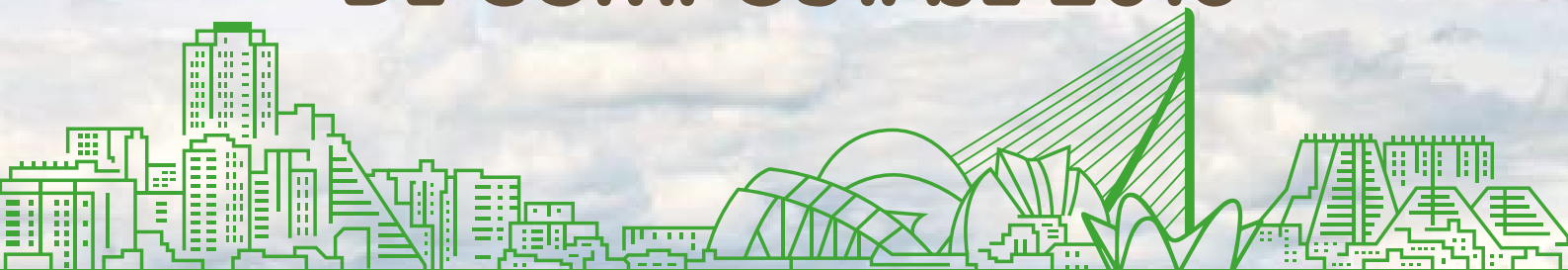


VALENCIA, 14 AL 16 NOVIEMBRE 2018



# JORNADAS RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE 2018



GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS.  
PONIENDO EN MARCHA LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA SOCIEDAD



Organiza:



global omnium

**ivia**

Instituto Valenciano  
de Investigaciones Agrarias





Gestión integral de residuos orgánicos.  
Poniendo en marcha la economía circular  
en la sociedad

**Editores:**

Remedios Albiach Vila  
Rodolfo Canet Castelló  
Tatiana Montoya Martínez  
Ana Pérez Piqueres  
Ana Quiñones Oliver  
Pedro Rojo Jarabo

**Editado por:**

Red Española de Compostaje

© 2018. Los autores  
© 2018. Red Española de Compostaje



Edita: Red Española de Compostaje  
R. Albiach Vila, R. Canet Castelló, T. Montoya Martínez, A. Pérez Piqueres, A. Quiñones Oliver, P. Rojo Jarabo (eds.)  
Gestión integral de residuos orgánicos. Poniendo en marcha la economía circular en la sociedad  
Red Española de Compostaje, 2018, 570 pp.  
ISBN: 978-84-09-09152-2

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares de Copyright.

# Índice

Prólogo .....	15
---------------	----

## Compostaje y otras transformaciones de los residuos orgánicos

CO-DIGESTIÓN DE BIOSÓLIDOS CON SUBPRODUCTOS ORGÁNICOS DE LA ACEITUNA DE MESA .....	19
--	----

José Ángel Rubio, Miguel Suffo, Enrique Toro, Fernando Estevez, José L. García-Morales

DESCENTRALIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL FOMENTO DE LA BIOECONOMÍA CIRCULAR. PROYECTO DECISIVE .....	25
---	----

Marga López, Gisela Sommer, Teresa Guerrero

IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES INICIALES EN LOS PROCESOS DE COMPOSTAJE. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SU FRACCIÓN HIDROSOLUBLE.....	31
---	----

Frutos C. Marhuenda-Egea, Daniel Dinza Tejera, Encarnación Martínez Sabater, M<sup>a</sup> Angeles Bustamante Muñoz, Raul Moral Herrero, Joaquín Moreno Casco

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE LODO DE DEPURADORA BAJO CUBIERTA SEMIPERMEABLE: RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES MICROBIOLÓGICAS Y LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS.....	37
---	----

Manuel Toledo, M<sup>a</sup> Carmen Gutierrez, José Ángel Siles, Arturo F. Chica, Concepción Calvo, M<sup>a</sup> Ángeles Martín

DESARROLLO DE UN PROCESO DE COMPOSTAJE PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN UNA GRANJA CUNÍCULA .....	43
--	----

Juan Manuel Antolín Rodríguez, Mercedes Sánchez Báscones, Mari Cruz García González, Diego Conde-Cid, María Soto-Herranz

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y LA ACTIVIDAD DE LA COMUNIDAD FÚNGICA DURANTE EL COMPOSTAJE DE ALPERUJO.....	49
--	----

Germán Tortosa, Fernando Torralbo, Paula Maza-Márquez, Elisabet Aranda, Concepción Calvo, Carmen González-Murua y Eulogio J. Bedmar

LIFE-ANADRY: EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO PRE-INDUSTRIAL DE DIGESTIÓN SECA PARA TRATAR LODOS DE EDAR URBANAS .....	55
--	----

M. Esteban-Gutiérrez, E. Aymerich, J. Garcia-Aguirre, L. Pastor, J.E. Sánchez-Ramírez, S. Doñate, C. Lardín, R. Romaguera, E. Mino

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ACTIVIDAD XILANASA EN MUESTRAS DE COMPOST OBTENIDAS A PARTIR DE DIFERENTES MATERIAS PRIMAS.....	61
---	----

María José Estrella-González; Francisca Suárez-Estrella, María José López, Juan Antonio López-González, Macarena del Mar Jurado, Joaquín Moreno

<b>VALORIZACIÓN MEDIANTE COMPOSTAJE DE LOS RESTOS VEGETALES EN EL MERCADO DE ABASTOS DE VALENCIA (MERCAVALÈNCIA) .....</b>	<b>67</b>
Vicent Blay, Josep Roselló, Ana Quiñones, Ana Pérez-Piqueres, Rodolfo Canet	
<b>RECICLADO DE LOS RESIDUOS DE MATADERO MEDIANTE SU CO-COMPOSTAJE CON PODA Y SERRÍN. UN CASO DE ESTUDIO PRÁCTICO EN EL CANTÓN GUARANDA (ECUADOR).....</b>	<b>73</b>
Irene Gavilanes-Terán, Victoria Chimbo-Orellana, Julio Idrovo-Novillo, Nancy Veloz-Mayorga, Roberto Erazo-Arrieta, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, Concepción Paredes	
<b>EFFECTOS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL PROCESO DEBIDO A MODIFICACIONES TECNOLÓGICAS Y DE PROCESO EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE MANRESA (BARCELONA)</b>	<b>79</b>
Emma Cecilia Girón Rojas, Alba Maench, Ricard Jorba, Marta Viladés, Marga López, N. Aguirre, M. Otxandiano, J.S. Arizmendiarieta, N. Irigoien	
<b>ABERE SOC COOPERATIVA: 10 ANOS DE EXPERIENCIA EN EL COMPOSTAJE <i>IN SITU</i> DE LAS DEYECCIONES GANADERAS DE LA CABANA ALAVESA .....</b>	<b>85</b>
N. Aguirre, M. Otxandiano, J.S. Arizmendiarieta, N. Irigoien	
<b>ANÁLISIS METAGENÓMICO DE LA COMUNIDAD BACTERIANA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS HORTÍCOLAS.....</b>	<b>91</b>
Anny Camelo Castillo, María José López, Francisca Suárez-Estrella, Macarena del Mar Jurado, Juan Antonio López-González y Joaquín Moreno	
<b>ANÁLISIS QUIMIOMÉTRICO Y ESPECTROSCOPIA NIR PARA EVALUAR EL IMPACTO OLOROSO DERIVADO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE DISTINTAS MATERIAS PRIMAS ....</b>	<b>97</b>
Manuel Toledo, M <sup>a</sup> Carmen Gutiérrez, Aida Gil, José Ángel Siles, Arturo Chica, M <sup>a</sup> Ángeles Martín	
<b>APROXIMACIÓN AL CONTROL DE PROCESOS DE COMPOSTAJE MEDIANTE TÉCNICAS DE BAJO COSTE.....</b>	<b>103</b>
Emma Cecilia Girón, Raúl Moral, Marga López, María Dolores Pérez-Murcia, María Ángeles Bustamante, Enrique Agulló, Encarnación Martínez-Sabater, José Antonio Sáez-Tovar	
<b>CARACTERIZACIÓN METAGENÓMICA FÚNGICA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS HORTÍCOLAS .....</b>	<b>109</b>
Anny Camelo Castillo, Francisca Suárez-Estrella, María José López, Juan Antonio López-González, Macarena del Mar Jurado, Joaquín Moreno	
<b>CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS: USO DE ANÁLISIS TÉRMICO Y ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCENCIA EN LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL PROCESO Y DEL PRODUCTO .....</b>	<b>115</b>
Encarnación Martínez-Sabater, María Dolores Pérez-Murcia, Miguel Ángel Domene, Alicia María González Céspedes, María Ángeles Bustamante, Frutos Carlos Marhuenda-Egea, Xavier Barber, David Bernardo López-Lluch, Raúl Moral	
<b>CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA CERVECERA Y DE LA INDUSTRIA PAPELERA: HILERA VS TAMBOR ROTATORIO.....</b>	<b>121</b>
Antonio Rosal, David Bueno, María V. Palenzuela, Francisco B. Sánchez, María T. Fernández, Itziar Aguirre, José L. García	
<b>CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS PROCEDENTES DE ALMAZARA EN ZONAS RURALES DEL INTERIOR DE LA PROVINCIA DE ALICANTE: PILOTO AGROCOMPOSTAJE EN MILLENA.....</b>	<b>127</b>
Borja Sánchez-García, María Ángeles Bustamante, María Pilar Gomis, María del Valle Palenzuela, Concepción Paredes, María Dolores Pérez-Murcia, Josep Roselló, Raúl Moral	

<b>CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS VEGETALES Y ESTIÉRCOL. EFECTO DEL SISTEMA DE AIREACIÓN Y DEL TIPO DE ESTIÉRCOL EN LA EVOLUCIÓN DEL PROCESO Y EN LA CALIDAD DE LOS COMPOST OBTENIDOS.....</b>	<b>133</b>
Victor Hugo Valverde, Cristian Ernesto Basantes, Irene Gavilanes-Terán, Julio Idrovo-Novillo, M <sup>a</sup> Angeles Bustamante, Concepción Paredes	
<b>COMPOSTAJE DE ESTIERCOL DE OVEJA Y GALLINAZA CON RESTOS DE PODA DE VID ...</b>	<b>139</b>
Aurelia Pérez-Espinosa, Luis Navarron, M <sup>a</sup> Dolores Pérez-Murcia, Enrique Agulló, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, Concepción Paredes, Raúl Moral	
<b>DESARROLLO DE SINERGIAS TERRITORIALES PARA LA GESTIÓN DE MATERIA ORGÁNICA RESIDUAL AGRÍCOLA Y URBANA: PILOTO AGROCOMPOSTAJE EN VILLENNA (ALICANTE) .....</b>	<b>145</b>
Francisco Borja Sánchez-García, M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, María del Valle Palenzuela, Raúl Moral, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, M <sup>a</sup> Dolores Pérez-Murcia, María Teresa Cháfer	
<b>DESARROLLO DE UN COMPOST ORIENTADO A LA AGRICULTURA ECOLÓGICA BIODINÁMICA CON RASPÓN DE VID Y ESTIÉRCOL DE OVEJA: PILOTO AGROCOMPOSTAJE EN NOVELDA (ALICANTE) .....</b>	<b>151</b>
Francisco Borja Sánchez-García, M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, María del Valle Palenzuela, Alfons Domínguez, Raúl Moral, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, M <sup>a</sup> Dolores Pérez-Murcia	
<b>EFECTO DE VARIOS PRETRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA CON LODO DE AGUAS RESIDUALES.....</b>	<b>157</b>
Rosario Solera, Diego Sales, María Luisa Muñoz, Montserrat Pérez	
<b>EFECTOS CONTAMINANTES DE BALSAS DE ALPECHIN: IMPACTO SOBRE LA BIOTA.....</b>	<b>163</b>
Ana Siles-Castellano, María J López, Francisca Suárez-Estrella, Macarena M Jurado, Juan López-González, Joaquín Moreno	
<b>ENSAYOS DE BIODEGRADABILIDAD METANOGÉNICA (BMP) DE CO-DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE LODOS Y DE LODOS PRETRATADOS .....</b>	<b>169</b>
Rosario Solera, María Luisa Muñoz, Diego Sales, Montserrat Pérez	
<b>ENSAYOS DE DIFERENTES MODELOS DE VALORIZACIÓN MEDIANTE COMPOSTAJE DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS EN EL MUNICIPIO DE BELLÚS (VALENCIA).....</b>	<b>173</b>
M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, Francisco Borja Sánchez-García, M <sup>a</sup> Angeles Bustamante, María Dolores Pérez-Murcia, Raúl Moral	
<b>ENSAYOS PARA LA OPTIMIZACION DEL COMPOSTAJE DE PODAS DE GRANADO (<i>PÚNICA GRANATUM</i>) EN UN ENTORNO DE ACREDITACIÓN GLOBAL GAP®: PILOTO AGROCOMPOSTAJE SANT JOAN (ALICANTE).....</b>	<b>179</b>
Francisco Borja Sánchez-García, Daniel Ten M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, María del Valle Palenzuela, Josep Roselló, Ana García-Randez, Raúl Moral, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, M <sup>a</sup> Dolores Pérez-Murcia	
<b>ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN PARA LA GESTIÓN MEDIANTE COMPOSTAJE DE RESIDUOS VEGETALES DE DIFERENTE ORIGEN.....</b>	<b>185</b>
Francisco J. Guilbert, María Ángeles Bustamante, María Dolores Pérez-Murcia, María Pilar Gomis, Javier Andreu, Raúl Moral	
<b>ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE COMPOSTAJE PARA EL RECICLADO CONJUNTO DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS, GANADEROS Y URBANOS.....</b>	<b>191</b>
Francisco Borja Sánchez-García, Lorena Guixot, M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, María del Valle Palenzuela, María Dolores Pérez-Murcia, Raúl Moral	

<b>ESTUDIO DE DIFERENTES MEZCLAS DE CO-COMPOSTAJE DE LODOS AGROINDUSTRIALES, CON RESIDUOS AGRÍCOLAS Y AGROALIMENTARIOS.....</b>	<b>197</b>
M <sup>a</sup> Dolores Pérez-Murcia, Miguel Ángel Domene, Alicia González-Céspedes, Francisco Borja Sanchez-García, M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suarez, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, Raúl Moral	
<b>EVALUACIÓN DE LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEIS) EN EL CO-COMPOSTAJE DE LODOS AGROINDUSTRIALES (EDARI) Y PODA DE JARDINERÍA URBANA .....</b>	<b>203</b>
José Antonio Sáez, Alberto Vico, Guillermo Pardo, María Dolores Pérez-Murcia, María Ángeles Bustamante, Agustín del Prado, Raúl Moral	
<b>EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD AMILASA DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE A PARTIR DE DIFERENTES MATERIAS PRIMAS .....</b>	<b>209</b>
Juan Antonio López-González, Francisca Suárez-Estrella, María José López, Macarena del Mar Jurado, María José Estrella-González, Joaquín Moreno	
<b>FRACCIONAMIENTO ISOTÓPICO DE NITRÓGENO DURANTE EL COMPOSTAJE DE LODOS DE EDAR/EDARI JUNTO CON RESTOS VEGETALES.....</b>	<b>215</b>
José Antonio Sáez Tovar, Pilar Flores, María Dolores Pérez-Murcia, Alberto Vico, María Ángeles Bustamante, Raúl Moral	
<b>CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS DOMICILIARIOS EN EL MUNICIPIO DE CARRÍCOLA (VALENCIA) .....</b>	<b>221</b>
M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, Francisco Borja Sánchez-García, María del Valle Palenzuela, Concepción Paredes, María Ángeles Bustamante, María Dolores Pérez-Murcia, Raúl Moral	
<b>GESTIÓN DE ALPERUJOS MEDIANTE AGROCOMPOSTAJE EN LA COMARCA DEL MAESTRAT (CASTELLÓN) .....</b>	<b>227</b>
Ana García-Rández, Rodolfo Canet, Josep Roselló, Francisco Borja Sánchez-García, M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, M <sup>a</sup> Dolores Pérez-Murcia, Raúl Moral	
<b>GESTIÓN INTEGRAL DE LAS DEYECCIONES CANINAS: COMPOSTAJE VS DIGESTIÓN ANAEROBIA.....</b>	<b>233</b>
Mercedes García-Muñoz, Pedro Bonete, Manuel Rodríguez, Francisco Borja Sánchez-García, Encarnación Martínez-Sabater, María Dolores Pérez-Murcia, María Ángeles Bustamante, David Bernardo López-Lluch, Raúl Moral	
<b>GESTIÓN SOSTENIBLE DE LAS PODAS AGRÍCOLAS Y URBANAS DEL MUNICIPIO DE HONDÓN DE LAS NIEVES (ALICANTE) MEDIANTE COMPOSTAJE ORIENTADO A LA AGRICULTURA ECOLÓGICA .....</b>	<b>239</b>
M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, Víctor González, José Antonio Rico, Francisco Borja Sanchez-García, Ana García-Randez, Aurelia Pérez-Espinosa, Javier Andreu, Raúl Moral, María Dolores Pérez-Murcia	
<b>HIGIENIZACIÓN EN SISTEMAS CERRADOS ESTÁTICOS DE BIORREACTORES TUBULARES FLEXIBLES CON AIREACIÓN FORZADA.....</b>	<b>245</b>
Germán Tortosa, Jaime Morales, Ignacio González Seiru-lo, Sebastián Trinidad y Eulogio J. Bedmar	
<b>INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA DURANTE EL COMPOSTAJE Y LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL.....</b>	<b>251</b>
Lorena Zajara, Jesús Gil, Juan Ignacio Gutiérrez, Fermín Núñez, Elena Ordiales	
<b>INTEGRACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN UNA BIORREFINERÍA.....</b>	<b>257</b>
María J López, Francisca Suárez-Estrella, Macarena M Jurado, Juan López-González, Joaquín Moreno	



<b>MEJORA DE LA OBTENCIÓN DE BIOENERGÍA A PARTIR DE LODOS DE DEPURADORA MEDIANTE CO-DIGESTIÓN CON UN SUSTRATO AGROINDUSTRIAL.....</b>	<b>261</b>
Montserrat Pérez, María Luisa Muñoz, Diego Sales, Rosario Solera	
<b>MODELIZACIÓN DE LA HIDRÓLISIS DE SUSTRATOS LENTAMENTE BIODEGRADABLES.....</b>	<b>267</b>
José Ángel Rubio, Francisco J. Fernandez-Morales, Luis I. Romero, José L. García-Morales	
<b>MODELO DE AUTOGESTIÓN DE LOS BIORRESIDUOS EN ALLARIZ (GALICIA).....</b>	<b>273</b>
Salustiano Mato, David Alves, Iria Villar	
<b>NUEVA TECNOLOGÍA DE COMPOSTAJE PARA RESIDUOS AGROALIMENTARIOS .....</b>	<b>279</b>
Lorena Zajara, Sebastián Trinidad, Jesús Gil, Juan Ignacio Gutiérrez, Elena Ordiales	
<b>OPTIMIZACIÓN DE LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE LODOS MEDIANTE CODIGESTIÓN CON UN SUSTRATO AGROINDUSTRIAL.....</b>	<b>285</b>
Montserrat Pérez, María Luisa Muñoz, Diego Sales, Rosario Solera	
<b>PERSPECTIVAS FUTURAS DEL USO DE MICROALGAS EN LA OBTENCIÓN DE COMPOST A LA CARTA .....</b>	<b>291</b>
Francisca Suárez-Estrella, M <sup>a</sup> José López, Macarena M. Jurado, Juan A. López-González, Joaquín Moreno	
<b>POTENCIAL APLICACIÓN DE CIANOBACTERIAS PARA LA ECO-HIGIENIZACIÓN DE COMPOST ELABORADO CON RESTOS VEGETALES .....</b>	<b>297</b>
Ana Toribio Gallardo, Francisca Suárez-Estrella, M <sup>a</sup> José López, Macarena M. Jurado, Juan A. López-González, Joaquín Moreno	
<b>PRODUCCIÓN DE HIDROCOMPOST EN EL MARCO DE UNA BIORREFINERÍA.....</b>	<b>303</b>
Joaquín Moreno, María J López, Macarena M Jurado, Juan López-González, Francisca Suárez-Estrella	
<b>PROYECTO PILOTO DE BIOECONOMÍA CIRCULAR DE RESIDUOS ORGÁNICOS A ESCALA LOCAL CON DIMENSIÓN SOCIAL Y FORMATIVA .....</b>	<b>309</b>
I. Irigoien, J. S. Arizmendiarieta, J. Muro, A. Oreja, E. Ayape, J. Cia, R. Plana	
<b>REDUCCIÓN DEL FLUJO DE RESIDUOS DOMICILIARIOS CON DESTINO A TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE AYORA (VALENCIA): GESTIÓN MEDIANTE UN MODELO DE COMPOSTAJE LOCAL.....</b>	<b>315</b>
M <sup>a</sup> Teresa Fernández-Suárez, Mikel Vela, Francisco Borja Sanchez-García, Aurelia Pérez Espinosa, María Ángeles Bustamante, Javier Andreu, José Antonio Sáez, Raúl Moral, María Dolores Pérez Murcia	
<b>REPERCUSIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL AGENTE ESTRUCTURANTE EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DURANTE EL COMPOSTAJE .....</b>	<b>321</b>
María Pilar Bernal, Selda Yiğit Hunce, Rafael Clemente	
<b>REVALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE SUBPRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS.....</b>	<b>327</b>
María Cruz García-González, Berta Riaño, Beatriz Molinuevo Salces, David Hernández González	
<b>VERMICOMPOSTAJE DE ESTIERCOL DE CABRAS ALIMENTADAS CON DIETAS QUE INCLUYEN DESTRIOS DE MANGO .....</b>	<b>333</b>
Rogelio Nogales, Celia Cifuentes, Julia Fernández-Yepes, Eduarda Molina-Alcaide	
<b>VERMIREMEDIACIÓN DE BIOMEZCLAS AGOTADAS POR SU USO EN SISTEMAS BIOBED DE ELIMINACIÓN DE PLAGUICIDAS .....</b>	<b>339</b>
Esperanza Romero, Laura Delgado, Rogelio Nogales	

## Usos de los residuos orgánicos

<b>EVALUACIÓN DEL EFECTO AGRONÓMICO Y SUPRESOR DE TÉ DE COMPOST DE RESIDUOS DE JARDINERÍA EN CAMPOS DE CULTIVO DE PATATA.....</b>	<b>347</b>
M.A. Gómez-Sánchez, J.J. López-Martín, R. Morales-Corts, R. Pérez-Sánchez	
<b>VALORIZACIÓN DE COMPOST DE LODOS DE EDAR EN UN CULTIVO DE VIÑA .....</b>	<b>353</b>
M <sup>a</sup> Remedios Albiach, Pedro Rojo, Vicente Fajardo, Gloria Fayos, Tatiana Montoya	
<b>MICROBIOTA RIZOSFÉRICA EN CULTIVO SIN SUELO DE MELÓN SOBRE SUSTRATOS ORGÁNICOS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TÉ DE VERMICOMPOST Y BIOESTIMULANTES MICROBIANOS.....</b>	<b>359</b>
Pedro A Mejía, María J López, Francisca Suárez-Estrella, María del Carmen Salas, Juan López-González, Macarena M Jurado, Joaquín Moreno	
<b>DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AMONIACO DE PURINES DE CERDO MEDIANTE EVAPORACIÓN AL VACÍO.....</b>	<b>365</b>
Roberto Estéfano, Àngel Cuadras, Xavier Flotats	
<b>EFFECTOS DEL TIPO DE ENMIENDA ORGÁNICA Y DEL INÓCULO MICROBIANO EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PETRÓLEO .....</b>	<b>371</b>
Julio Idrovo-Novillo, Irene Gavilanes-Terán, Nancy Veloz-Mayorga, Roberto Erazo-Arrieta, Shirley Jara-Erazo, Verónica Bravo-Basantes, Concepción Paredes	
<b>INOCULANTES MICROBIANOS PARA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON ALPECHÍN.....</b>	<b>377</b>
María R Martínez-Gallardo, María J López, Juan López-González, Macarena M Jurado, Francisca Suárez-Estrella, Joaquín Moreno	
<b>EFFECTO BIOESTIMULANTE DE MICROALGAS Y CIANOBACTERIAS EDÁFICAS SOBRE EL DESARROLLO VEGETAL .....</b>	<b>383</b>
Rajaa Kholssi, Evan A.N. Marks, Jorge Miñón, Alexandra Casado, Olimpio Montero, Gonzalo Sacristán, Abderrahmane Debdoubi, Carlos Rad	
<b>PRODUCCIÓN DE AROMA DE FRUTA Y ROSA A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR .....</b>	<b>389</b>
Oscar Mauricio Martínez, Antoni Sánchez, Raquel Barrena, Xavier Font	
<b>OBTENCIÓN DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS A PARTIR DE MATERIAL BIOESTABILIZADO....</b>	<b>395</b>
Marina Fernández-Delgado, Cristina Benito, Mónica Coca, Gerardo González-Benito, M <sup>a</sup> Teresa García-Cubero, Susana Lucas	
<b>CALIDAD AGRONÓMICA DE UN COMPOST DE HOJAS DE COCA DECOMISADA AL NARCOTRÁFICO Y RESIDUOS BOVINOS.....</b>	<b>401</b>
Humberto Sainz, Emma Apaza, Francisco Mamani, Rogelio Nogales	
<b>CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL SUSTRATO POST-CULTIVO DE <i>PLEUROTUS</i> SPP GENERADO EN MÉXICO.....</b>	<b>407</b>
Odón Montes, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, Concepción Paredes	
<b>EFFECTO DE VERMICOMPOST DE ALPERUJO SOBRE LA DIVERSIDAD FUNCIONAL DE LA COMUNIDAD BACTERIANA RIZOSFÉRICA.....</b>	<b>413</b>
Emilio Benítez, Rogelio Nogales, Emanuela Galli, Beatriz Moreno	

<b>EFFECTO DEL COMPOST DE LODO CON RESTOS DE PODA EN LA CALIDAD FITOQUÍMICA DE LA LECHUGA.....</b>	<b>419</b>
C. Mancho, M. Gil-Díaz, J. Alonso, M.C. Lobo	
<b>EFFECTO, A CORTO PLAZO, DEL TIPO DE MATERIA ORGÁNICA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN UN ENARENADO Y LA PRODUCCIÓN EN UN CULTIVO DE TOMATE EN INVERNADERO .....</b>	<b>425</b>
I. Carricondo, J.L. Ruiz, M.C. Salas	
<b>EFFECTO POTENCIADOR DE CRECIMIENTO Y SUPRESIVO DE PLANTULAS DE MELÓN CRECIDAS EN COMPOST DE PODA DE VID ENRIQUECIDO: TRAZABILIDAD DESDE SEMILLERO HASTA CAMPO .....</b>	<b>431</b>
Jose Antonio Pascual, Maria Hurtado, Margarita Ros	
<b>ESPECIACIÓN DE METALES PESADOS EN UN SUELO DE HUERTO URBANO MODERADAMENTE CONTAMINADO INCUBADO CON BIOCHAR Y COMPOST .....</b>	<b>437</b>
Violeta Navarro, Salma Meddeb, Habib Ben Hassine, Dhouha Tangour, Hamouda Aichi, M <sup>a</sup> Elena Fernández-Boy, José M <sup>a</sup> Álvarez, José M <sup>a</sup> de la Rosa, Rafael López	
<b>ESTUDIO DE LA FIJACIÓN DE C EDÁFICO Y EMISIONES GEI EN CULTIVO INTENSIVO DE ENELDO (ANETHUM GRAVEOLENS) MANEJADO CON BIOFERTILIZANTES AVANZADOS ...</b>	<b>443</b>
Alberto Vico, José Antonio Sáez, Raúl Castejón, María Dolores Pérez-Murcia, Juan Martínez-Tomé, Javier Andreu, Enrique Agulló, Encarnación Martínez-Sabater, María Ángeles Bustamante, Alberto Sanz-Cobeña, Raul Moral	
<b>ESTUDIOS DE DIFERENTES SISTEMAS SUELO-ENMIENDA-MULCHING Y SU EFECTO EN LA EVAPORACIÓN DEL AGUA .....</b>	<b>449</b>
Mariano Pelegrín, Xavier Barber, Javier Andréu-Rodríguez, Enrique Agulló, M <sup>a</sup> Dolores Pérez-Murcia, Encarnación Martínez-Sabater, Alberto Vico, M <sup>a</sup> Ángeles Bustamante, Raul Moral	
<b>EVOLUCIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE MEZCLAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS SEGÚN EL TIEMPO DE USO EN CULTIVO .....</b>	<b>455</b>
Francisco Urrutia Contreras, José Luis Ruiz, María del Carmen Salas Sanjuán	
<b>INFLUENCIA DE DIFERENTES ESCENARIOS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE NUTRIENTES Y ACTIVIDADES DE VALOR AÑADIDO EN ESPINACA (<i>SPINACIA OLERACIA</i>) ....</b>	<b>461</b>
Alberto Vico, José Antonio Sáez, María Dolores Pérez-Murcia, Mariano Pelegrín, Encarnación Martínez-Sabater, Juan Martínez-Tomé, Javier Andreu, Enrique Agulló, María Ángeles Bustamante, Raúl Moral	
<b>PREDICCIÓN DE LA ACUMULACIÓN METÁLICA MEDIANTE TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS EN SUELOS ENMENDADOS CON COMPOST DE LODOS EDAR.....</b>	<b>467</b>
Daniel Pérez-Alonso, Susana Peña, Milagros Navarro, Carlos Rad, Alvar Arnaiz-González, José Francisco Díez-Pastor	
<b>PROPIEDADES HIDRÁULICAS EN SUELOS CONTAMINADOS ENMENDADOS COMO FACTOR LIMITANTE DEL ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS ENERGÉTICOS .....</b>	<b>473</b>
Paula Madejón, María T. Domínguez, Elena Fernández-Boy, Patricia Paneque, Ignacio Girón, Engracia Madejón	
<b>RECUPERACIÓN DEL AMONÍACO PRESENTE EN LA ATMÓSFERA MEDIANTE DIFERENTES MEMBRANAS PERMEABLES A GASES.....</b>	<b>479</b>
Mercedes Sánchez-Báscones, María Soto-Herranz, Diego Conde-Cid, Juan Manuel Antolín-Rodríguez	

<b>RESPUESTA DE MĀNUKA (LEPTOSPERMUM SCOPARIUM) A LA DIFERENTE DISTRIBUCIÓN DE BIOSÓLIDOS EN EL SUELO .....</b>	<b>485</b>
Engracia Madejón, María Jesús Gutiérrez-Ginés, Nicholas Letho, Brett Robinson	
<b>SUSTITUCIÓN PARCIAL DE UN SUSTRATO COMERCIAL POR MATERIALES ORGÁNICOS AVANZADOS COMO MEDIOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE ADELFA.....</b>	<b>491</b>
María Pilar Gomis, María Ángeles Bustamante, José Antonio Sáez, Concepción Paredes, Alberto Vico, María Dolores Pérez-Murcia	
<b>USO DE BIOCHARS DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON ELEMENTOS TRAZA .....</b>	<b>497</b>
Paloma Campos, Rafael López, M. Elena Fernández-Boy, Heike Knicker, José M. De la Rosa	
<b>USO DE COMPOST DE FRACCIÓN SÓLIDA DE PURÍN DE CERDO PARA LA FITO/BIO-DEGRADACIÓN DE FLUÍDO TERMOTRANSPORTADOR .....</b>	<b>503</b>
Rafael Clemente, Elena Arco-Lázaro, M. José Álvarez-Robles, Ana Alcoceba, Isabel Bertol, Silvia Real, M. Pilar Bernal	
<b>USO DE COMPOST EN HORTICULTURA URBANA: COMPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO Y TAMAÑO DE CONTENEDOR .....</b>	<b>509</b>
Amaia García-Tabar, Joseba S. Arizmendiarieta, Ramón Plana González-Sierra, Itziar Domeño, Julio Muro e Ignacio Irigoyen	
<b>USO DE DIFERENTES MATERIALES ORGÁNICOS ESTABILIZADOS COMO INGREDIENTES DE MEDIOS TRANSICIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES UTILIZADAS EN REFORESTACIÓN .....</b>	<b>515</b>
María Pilar Gomis, María Dolores Pérez-Murcia, Aurelia Pérez-Espinosa, Enrique Agulló, Javier Andreu, María Ángeles Bustamante	
<b>UTILIZACIÓN DE LODOS COMPOSTADOS PARA LA REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS CON <i>LIGUSTRUM VULGARE</i> .....</b>	<b>521</b>
M. Gil-Díaz, E. Nieto, A. Gutiérrez, J. Alonso, M.C. Lobo	
<b>UTILIZACIÓN DE COMPOST DE LODOS DE EDAR EN LA FERTILIZACIÓN DE ALMENDROS EN UNA ZONA DE SECANO DE LA CUENCA MEDITERRÁNEA.....</b>	<b>527</b>
M <sup>a</sup> Remedios Albiach, Pedro Rojo, Vicente Fajardo, Gloria Fayos, Tatiana Montoya, Fernando Pomares, Ana Pérez-Piqueres, Rodolfo Canet	
<b>HORTGANIC. USO EFICIENTE DE DISTINTAS FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA EN AGRICULTURA MEDITERRÁNEA .....</b>	<b>533</b>
Ana Quiñones, Ana Pérez-Piqueres, Isabel Rodríguez-Carretero, José Miguel de Paz, Rodolfo Canet	

## Metodología

<b>USO DE BIOENSAYOS PARA LA VALORIZACIÓN DE LA CALIDAD AGRONÓMICA DE DIGESTATOS PROCEDENTES DE CODIGESTIÓN DE LODOS DE EDAR.....</b>	<b>541</b>
Sergio Lloret, Pedro Rojo, Vicente Fajardo, Gloria Fayos, Ignacio García, Cesar Cañigal, Víctor Roca, José María Santos	

<b>INFLUENCIA DEL CAUDAL DE RECIRCULACIÓN DE LA SOLUCIÓN ÁCIDA EN LA CAPTURA DE NH<sub>3</sub> MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS PERMEABLES A LOS GASES .....</b>	<b>547</b>
María Cruz García-González, Berta Riaño, Beatriz Molinuevo Salces, David Hernández González	
<b>EVALUACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DE COMPOST DE ALPEORUJO EN RELACIÓN AL GRADO DE HUMIFICACIÓN, BIODEGRADABILIDAD E ÍNDICES DE GERMINACIÓN .....</b>	<b>553</b>
Macarena del Mar Jurado, Francisca Suárez-Estrella, María José López, Juan Antonio López-González, Joaquín Moreno	
<b>AUTOEVALUACIÓN <i>LOW-COST</i> DEL COMPOST DE BIORRESIDUOS MEDIANTE “ENSAYOS DE BALCÓN” .....</b>	<b>559</b>
Amaia Garcia-Tabar, Joseba S. Arizmendiarieta, Itziar Domeño, Miguel Iriarte, Ignacio Irigoyen y Julio Muro	
<b>TÉS DE BIOMEZCLAS AGOTADAS COMO TÉCNICA DE BIOAUMENTACIÓN PARA ACELERAR LA ELIMINACIÓN DE PLAGUICIDAS EN SISTEMAS <i>BIOBEDS</i> .....</b>	<b>565</b>
Laura Delgado Moreno, Rogelio Nogales, Esperanza Romero	

# INFLUENCIA DEL CAUDAL DE RECIRCULACIÓN DE LA SOLUCIÓN ÁCIDA EN LA CAPTURA DE NH<sub>3</sub> MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS PERMEABLES A LOS GASES

María Cruz García-González, Berta Riaño, Beatriz Molinuevo Salces, David Hernández González

*Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Ctra. de Burgos, km 119, 47071 Valladolid, riarabe@itacyl.es*

**RESUMEN:** La mayor fuente de emisiones de NH<sub>3</sub> en Europa es el sector agropecuario, contribuyendo con el 93% del total. Una de las estrategias para reducir las pérdidas de NH<sub>3</sub> en este sector se centra en la captura y el tratamiento de las emisiones. En este estudio se ha trabajado con la tecnología de membranas permeables a los gases para capturar el NH<sub>3</sub>, dentro del proyecto Life Ammonia Trapping. La membrana tiene forma tubular y se sumerge en una corriente líquida con alto contenido en NH<sub>3</sub>. Por su interior discurre una solución ácida, de manera que el NH<sub>3</sub> que se encuentra en la corriente líquida que está en forma gaseosa puede atravesar la membrana y combinarse con la solución ácida del interior formando sulfato de amonio, que es un fertilizante. Entre los objetivos del proyecto Life Ammonia Trapping está el diseño, construcción y optimización de un prototipo a escala de granja para capturar NH<sub>3</sub> de dos corrientes líquidas (purín y digestato). Para optimizar los parámetros de funcionamiento de dicho prototipo se han realizado diversos ensayos en laboratorio, siendo el caudal de recirculación del ácido dentro de la membrana uno de los parámetros determinantes en la captura del NH<sub>3</sub>. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del caudal de recirculación de la solución ácida en la captura de NH<sub>3</sub> en una corriente líquida con alta concentración de NH<sub>3</sub>. El caudal óptimo es 40 L d<sup>-1</sup>, a partir de este caudal el incremento de la eficacia de recuperación es muy bajo.

**PALABRAS CLAVE:** Emisiones amoniaco, residuos ganaderos, recuperación de nitrógeno, membranas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de estrategias de recuperación de nitrógeno a partir de residuos ganaderos se fundamenta, no sólo en la reducción de la emisión de gases, sino también en el valor agronómico y económico del nitrógeno recuperado. En este estudio se ha trabajado con membranas tubulares de politetrafluoroetileno expandido (e-PTFE). Estas membranas son permeables a los gases e hidrófobas. En esta tecnología, las membranas se sumergen en el agua residual y por el interior de las mismas circula una solución ácida, habitualmente ácido sulfúrico (Vanotti y Szogi, 2011). Debido a la diferencia de concentración de NH<sub>3</sub> gas entre ambos lados de la membrana, el NH<sub>3</sub> contenido en el agua residual, pasa a través de la membrana y es capturado y concentrado en la solución ácida. Una vez en la solución ácida, el NH<sub>3</sub> se combina con los protones libres para formar iones de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), no volátiles, formándose una sal fertilizante (sulfato amónico en este caso). La eficiencia de las membranas permeables a los gases está directamente relacionada con el NH<sub>3</sub> presente en el agua residual, donde las formas presentes de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), el NH<sub>3</sub> y el NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, están en equilibrio (Ahn y col., 2011; Samani-Majd y Mukhtar, 2013a). Este equilibrio depende del pH y de la temperatura del agua residual. Como ventajas con respecto a otras tecnologías de recuperación de nitrógeno de aguas residuales se pueden mencionar las siguientes: 1) no se necesita realizar ningún pretratamiento; 2) no se necesita la adición de ningún reactivo y 3) su bajo consumo energético (García-González y col., 2015; Zarebska y col., 2015).

Estudios previos han evaluado el efecto de la concentración amoniacal inicial o el control del pH en la recuperación de amoniaco (García-González y col., 2015; García-González y Vanotti, 2015). Sin embargo, la influencia de otros parámetros, como es el caudal de recirculación de la solución ácida, ha sido escasamente abordada (Samani-Majd y Mukhtar, 2013b). El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del caudal de la recirculación de la solución ácida sobre la recuperación de  $\text{NH}_3$  mediante membranas permeables a los gases usando una solución sintética rica en  $\text{N-NH}_3$  y operando en modo semi-continuo. Para ello se emplearon dos tipos de membranas con distintas densidades ( $0,45$  y  $0,95 \text{ g cm}^{-3}$ ).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Montaje experimental

El montaje experimental consistió en dos reactores idénticos (R1 y R2) con un volumen total efectivo de  $0,6 \text{ L}$  (diámetro de  $20 \text{ cm}$  y altura de  $3 \text{ cm}$ ) (Figura 1). Para simular agua residual, se empleó una solución sintética de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ( $3,3 \pm 0,1 \text{ gN-NH}_3 \text{ L}^{-1}$ ) y  $\text{NaHCO}_3$  que aportó  $14,9 \pm 0,6 \text{ g CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$  de alcalinidad. Asimismo, se añadió un inhibidor de nitrificación (alitiourea) en una concentración de  $10 \text{ mg L}^{-1}$ . El pH de la solución sintética fue de  $8,1 \pm 0,2$ . Para concentrar el  $\text{N-NH}_3$  se usaron frascos de  $500 \text{ mL}$  que contenían inicialmente  $90 \text{ mL}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $1 \text{ N}$ . Esta solución ácida se recirculó continuamente usando una bomba peristáltica (Pumpdrive 5001, Heidolph, EEUU) a través de una membrana tubular permeable a los gases. El caudal de recirculación de la solución ácida a través de la membrana tubular se fue variando entre  $12, 22, 40, 56$  y  $79 \text{ L d}^{-1}$  en cinco experimentos diferentes. La membrana tubular era de e-PTFE (ZEUS, EEUU) con una longitud de  $61 \text{ cm}$ , un diámetro externo de  $5,2 \text{ mm}$  y un grosor de la pared de  $0,64 \text{ mm}$ . En R1, la membrana tenía una densidad de  $0,95 \text{ g cm}^{-3}$  mientras que en R2 era de  $0,45 \text{ g cm}^{-3}$ . La relación superficie de membrana por volumen de solución sintética fue de  $0,017 \text{ m}^2 \text{ L}^{-1}$ . La membrana tubular se colocó en una configuración horizontal y sujeta por conectores plásticos para asegurar que la membrana estuviera completamente sumergida durante todo el experimento. Para mantener el pH de la solución sintética elevado, y asegurar así la formación de amoniaco, se aportó aire usando una bomba de acuario (Hailea, Aco-2201) desde la base del reactor a través de una piedra porosa. El caudal de aire se controló mediante un rotámetro (Aalborg, Orangeburg, NY, EEUU). El caudal de aire ( $0,24 \text{ L aire L}^{-1}$  de solución sintética  $\text{min}^{-1}$ ) fue seleccionado de acuerdo con trabajos previos (García-González y col, 2015). La tapa de los reactores no se selló, teniendo un puerto abierto que permitía la salida de aire. Todos los experimentos se llevaron a cabo a temperatura ambiente ( $22,1 \pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

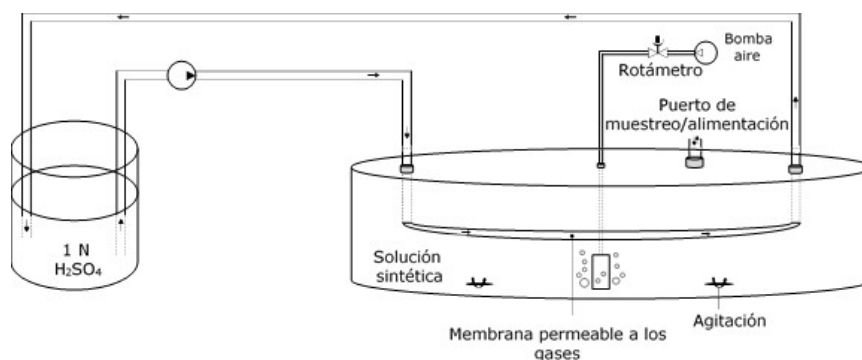


Figura 1. Montaje experimental.

Los reactores se alimentaron de forma idéntica una vez al día. El volumen de los reactores se comprobó diariamente, compensándose la pérdida de agua. Antes de la alimentación, se sacó de los reactores un volumen igual al alimentado (efluente), con objeto de mantener un volumen constante en los reactores. Cada experimento duró 21 d, y la carga amoniacal diaria fue de  $664 \pm 29 \text{ mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (correspondiente a  $39,6 \pm 1,7 \text{ g N-NH}_3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ).

El pH y el N-NH<sub>3</sub> de la alimentación y de los efluentes se determinó diariamente. Al mismo tiempo, se tomaron muestras diarias de las soluciones ácidas para el análisis de pH y de N-NH<sub>3</sub>. A medida que el amoníaco pasa de la solución sintética a la solución ácida, el pH de la solución ácida aumenta. Por esta razón se estableció un protocolo: cuando el pH de la solución ácida aumentaba por encima de 2 se añadió H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96-98% (Panreac) a la solución ácida hasta un pH < 1.

## 2.2. Métodos analíticos

El pH fue analizado usando un pH-metro Crison Basic 20 (Crison Instruments S.A., Barcelona, España). La concentración de N-NH<sub>3</sub> se determinó siguiendo el Método Normalizado APHA (2005).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Eliminación de N-NH<sub>3</sub> de la solución sintética

La concentración inicial de N-NH<sub>3</sub> de la solución sintética fue de  $3320 \pm 145 \text{ mg L}^{-1}$ . Esta concentración disminuyó a valores promedios que fueron desde 299 a  $437 \text{ mg L}^{-1}$  en R1 y desde 211 a  $471 \text{ mg L}^{-1}$  en R2 (Tabla 1). La eliminación de N-NH<sub>3</sub>, debida tanto a la recuperación de N-NH<sub>3</sub> como a la volatilización, se situó entre 87-91% y entre 86-94% para R1 y R2, respectivamente. No se observó correlación entre la masa total de N-NH<sub>3</sub> eliminada en los reactores durante el tiempo de experimentación y el caudal de recirculación de la solución ácida, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 1.** N-NH<sub>3</sub> en los efluentes y eficacias de eliminación de N-NH<sub>3</sub> para R1 y R2 para los diferentes caudales de recirculación.

Caudal de recirculación (L d <sup>-1</sup> )	R1		R2	
	N-NH <sub>3</sub> en el efluente (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Eliminación de N-NH <sub>3</sub> (%) <sup>2</sup>	N-NH <sub>3</sub> en el efluente (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Eliminación de N-NH <sub>3</sub> (%) <sup>2</sup>
12	437 ± 178	87 ± 5	471 ± 136	86 ± 4
22	430 ± 123	87 ± 4	331 ± 157	90 ± 5
40	299 ± 101	91 ± 3	237 ± 150	93 ± 4
56	324 ± 141	90 ± 4	211 ± 124	94 ± 3
79	431 ± 164	87 ± 5	304 ± 94	91 ± 3

<sup>1</sup>La concentración promedio de N-NH<sub>3</sub> fue calculada como la concentración promedio de los efluentes obtenidos desde los días 6 al 21.



<sup>2</sup> La eficacia de eliminación de  $\text{N-NH}_3$  fue calculada como:  $100 \times (\text{N-NH}_{3\text{in}} - \text{N-NH}_{3\text{eff}}) / \text{N-NH}_{3\text{in}}$ , donde  $\text{N-NH}_{3\text{in}}$  es la concentración de  $\text{N-NH}_3$  en la alimentación y  $\text{N-NH}_{3\text{eff}}$  es la concentración de  $\text{N-NH}_3$  en el efluente para cada día experimental.

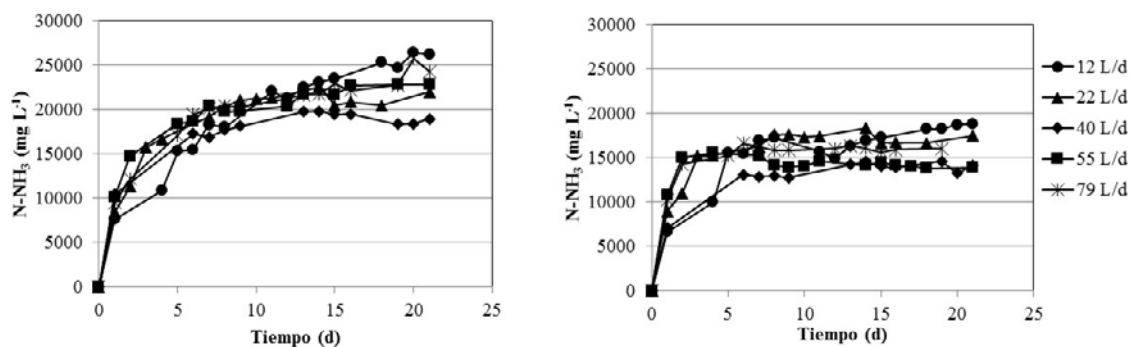
**Tabla 2.** Masa total de  $\text{N-NH}_3$  eliminado de los reactores para todo el periodo experimental y eficiencia de recuperación de  $\text{N-NH}_3$  para R1 y R2 para los diferentes caudales de recirculación.

Caudal de recirculación (L d <sup>-1</sup> )	R1		R2	
	Masa total de $\text{N-NH}_3$ T eliminado (g)	Eficiencia de recuperación de $\text{N-NH}_3$ (%) <sup>1</sup>	Masa total de $\text{N-NH}_3$ eliminado (g)	Eficiencia de recuperación de $\text{N-NH}_3$ (%) <sup>1</sup>
12	8153	78,5	8413	75,2
22	8470	80,9	8748	85,1
40	8626	81,5	8508	85,7
56	8305	86,8	8645	89,2
79	8176	89,0	8182	87,6

<sup>1</sup> La eficiencia de recuperación de  $\text{N-NH}_3$  fue calculada como el  $\text{N-NH}_3$  recuperado en la solución ácida dividido entre el  $\text{N-NH}_3$  eliminado de la solución sintética y multiplicado por 100.

### 3.2. Recuperación de $\text{N-NH}_3$ en la solución ácida

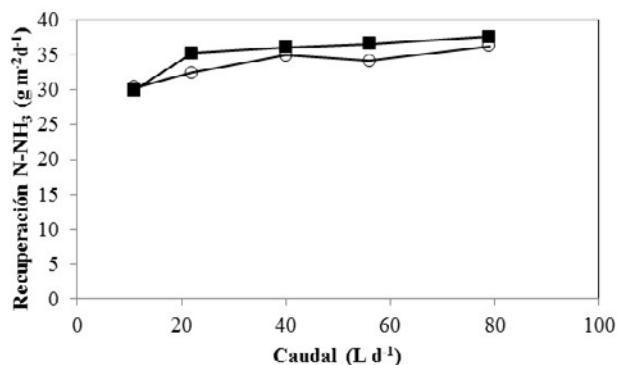
La concentración de  $\text{N-NH}_3$  en la solución ácida aumentó progresivamente hasta alcanzar valores finales de 18994-26233 mg L<sup>-1</sup> en R1 y de 13899-18777 mg L<sup>-1</sup> en R2 para los distintos caudales de recirculación (Figura 2). Estas diferencias entre los reactores fueron debidas a la mayor recuperación de agua (destilación osmótica) en R2 comparado con R1 para todos los caudales de recirculación evaluados, lo que resultó en la dilución de la solución ácida de R2.



**Figura 2.**  $\text{N-NH}_3$  en la solución ácida para los reactores R1 (A) y R2 (B) para todos los caudales de recirculación evaluados.

La velocidad de recuperación de  $\text{N-NH}_3$ , expresada como los gramos de  $\text{N-NH}_3$  recuperados por m<sup>2</sup> de membrana y por día, aumentó un 15 y un 20%, respectivamente, para R1 y R2 al aumentar el caudal de recirculación desde 12 hasta 40 L d<sup>-1</sup> (Figura 3). Sin embargo, a partir de

dicho caudal, las diferencias en la velocidad de recuperación de N-NH<sub>3</sub> fueron muy bajas, con porcentajes próximos al 4% si se compara la velocidad a 40 L d<sup>-1</sup> y a 79 L d<sup>-1</sup> tanto para R1 como para R2. Por otro lado, la eficiencia de recuperación de N-NH<sub>3</sub>, expresado como el porcentaje de N-NH<sub>3</sub> recuperado con respecto al N-NH<sub>3</sub> eliminado, aumentó a medida que se incrementó el caudal de recirculación (Tabla 2). Así, para caudales de recirculación altos, las pérdidas de amoníaco a la atmósfera serán menores, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la eficiencia del sistema de membrana permeable a los gases.



**Figura 3.** Velocidad de recuperación de N-NH<sub>3</sub> para todos los caudales estudiados (R1 y R2 )

#### 4. CONCLUSIONES

Un incremento en el caudal de recirculación de la solución ácida desde 12 hasta 40 L d<sup>-1</sup> implica un aumento de la velocidad de recuperación de N-NH<sub>3</sub> del 15-20%. Sin embargo, a partir de un caudal de recirculación de 40 L d<sup>-1</sup> el incremento de la velocidad de recuperación fue muy bajo. Por lo tanto, la operación a mayores caudales de recirculación implicaría un mayor consumo eléctrico sin el consiguiente incremento de la capacidad de recuperación de amonio. La densidad de la membrana no parece influir de manera significativa en la recuperación de N-NH<sub>3</sub>.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Ahn Y.T., Hwang Y.H., Shin H.S., 2011. Application of PTFE membrane for ammonia removal in a membrane contactor. *Water Sci. Tech.* 63, 2944-2948.
- APHA, 2005. American Water Works Association and Water Environment Federation, 21st ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- García-González M.C., Vanotti M.B., Szogi A.A., 2015. Recovery of ammonia from swine manure using gas-permeable membranes: Effect of aeration. *J. Environ. Manage.* 152, 19-26.
- García-González M.C., Vanotti M.B., 2015. Recovery of ammonia from swine manure using gas-permeable membranes: Effect of waste strength and pH. *Waste Manage.* 38, 455-461.
- Samani-Majd A.M., Mukhtar S., 2013a. Ammonia diffusion and capture into a tubular gas-permeable membrane using diluted acids. *Trans. ASABE* 56 (5), 1943-1950.
- Samani-Majd A.M., Mukhtar S., 2013b. Ammonia recovery enhancement using a tubular gas-permeable membrane system in laboratory and field-scale studies. *Trans. ASABE* 56 (5), 1951-1958.

Vanotti M.B., Szogi A.A., 2011. Systems and Methods for Reducing Ammonia Emissions from Liquid Effluents and for Recovering the Ammonia. US Patent Appl. SN 13/164,363, filed June 20, 2011. US Patent and Trademark Office Washington, D.C.

Zarebska A., Romero Nieto D., Chirstensen K.V., Fjerbaek Sotoft L., Norddahl B., 2015. Ammonium fertilizers production from manure: a critical review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 45, 1469-1521.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto Ammonia Trapping, financiado por la Unión Europea a través del programa Life. Referencia del proyecto Life15ENV/ES/000284.