CRECIMIENTO ADHERIDO



BIOPELÍCULAS



M
i de Alameda
n de la Universidad de
-viente

High Vacuum

Mag = 113 X

WD = 3.5 mm

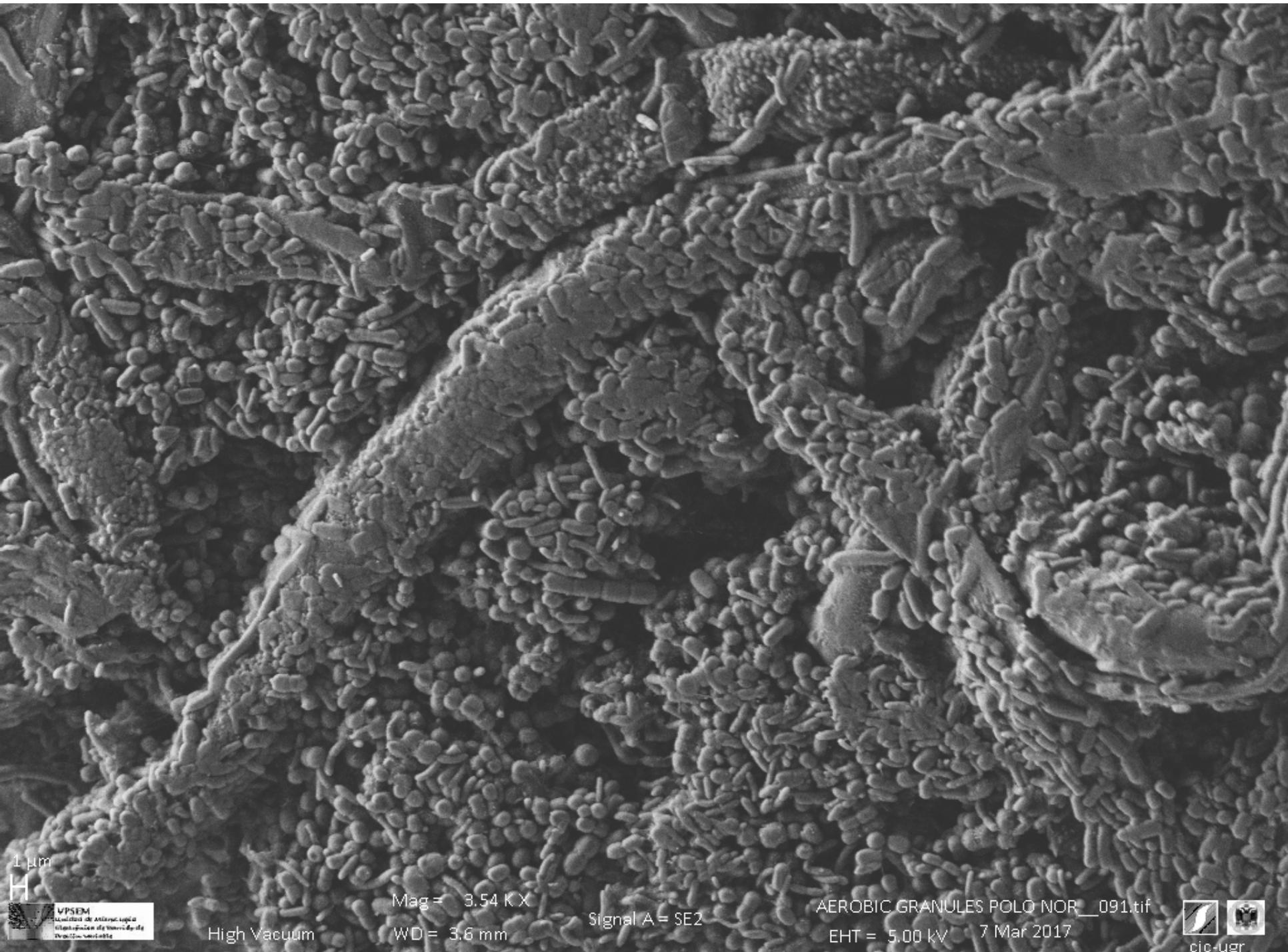
Signal A = SE2

LIFE PBS sin Trocear_020.tif

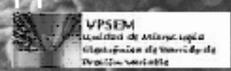
EHT = 5.00 kV 19 Mar 2018



ciencia



1 μ m
H



High Vacuum

Mag = 3.54 KX

WD = 3.6 mm

Signal A = SE2

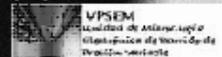
AEROBIC GRANULES POLO NOR_091.tif

EHT = 5.00 kV 7 Mar 2017





2 μ m



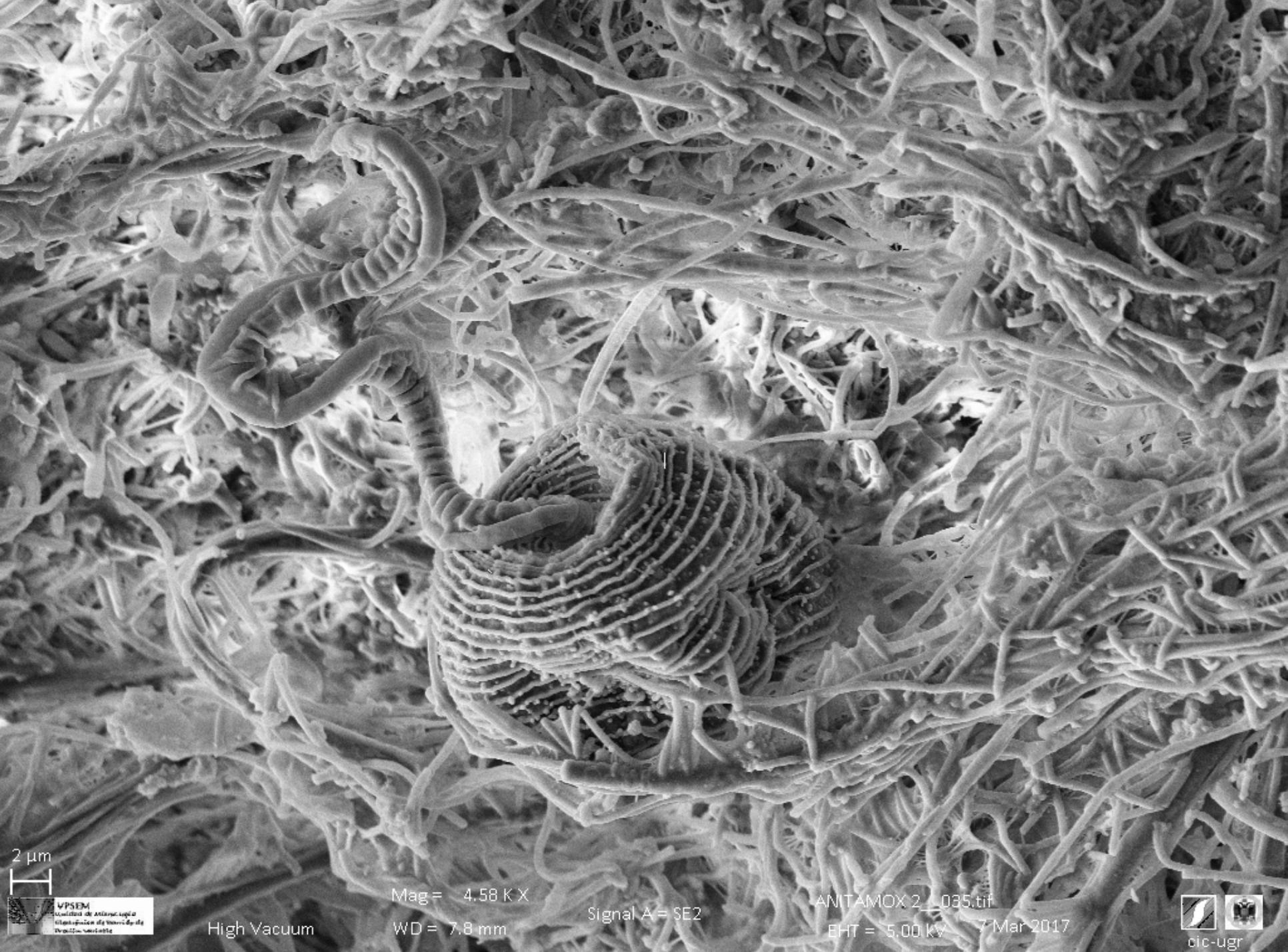
High Vacuum SEM

Signal A = SE2

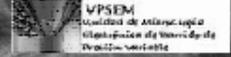
AEROBIC GRANULUS P.
EHT = 3.00 kV X10000 Mar 2011



ce-ugr



2 μ m



High Vacuum

Mag = 4.58 K X

WD = 7.8 mm

Signal A = SE2

ANITAMOX 2_035.tif

EHT = 5.00 kV

7 Mar 2017

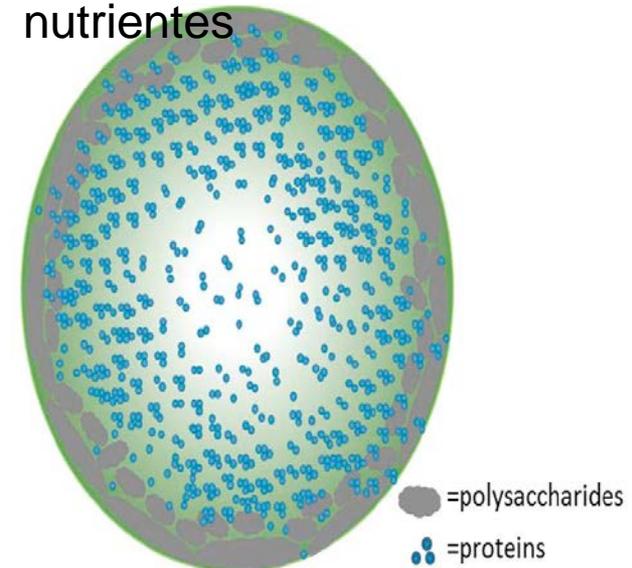


cic-ugr

Sistema de fango granular aeróbico

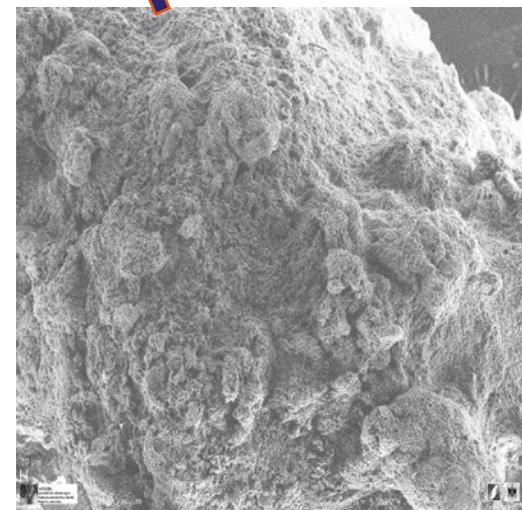
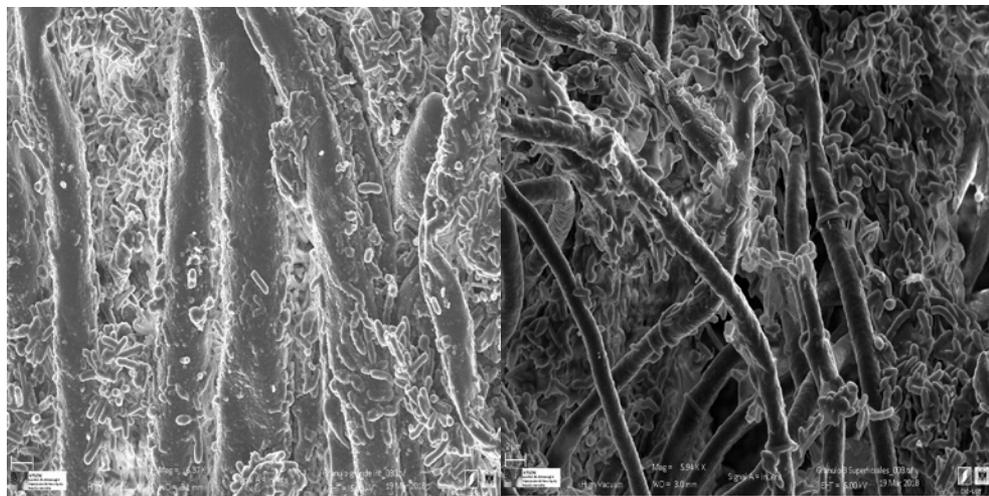
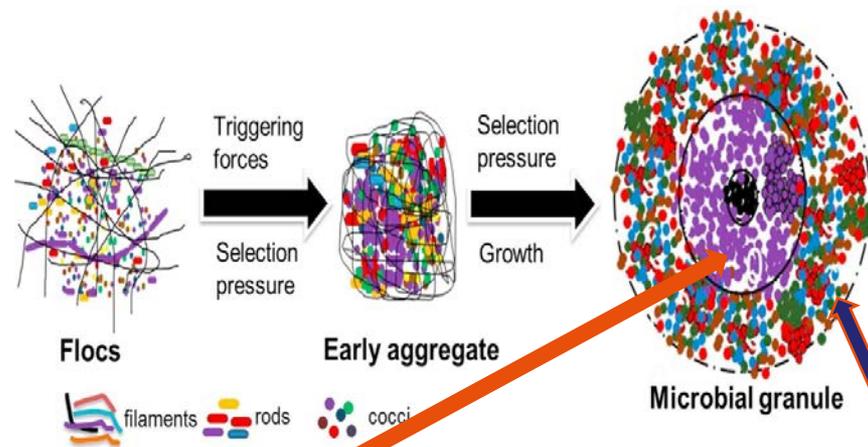


En el fango granular se produce **versatilidad de metabolismos** debido a los gradientes de oxígeno y nutrientes



The “magic-bead concept” (*dos Santos, et al 1996*)

Nancharaiah et al., 2018





Caracterización de los gránulos

Física

Velocidad de decantación ($> 25 \text{ m h}^{-1}$)

Tamaño medio ($> 200 \mu\text{m}$)

Densidad

Gravedad específica

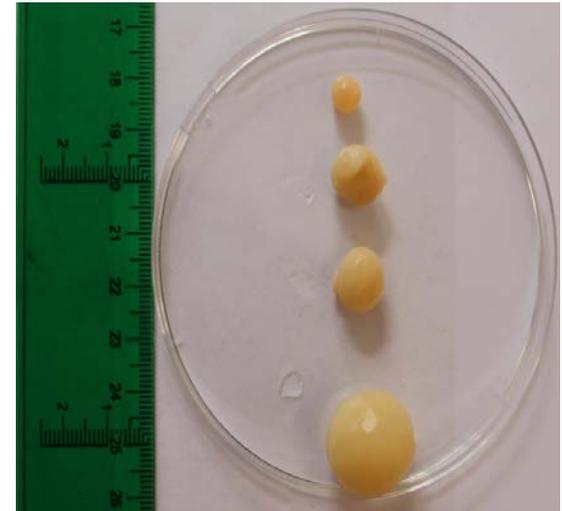
Índice volumétrico de fango ($< 5 \text{ min}$)

Estabilidad frente a fuerza de rozamiento

Química

Hidrofobicidad superficial

Sustancias poliméricas extracelulares



□ Desarrollo de una tecnología biológica para eliminar nitratos y pesticidas.

¿Qué se ha realizado?

-Selección y evaluación: Fuente de carbono



- Selección y evaluación del inóculo: cultivo puro o fango activo



- Selección del gas para la agitación hidrodinámica



-Estudio de cuantificación e identificación de la comunidad microbiana



-Estudio del efecto de los pesticidas en los rendimientos del biorreactor, comunidad microbiana y efectividad para eliminar estos compuestos de la subterránea.

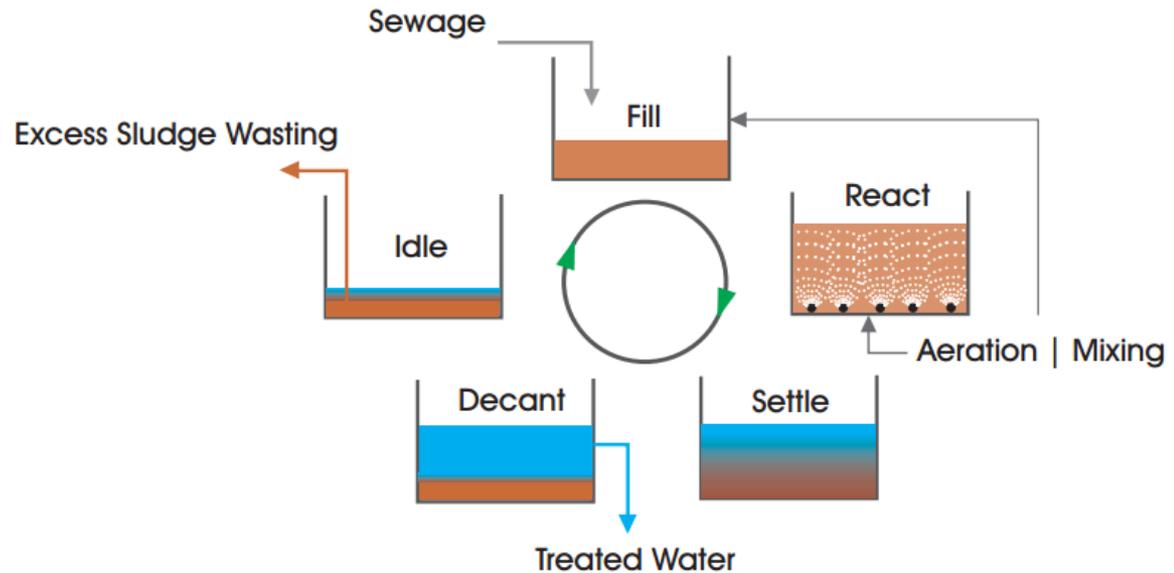


Sistema aeróbicos granulares

Esta tecnología se operan en reactores secuenciales discontinuos (SBR).

El ciclo consiste en cuatro fases:

1. Aireación
2. Decantación
3. Vaciado
4. Llenado



Desnitrificación



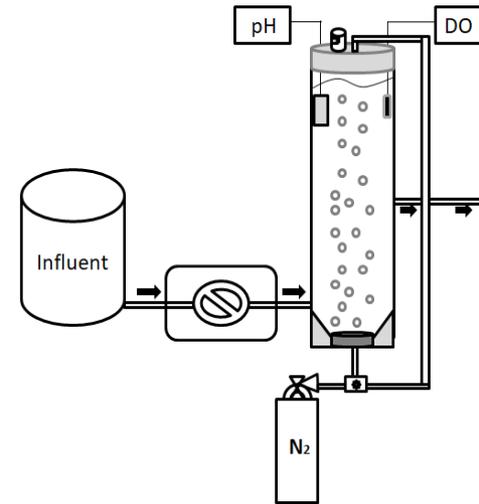
El proceso de desnitrificación ocurre en el núcleo del gránulo, en condiciones **anaeróbicas**. Este grupo de bacterias necesitan una **fuentes de carbono** para transformar el nitrato a nitrógeno molecular, el cual es un gas que no daña el medio ambiente.

Sistema aeróbicos granulares

A. Primer experimento

Diseño y condiciones operacionales

- Volumen operacional 2,5 L
- Tiempo de retención hidráulico 6 h
- Volumen de intercambio 50%
- Agitación mediante nitrógeno molecular



Composición agua influente

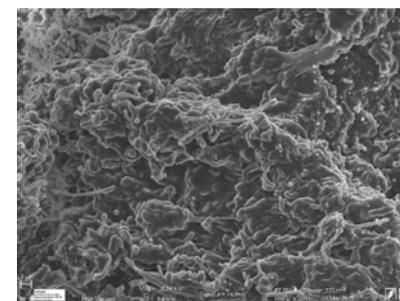
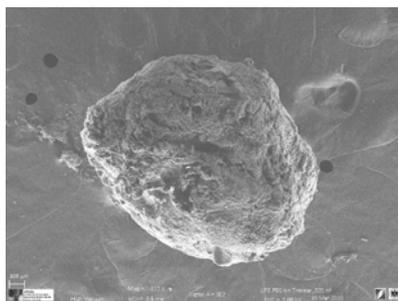
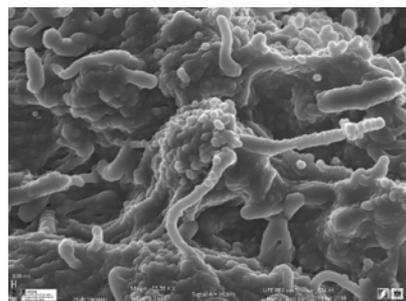
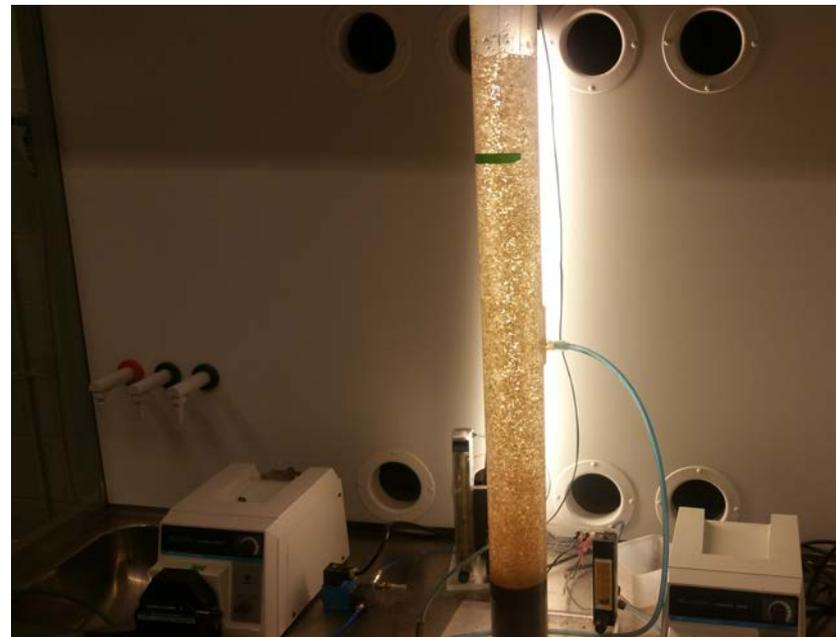
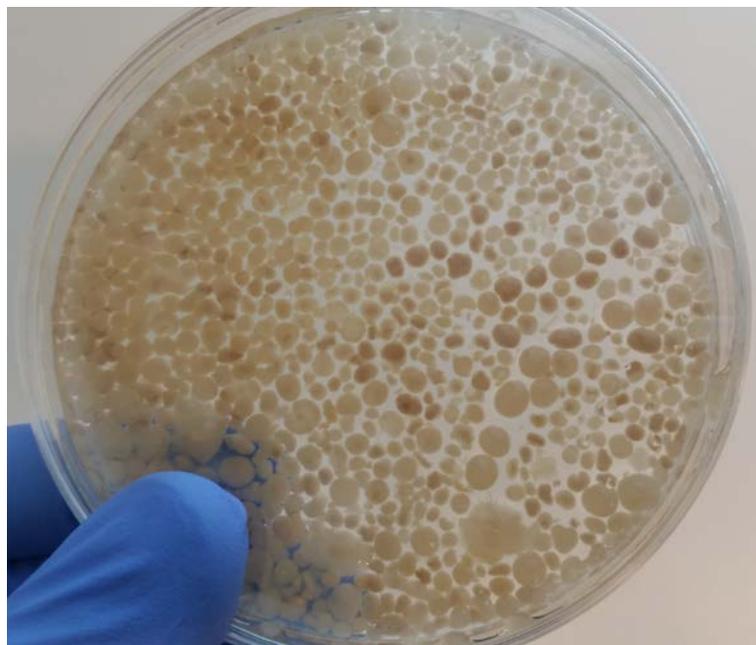
NaNO ₃	132(mg/L)
KCl	40mg/L
MgSO ₄ ·7H ₂ O	100mg/L
K ₂ HPO ₄	85mg/L
KH ₂ PO ₄	30mg/L
CH ₃ COOH	1000-200mg/L

Ciclo	Tiempo (min)
Agitación	175
Decantación	3
Vaciado	2
Llenado	5

Se testaron diferentes concentraciones de C para obtener la más eficiente economicamente

Sistema aeróbicos granulares

A. Primer experimento



Sistema aeróbicos granulares

A. Primer experimento

Estudio de comunidad microbiana

Domain	Phylum	Class	Order	Family	Genus	LIFENA1	LIFENA2	LIFENA3	LIFENA4	LIFENA5
Archaea	Thaumarchaeota	terrestrialgroup								
Archaea	Euryarchaeota	Methanobacteria	Methanobacteriales	Methanobacteria						
Archaea	Euryarchaeota	Methanococci	Methanococcales	Methanocaldococ						
Archaea	Euryarchaeota	Methanococci	Methanococcales	Methanococcales						
Archaea	Euryarchaeota	Methanobacteria	Methanobacteriales	Methanobacteriaceae	Methanosphaera					
Archaea	Thaumarchaeota	Thaumarchaeota_unclassified	Thaumarchaeota_unclassified	Thaumarchaeota_unclassified	Thaumarchaeota_unclassified					

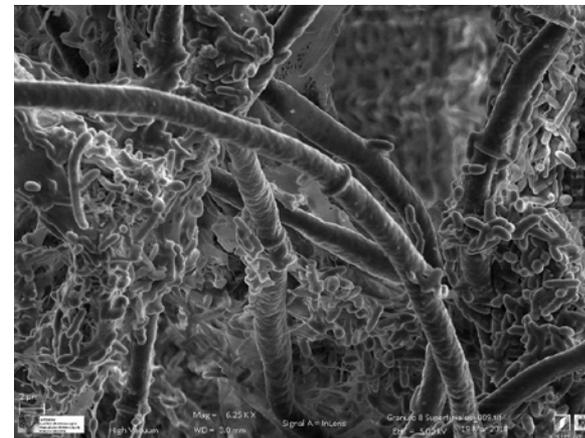
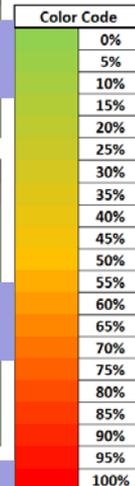
Archaea: Thaumarchaeota

Domain	Phylum	Class	Order	Family	Genus	LIFENB1	LIFENB2	LIFENB3	LIFENB4	LIFENB5
Bacteria	Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Comamonadaceae_unclassified					
Bacteria	Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Acidovorax					
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Moraxellaceae	Acinetobacter					
Bacteria	Bacteroidetes	Flavobacteria	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Flavobacterium					
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Acetivibrio					
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae						
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae						
Bacteria	Proteobacteria	Betaproteobacteria	Rhodocyclales	Rhodocyclaceae						
Bacteria	Proteobacteria	Betaproteobacteria	Betaproteobacteria_unclassified	Betaproteobacteria_unclassified	Betaproteobacteria_unclassified					
Bacteria	Proteobacteria	Betaproteobacteria	Rhodocyclales	Rhodocyclaceae	Rhodocyclaceae_unclassified					
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Pseudoxanthomonas					
Bacteria	Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Simplicispira					

Bacteria: Comamonadaceae

Domain	Phylum	Class	Order	Family
Fungi	Basidiomycota	Tremellomycetes	Trichosporonales	Trichosporonaceae

Fungi: Trichosporon

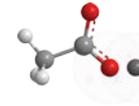


Sistema aeróbicos granulares

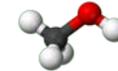
B. Segundo experimento



- ❖ Este experimento fue realizado siguiendo el ciclo secuencial discontinuo que se utilizó en Aalto University.
- ❖ El biorreactor fue inoculado con gránulos maduros, y agitado con aire.
- ❖ Se probaron dos fuentes de carbono para conocer cual era la más eficiente para que los microorganismos desnitrificantes pudieran eliminar el nitrato



Acetato sódico



Metanol

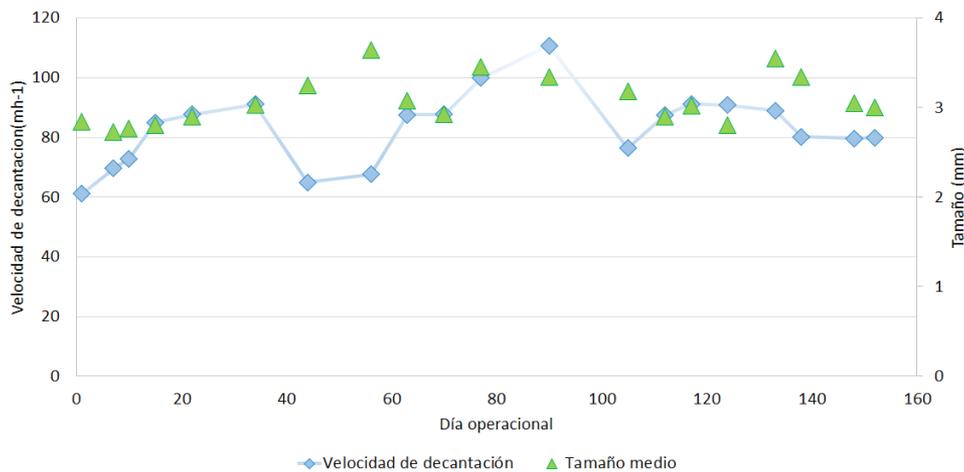


Composición agua influente

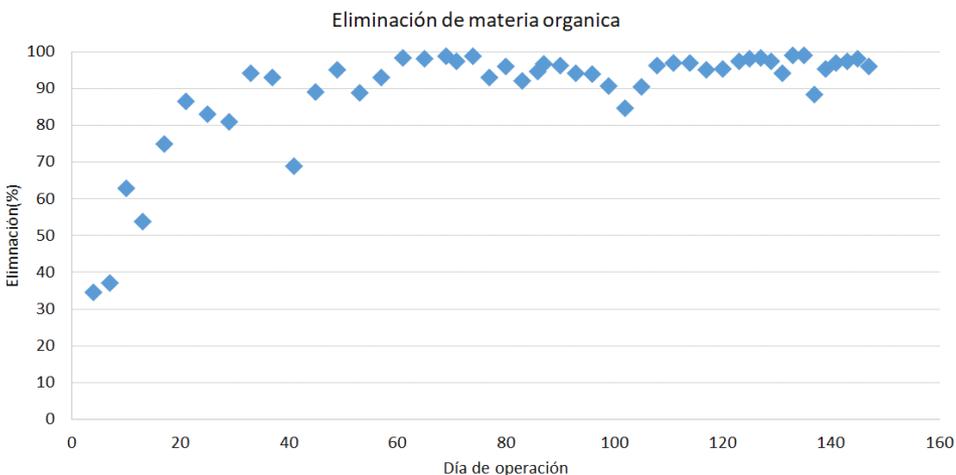
NaNO ₃	200-132(mg/L)
KCl	40mg/L
MgSO ₄ ·7H ₂ O	100mg/L
K ₂ HPO ₄	85mg/L
KH ₂ PO ₄	30mg/L
CH ₃ COOH//CH ₃ OH	900-77mg/L

Sistema aeróbicos granulares

B. Segundo experimento



La estabilidad de los gránulos se mantuvo durante toda la operación, a pesar del descenso de concentración de materia orgánica y nutrientes en el influente.



Además, prácticamente toda la materia orgánica añadida era consumida por los microorganismos del sistema.



Sistema aeróbicos granulares

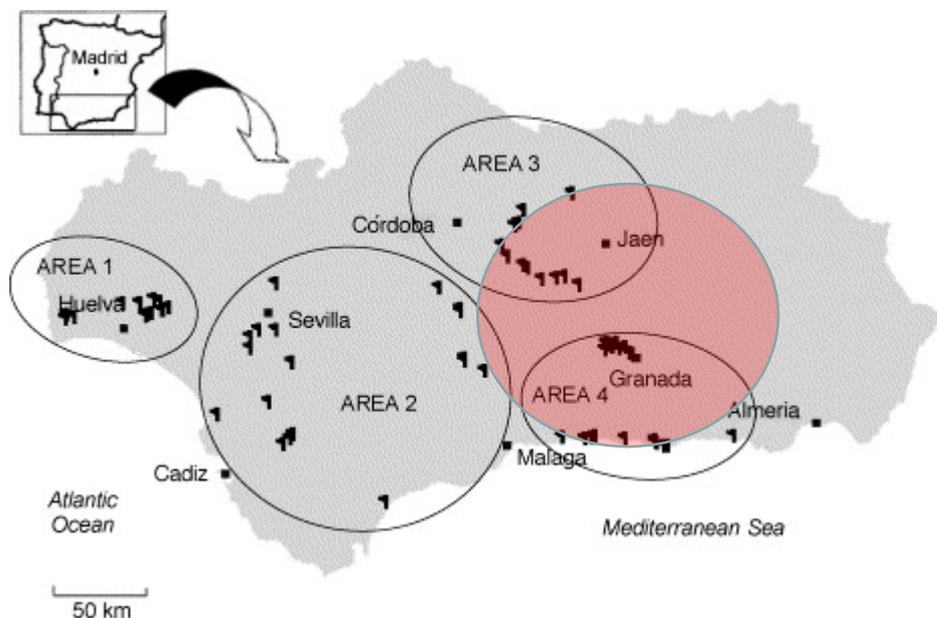
B. Segundo experimento

Metanol como fuente de carbono es más efectiva que el acetato de sodio. **La concentración de nitrato se mantuvo por debajo de los valores recomendados dentro del Marco Europeo de agua potable** en todas las etapas. La operación con metanol **no mostró presencia de nitritos**, actuando en relación **C:N 1:1**. El **metanol** supone un **menor coste** frente a otras fuentes de carbono, además de que los requerimientos son más bajos.

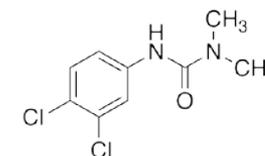
Sistema aeróbicos granulares

C. Tercer experimento

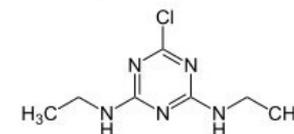
Para realizar este experimento fueron seleccionados pesticidas muy recalcitrantes que se utilizaron ampliamente en el cultivos de olivar en el área Granada-Jaén (Belmonte-Vega et al., 2005)



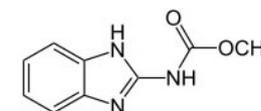
Diuron



Simazina



Carbendazima



C. Tercer experimento

Eliminación de carbendazima			
Día operacional	Concentración		
	Baja	Media	Alta
1	88,5	44,2	10,88
7	100	59,42	83,18
15	100	54,98	79,81

Eliminación de diuron			
Día operacional	Concentración		
	Baja	Media	Alta
1	22,3	62,37	18,66
7	57,9	58,77	9,16
15	67,58	82,53	19,46

Eliminación de simazina			
Día operacional	Concentración		
	Baja	Media	Alta
1	29	17,45	8,17
7	63,8	46,15	18,32
15	42,7	44,25	26,68

La eliminación de nitratos y la estabilidad de los gránulos se mantenían.

Existe una eliminación total o parcial de los pesticidas en función de la concentración contaminante

Sistema aeróbicos granulares

D. Cuarto experimento

- *Pseudomonas denitrificans*
- *Pseudomonas stutzeri*
- *Pseudomonas fluorescens* 347
- *Pseudomonas fluorescens* PSC26



Ps. denitrificans



Ps. fluorescens

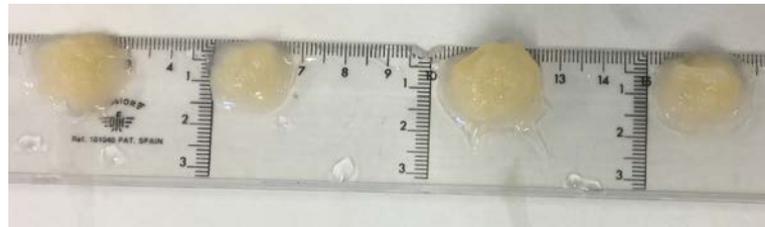
Excepto, la cepa *Pseudomonas denitrificans*, todas mostraron resultados exitosos procesos de granulación.



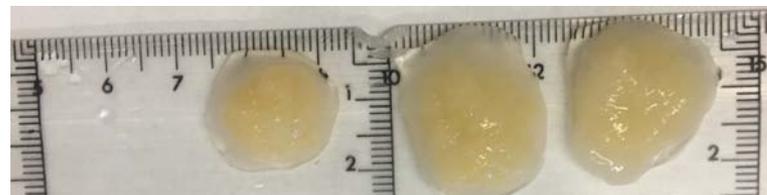
Ps. stutzeri

Sistema aeróbicos granulares

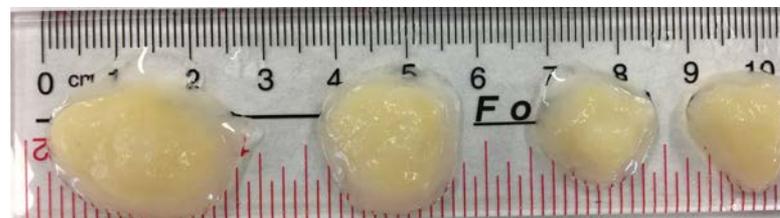
D. Cuarto experimento



Ps. fluorescens PSC26



Ps. fluorescens 347



Ps. stutzeri

CONCLUSIONES

1. Los sistemas granulares aeróbicos son eficaces en el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con nitratos.
2. La tecnología es estable y eficiente bajo distintas condiciones operacionales.
3. Las características química y biológica del agua tratada permite la obtención de agua con calidad de potable.
4. Durante el tratamiento no se produce ningún “rechazo” o residuo.

