

# Microbiología y olores desagradables en el ambiente. Observación de la actividad ureasa en un laboratorio de Educación Secundaria

## Microbiology and bad smells in the environment. Observation of the urease-activity in a laboratory of Compulsory Secondary Education

José Pedro López Pérez\*  
Raquel Boronat Gil\*\*

Recibido: 1-05-2019  
Aceptado: 21-06-2019

### Resumen

El purín de cerdo es un residuo ganadero utilizado como abono biológico por su alto contenido en nitrógeno. La actividad microbiana que se desarrolla en el mismo genera serios problemas derivados de las emisiones de gases y malos olores. El presente trabajo diseña una metodología de investigación en un laboratorio de enseñanza media con alumnos de bachillerato para observar los microorganismos encargados de la actividad ureásica responsable de la liberación de amoníaco. También se discute la necesidad de comprender el complejo metabolismo bacteriano presente en una balsa de depósito de este residuo, como herramienta para poder desarrollar –en el futuro- un protocolo que intente reducir las emisiones de compuestos responsables de los malos olores.

### Palabras clave:

Actividad ureasa; Educación Secundaria; Microbiología; Olores desagradables; Purín de cerdo.

### Abstract

The pig slurry is a cattle residue used as a biological fertilizer since it provides a high quantity of nitrogen. The microbial activity we can find here generates serious problems derived from the gas emission and bad smells. The present study designs a methodology of investigation in a laboratory of compulsory secondary education with A-level students, to diagnose the microorganisms guilty of the urease activity responsible for the release of ammonia. It is also discussed the need to understand the complex bacterial metabolism present in a raft-warehouse of this residue, as a tool to be able to develop -in the future- a protocol that attempts to reduce the emission of odour-causing compounds.

### Keywords:

Urease activity; Secondary Education; Microbiology; Bad Smells; Pig slurry.

\* IES Ricardo Ortega  
josepedro.lopez@murciaeduca.es

\*\* IES Antonio Menárguez Costa  
raquel.boronat@murciaeduca.es

## 1. Introducción y justificación del problema

Según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente relativos al año 2015 (MAPAMA, 2015), en España existen más de 28 millones de cabezas de ganado porcino; datos en términos relativos que posicionan nuestro país en el tercer puesto en la Comunidad Económica Europea (CEE), por delante de países como Alemania, y superada a su vez por Dinamarca y Bélgica (Marquer, Rabade y Forti, 2014). Esta importante actividad ganadera intensiva (Figura 1) genera desagradables problemas medioambientales para las poblaciones colindantes a las granjas porcinas industriales, tales como la acumulación de los excrementos en zonas cercanas a las explotaciones, los olores desagradables tras la putrefacción de las heces fecales y la contaminación de los acuíferos por nitratos como consecuencia de las filtraciones indeseables (Gómez, 2014). Además, las prácticas agrícolas, aprovechando la gran cantidad de materia orgánica y de nitrógeno que poseen las heces de estos animales (Burton y Turner, 2003), sólidas o líquidas (el llamado purín de cerdo), acentúan aún más el problema.

Algunas investigaciones han derivado sus esfuerzos a combatir el hedor que generan los desechos porcinos. Sutton, Kephart, Verstegen, Canh y Hobbs (1999) analizaron la dieta que se les ofrecía a una camada de estos animales y la repercusión en la eliminación de compuestos olorosos. De su estudio determinaron la relación detallada de alimentos necesarios en la ingesta para reducir las emisiones de gases desagradables y las consiguientes mejoras en el ambiente de las zonas próximas a las granjas. No obstante, no pudieron eliminar una importante concentración de sustancias indeseables, tales como las que recoge la Tabla 1.

Entre los compuestos químicos liberados por los vertidos llaman la atención por su alta concentración: el fenol, el ácido acético, el ácido butanoico, el ácido propanoico y el sulfuro de hidrógeno. Los principales efectos secundarios que se han detectado tras la inhalación de estas sustancias, y que bien recogen sus fichas técnicas (Tabla 2), son: el dolor de garganta, la tos y la dificultad respiratoria. Con esto no se quiere alarmar a la sociedad, pero sí que se tomen las medidas oportunas para aliviar los efectos descritos por la acumulación y falta de tratamiento de este tipo de materiales fecales.

Tabla 1. Concentración ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) de ciertos compuestos orgánicos que generan olores desagradables, detectados en los alrededores de granjas porcinas tras la acumulación de las heces en balsas o amontonadas en las inmediaciones (según Hobbs, Misselbrook y Pain. 1997).

COMPUESTO	CONCENTRACIÓN ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
Ácido acético	25-10000
Ácido propanoico	3-890

Ácido butanoico	4-3000
Ácido 3-metil butanoico	5
Ácido pentanoico	0,8-70
Fenol	22-4000
4-metil fenol	0,22-35
indol	0,6
3-metil indol	0,4-0,8
Metanotiol	0,5
Dimetil sulfuro	2-30
Dimetil disulfuro	2-14
Dimetil trisulfuro	7,3
Sulfuro de hidrógeno	0,1-180

Además de estas sustancias desagradables, derivadas de la degradación anaeróbica de proteínas y carbohidratos (Sutton *et al.*, 1999), potencialmente tóxicas para la salud de animales y personas, en la orina y excrementos de estos mamíferos se halla la urea, como principal forma de eliminación de nitrógeno. Este compuesto procede del catabolismo proteico, como subproducto de la degradación de los grupos amino presentes en estas macromoléculas (formadas por subunidades sencillas llamadas aminoácidos). Su excreción masiva se debe a que es la única manera de liberar al exterior el nitrógeno con un sustancioso ahorro de agua, ya que el hábitat natural de los animales terrestres carece de esta molécula vital. A este grupo animal se denomina ureotélicos (Nelson y Cox, 2009).

Tabla 2. Efectos secundarios inmediatos de las principales sustancias volátiles que se generan tras el vertido de heces de cerdo al medio ambiente.

Sustancia	Efecto secundario tras la inhalación	Referencia
Fenol	Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Tos. Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas. Vómitos. Jadeo. Dificultad respiratoria. Pérdida del conocimiento	<a href="http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0070.pdf">http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0070.pdf</a>
Ácido acético	Dolor de garganta. Tos. Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Vértigo. Jadeo. Dificultad respiratoria.	<a href="http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat.l-amb-controlat/files/CH3COOH.pdf">http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat.l-amb-controlat/files/CH3COOH.pdf</a>

Ácido butanoico	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta.	<a href="http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1301a1400/nspn1334.pdf">http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1301a1400/nspn1334.pdf</a>
Ácido propanoico	Sensación de quemazón, tos, jadeo, dolor de garganta.	<a href="http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/801a900/nspn0806.pdf">http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/801a900/nspn0806.pdf</a>
Sulfuro de hidrógeno	Dolor de cabeza. Vértigo. Tos. Dolor de garganta. Náuseas. Dificultad respiratoria. Pérdida del conocimiento.	<a href="http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/101a200/nspn0165.pdf">http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/101a200/nspn0165.pdf</a>

Fuente: Elaboración por parte de los autores a partir de los datos más importantes recogidos en la Tabla 1.

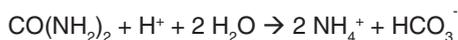


Figura 1. Explotación intensiva de ganado porcino en el sureste de España. Denótese las balsas de lixiviados, sin aparente sistema de impedancia de las filtraciones del subsuelo, que almacenan el purín y excrementos sólidos de los animales.

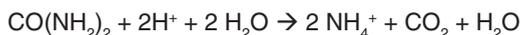
La urea [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ] se utiliza en la agricultura como fertilizante, dada su gran accesibilidad económica, elevada concentración de nitrógeno (46% de N) y gran solubilidad en el sistema suelo-agua-planta (FAO, 2002). No obstante, el sistema puede perder eficacia a consecuencia de la pérdida de nitrógeno (en forma de amoníaco) gracias a la actividad de la enzima ureasa (Dick y Tabatabai, 1993), con el consiguiente gasto económico para el agricultor.

La ureasa es una exoenzima (enzima con actividad fuera de la célula) que, en el caso del suelo, está asociada a semillas, microorganismos y pequeños invertebrados, catalizando la reacción hidrolítica de la urea dependiendo del pH del medio (García, Hernández, Pascual, Moreno y Ros, 2000):

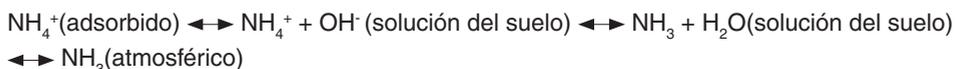
- 1) Cuando el pH del medio supera el valor de 6.3, la urea se descompone hasta liberar los iones bicarbonato y amonio:



- 2) En medios con pH menor de 6.2, por el contrario, la urea se descompone hasta liberar el catión amonio, dióxido de carbono y agua:



El catión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) liberado en la reacción queda en equilibrio dinámico con el amoníaco atmosférico, según la siguiente reacción química:



Es decir, con la hidrólisis de la urea se genera un incremento del pH por la liberación de radicales hidroxilo a la solución acuosa del suelo y el consiguiente consumo de protones. Esto determina que el abuso de urea que se está llevando a cabo en las técnicas de abonado del suelo, genera una liberación sustanciosa de amoníaco a la atmósfera, con el consiguiente olor desagradable. En algunos lugares de la geografía española se suplía el consumo de urea de síntesis química por la urea presente en las heces de mamíferos para la fertilización del suelo (Figura 2), agravándose aún más el problema medioambiental secundario con la liberación de compuestos de desagradable olor y perjuicio para la salud.

## 2. Objetivos de la experiencia

El presente trabajo trata de exponer la experiencia llevada a cabo con un grupo de alumnos de 1º de bachillerato de un instituto de Enseñanza Media, circunscrito a un

área rural con intensa actividad agropecuaria. El objetivo fue demostrar en el laboratorio del centro que una parte de los desagradables olores que se perciben diariamente son debidos a la actividad ureasa bacteriana presente en las heces de mamíferos o sobre el suelo de los cultivos. Además, con esta experiencia de laboratorio se pretendió fomentar el trabajo cooperativo en la búsqueda de bibliografía relevante y relacionada con el problema propuesto, el aprendizaje significativo a partir de las ideas previas sobre el tema que los discentes fueron definiendo, y la puesta en práctica de todos aquellos conocimientos procedimentales para desenvolverse en el laboratorio de Enseñanza Secundaria con los materiales sencillos que dispone.



Figura 2. Aspecto de una explotación agraria en el sureste de España, previa a sembrado, donde el suelo se ha suplementado con una fina capa de abono derivado del compost de purín de cerdo. El olor que se podía sentir en la zona era muy desagradable. Foto tomada por los autores en Diciembre de 2014.

### 3. Descripción de la experiencia.

#### Diseño experimental. Metodología

En un laboratorio de enseñanza media, difícilmente podemos poner de manifiesto y dar nombre a los compuestos que se desprenden de una muestra de purín de cerdo, como los recogidos en la Tabla 1. No obstante, con creatividad podemos poner de manifiesto algunas actividades enzimáticas, como son el caso de la ureasa y la producción de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ). En este trabajo nos centraremos en la primera de ellas. La observación de esta actividad llevada a cabo por buena parte de las bacterias presentes en las heces de mamíferos (con las limitaciones que subyacen) ha consistido en la elaboración de un medio sólido de cultivo, basado en una modificación del propuesto por Christensen (1946) y, más recientemente, trabajado por Vuye y Pijck (1973).

En un matraz Erlenmeyer de 250 ml se vertieron 100 ml de agua del grifo, 1/10 de pastilla de caldo de carne (suministrador de todos los oligoelementos y vitaminas necesarias para el correcto desarrollo de microorganismos; no favorece el crecimiento microbiano con la cantidad que se está utilizando en la experiencia y con el tiempo de incubación empleado), 0.1 g de fosfato monopotásico ( $KH_2PO_4$ ), 0.5 ml de indicador líquido de pH universal y 1.2 g de agar-agar. El ajuste del pH hasta la neutralidad se llevó a cabo con una disolución de hidróxido de sodio (NaOH) al 10%. El medio de cultivo se calentó y se mantuvo en ebullición durante un minuto.

Independientemente, y como consecuencia de la inestabilidad de la urea cuando se somete a calor, en un tubo de ensayo se vertieron 2 g de urea y 5 ml de agua del grifo. Con el objetivo de esterilizar este sistema, no disponiendo de complejos métodos de filtración en un sencillo laboratorio de Enseñanza Media como el que se dispone, se añadió 1 ml de hexano ( $C_6H_{14}$ , potente disolvente de material graso, desestabilizador de membranas celulares y otras estructuras externas de microorganismos y virus), agitándose todo el tubo vigorosamente mediante la ayuda de un tapón. Tras dejar estacionario el sistema, el hexano (menos denso que el resto de los componentes) se localiza en superficie; siendo esto muy útil para que, con la ayuda de una pipeta Pasteur, se recogiese este sobrenadante y se depositase la disolución de agua con urea, con el cuidado preciso (guardando las medidas oportunas para evitar la contaminación) en el matraz provisto de medio de cultivo. Tras agitar finalmente el matraz, unos 25 ml de medio se vertieron en placas de Petri de 90 mm de diámetro (Figura 3 A-C). Como control de la experiencia se llevó a cabo la preparación de medio de cultivo para bacterias desprovisto de urea (ver Tabla 2, Metodología-Resumen).

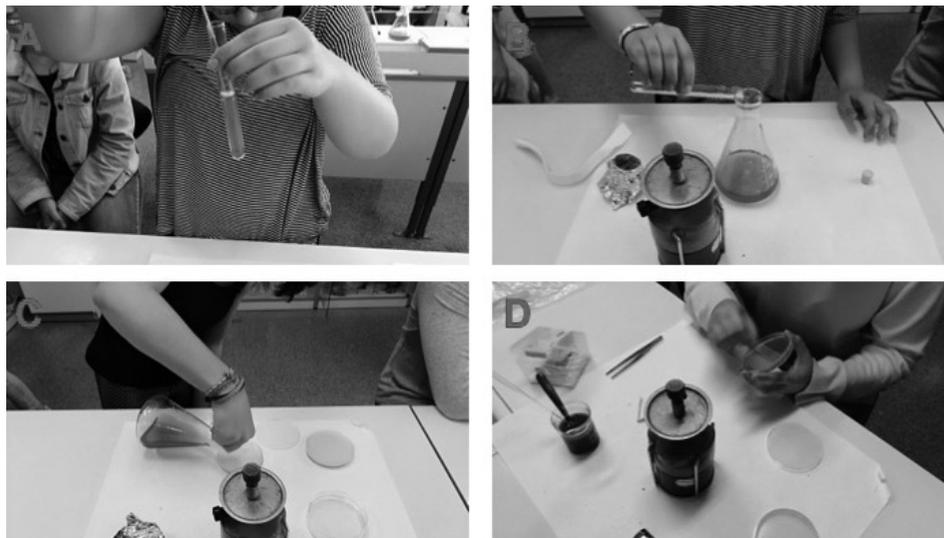


Figura 3. Imágenes de la metodología utilizada en esta experiencia. **(A)** Eliminación de hexano del tubo provisto con la disolución de ura a esterilizar. **(B)** Vertido de la disolución de urea en el medio líquido de cultivo. **(C)** Vertido del medio de cultivo en placa. **(D)** Siembra de purín de cerdo sobre la superficie de las placas de Petri provistas de medio solidificado.

### 3.1. Preparación del inóculo, siembra y observación de los microorganismos

Se vertieron 2 gramos de purín y material fecal de cerdo en un vaso de precipitados provisto de 50 ml de agua del grifo. Tras agitar vigorosamente hasta homogeneizar el sistema, con la ayuda de un hisopo (de los que se utilizan en la higiene diaria) se recogió un poco de material de la dispersión y se extendió por toda la superficie del medio sólido de cultivo (Figura 3D). Las placas de Petri se incubaron a temperatura ambiente durante 3 días, observando los cambios en la coloración del medio y el desarrollo de colonias en la superficie.

Para la observación de los microorganismos responsables de la actividad biológica estudiada, se obtuvo un poco de masa microbiana de la superficie con la ayuda de un hisopo y se observó al microscopio óptico (Optika B290) provisto de objetivo 100x de inmersión. La muestra no se tiñó, procediéndose a su contrastado mediante iluminación de campo oscuro por luz transmitida (Nachtigall 2004). Las imágenes de los cultivos microbianos se obtuvieron mediante una cámara digital (Scope) y posterior tratamiento con el software informático adjunto a la misma (Scope-Photo).

Tabla 2. Metodología-resumen utilizada en la experiencia de observación de la actividad ureasa microbiana.

1.- Elaboración medio de cultivo en matraz Elenmeyer de 250 ml
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 ml de agua del grifo</li> <li>• 1/10 de pastilla de caldo de carne</li> <li>• 0.1 g de <math>\text{KH}_2\text{PO}_4</math></li> <li>• 0.5 ml de indicador de pH universal líquido</li> <li>• 1.2 g de agar-agar</li> </ul> Ajustar el pH del medio hasta la neutralidad con unas gotas de NaOH (10%). Calentar
2.- Preparación de la disolución estéril de urea en un tubo de ensayo.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 g de urea</li> <li>• 5 ml de agua del grifo</li> <li>• 1 ml de hexano</li> </ul> Agitar vigorosamente y dejar separar la fases. Eliminar el sobrante de hexano con ayuda de una pipeta Pasteur.
3.- Dispensar la urea estéril sobre el medio de cultivo y agitar suavemente para homogeneizar.
4.- Vertido del medio en placas de Petri.
5.- Dejar solidificar el medio de cultivo e inocular con una muestra de materia fecal.

## 4. Resultados y discusión

La Figura 4 muestra el resultado de incubar las placas de Petri provistas de medio de cultivo, a temperatura ambiente, durante 3 días. Se puede comprobar un cambio de color, con respecto al control, en las placas donde se ha sembrado un inóculo de la dispersión de purín de cerdo en agua que presentaba urea a alta concentración en su composición química. En la placa control, la concentración utilizada de extracto de carne es tan reducida que no permite el desarrollo microbiano en el tiempo ensayado en esta experiencia, ofreciendo -únicamente- a los microorganismos alguna fuente de oligoelementos y vitaminas necesarios para su desarrollo. Además, en la superficie, se puede comprobar el aspecto y coloración azulada que toman las colonias crecidas en este medio diferencial ensayado. El resultado es consecuencia de la actividad ureasa que lleva a cabo la multitud de bacterias presentes en la muestra de purín (Figura 5A). La urea es el único ingrediente del medio de cultivo que puede utilizar el conjunto microbiano para la obtención de materia y energía. Su hidrólisis da como resultado la emisión de los gases, dióxido de carbono y amoníaco. Este último puede combinarse en las inmediaciones de las colonias con el agua provista en el medio, tal y como especifica las siguientes reacciones químicas:



Los productos resultantes son el catión amonio y el ión hidroxilo; este último capaz de virar el indicador de pH utilizado (azul de bromotimol) hacia una estructura molecular del mismo que indica basicidad (López 2000).

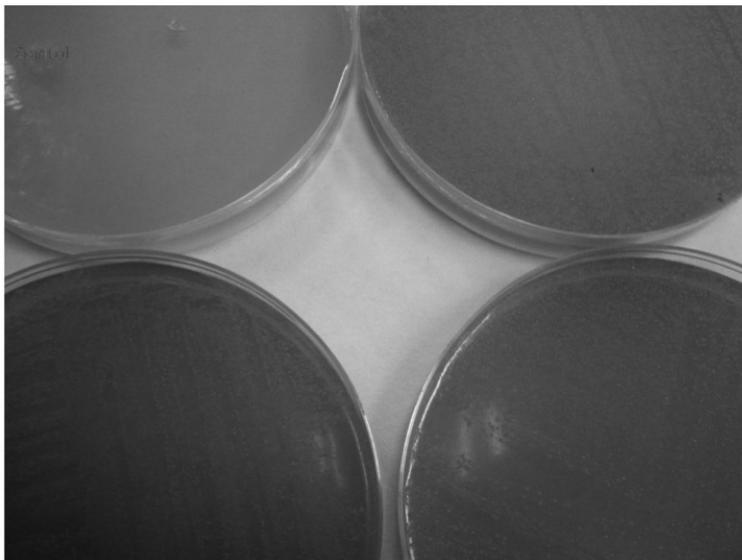


Figura 4. Placas de medio de cultivo con aislamiento de bacterias provistas de actividad ureásica. Denótese el cambio de color (azul-verde azulado) del medio de cultivo y de las colonias que sustenta cuando se compara con el control (verde). El cambio de coloración en el indicador de pH se debe a una modificación en su estructura por la presencia de iones hidroxilo en el medio originados por la combinación del amoníaco gas con el agua del cultivo (ver resultados y Discusión).

La Figura 5B muestra una imagen al microscopio óptico de una de las colonias de la superficie del medio, donde se pueden observar las morfologías microbianas (cocobacilos y bacilos) responsables de la producción de la actividad enzimática estudiada en la presente comunicación. El purín es rico en nitrógeno, si bien una parte de mismo se halla en forma amoniacal. Dentro de la masa de residuo, el amoníaco se halla en equilibrio entre su forma soluble en agua ( $\text{NH}_4^+$ ) y su forma gaseosa ( $\text{NH}_3$ ). La estructura gaseosa se volatiliza al contacto de la superficie de este residuo con el aire que le circunda (Abaigar, Irañeta y Pérez, 2005). Del trabajo de investigación con el alumnado se destacan principalmente

dos observaciones: (1) las bacterias son uno de los principales agentes responsables de la liberación al medio de malos olores en ciertos ámbitos agropecuarios y (2) que dichos olores son consecuencia de un complejo metabolismo bacteriano llevado a cabo en las balsas de depósito y que es necesario comprender.

Con el objetivo de profundizar en la comprobación de otros agentes microbianos responsables de los malos olores en purines, se recomienda trabajar con alumnos la metodología de López, Jiménez, Fabregat y Gutiérrez (2010) y López y Boronat (2016 y 2017) en la producción de sulfuro de hidrógeno. También se deberán guardar estrictas normas de higiene al finalizar la experiencia con el lavado de las manos y el lavado escrupuloso del material de laboratorio. Al finalizar la experiencia, y con la intención de eliminar de las placas de Petri provistas los cultivos microbianos, se verterá sobre las mismas lejía concentrada.

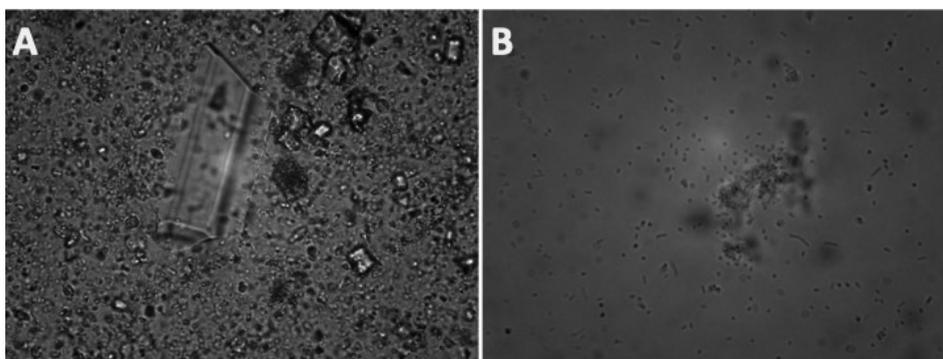


Figura 5. Imágenes al microscopio óptico con iluminación de campo oscuro. (A) Material particulado indiferenciado con macrocristal de fosfato de calcio presente en una muestra de purín crudo de cerdo (objetivo 40x). (B) Morfotipos dominantes de una de las colonias presentes en la superficie del medio de cultivo diseñado en esta experiencia con actividad enzimática ureasa (objetivo 100x e inmersión). Morfología microbianas: (C) Cocobacilos; (B) Bacilos.

## 5. Conclusiones

La experiencia diseñada nos permite recrear la observación de la actividad ureasa bacteriana de una muestra de purín en un sencillo laboratorio, así como sus posibles implicaciones en los malos olores de las zonas próximas a las áreas ganaderas. Con esta actividad práctica se pretende contribuir a un mejor conocimiento del mundo bacteriano, profundizando en la discusión de la necesidad de conocer la fisiología y metabolismo

microbiano como herramienta básica para reducir las emisiones de gases (algunas de las cuales pueden repercutir negativamente en el efecto invernadero y en el calentamiento global del planeta). Además, se fomenta el trabajo grupal, con la búsqueda activa de bibliografía relevante sobre un tema cotidiano al alumno, así como promover la creatividad, con el objetivo de comprobar una metodología microbiológica con herramientas sencillas disponibles en un laboratorio de enseñanza media. El desarrollo de la experiencia de laboratorio con alumnos de grupos académicos de enseñanza media permitió definir (1) la precisión constante de la orientación docente para el correcto progreso de la actividad, (2) la consideración muy positiva por parte de los discentes de este tipo de trabajos prácticos en el laboratorio, (3) la importante motivación lograda durante la realización y presentación en público de la actividad y (4) el decidido trabajo cooperativo para lograr el objetivo final.



Figura 6. Stand en la feria “Campus de la Ingeniería 2018”, celebrado en el Complejo Universitario situado en el Paseo de Alfonso XIII de Cartagenaq, donde un grupo de alumnos defendieron ante los asistentes las causas derivadas de los malos olores de los purines de cerdo.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el intenso trabajo llevado a cabo por los alumnos de primero de Bachillerato, cursos 2016-2017 y 2017-2018, en las materias de Biología y Geología y Anatomía Aplicada, del IES “Ricardo Ortega” de Fuente Álamo. De su tenacidad ha sido posible que esta comunicación salga a la luz. Además, agradecer a la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) por aceptar este trabajo de investigación para su exposición en el Campus de la Ingeniería 2018 (Figura 6), bajo el título: “¿Por qué huele mi pueblo de esta manera?”

## 6. Referencias

- Abaigar A., Irañeta I. y Pérez B. 2005. Reducir las emisiones de amoníaco y olores en el reparto de purines. *Navarra Agraria*, Julio-agosto 5-11. Recuperado de: [https://www.navarraagraria.com/categories/item/download/317\\_6efd465b719a42bbef2fff19e494c7c2](https://www.navarraagraria.com/categories/item/download/317_6efd465b719a42bbef2fff19e494c7c2).
- Burton C.H. y Turner C. (2003). Manure management: treatment strategies for sustainable agriculture. Reino Unido: Ediciones Quae.
- Christensen W.B. (1946). Urea decomposition as a means of differentiating *Proteus* and paracolon cultures from each other and from *Salmonella* and *Shigella* types. *Journal Bacteriology*, 52 (4), 461-466.
- Dick W.A. y Tabatabai M.A. (1992). Significance and potential used of soil enzymes. En Metting, F.B. Jr. (ed) *Soil Microbial Ecology* (pp. 95-127). New York: Marcel Dekker.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- García C., Hernández T., Pascual J., Moreno J.L. y Ros M. (2000). Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y desertificación. Estrategias para su rehabilitación. En García, C y Hernández, T. (Eds), *Investigación y Perspectivas de la Enzimología de Suelos en España* (pp. 43-92). Murcia: CSIC.
- Gómez M. (2014). *Efectos ambientales en la valorización agronómica de purines de ganado porcino: dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-agua-planta*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Hobbs P.J., Misselbrook T.H. y Pain B.F. (1997). Characterization of odorous compounds and emissions from slurries produced from weaver pig fed dry feed and liquid diets. *Journal Science Food Agriculture*, 73: 437-445.
- IPCS. (2005). Ácido acético. Fichas Internacionales de Seguridad. Recuperado de: <http://sct.uab.cat/l-amb-controlat/sites/sct.uab.cat.l-amb-controlat/files/CH3COOH.pdf>
- IPCS. (2005). Ácido butírico. Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1301a1400/nspn1334.pdf>
- IPCS. (2005). Ácido propiónico. Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/801a900/nspn0806.pdf>
- IPCS. (2005). Fenol. Fichas Internacionales de Seguridad. Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0070.pdf>
- IPCS. (2005). Sulfuro de hidrógeno. Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/101a200/nspn0165.pdf>
- López J.P. (2000). *Microbiología de las aguas potables de redes de distribución urbana*

- y caracterización de una bacteria típica de red. Tesis de licenciatura. Departamento de Genética y Microbiología. Universidad de Murcia.
- López J.P., Jiménez J.J., Fabregat A. y Gutiérrez J.A. (2010). Microbiología de la producción controlada de sulfuro de hidrógeno. Una experiencia de trabajo en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(2), 573-578. Recuperado de: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2621/2270>.
- López J.P. y Boronat R. (2016). Efectos de la acción microbiana en el color de algunos estratos. Estudio en un laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 190-194. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/312553/402628>
- López J.P. y Boronat R. (2017). Una dolomía muy especial. Una propuesta conjunta de trabajo de campo y laboratorio con alumnos de educación secundaria obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 126-134. Recuperado de: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3015/3021>.
- MAPAMA. (2015). *Caracterización del sector porcino español año 2015*. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de: [https://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizaciondelsectorporcinoespanolano2015\\_tcm30-104637.pdf](https://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizaciondelsectorporcinoespanolano2015_tcm30-104637.pdf)
- Marquer P., Rabade T. y Forti R. (2014). *Pig farming in the European Union: considerable variations from one Member State to another*. Statistics in focus 15/2014. Recuperado de: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Pig\\_farming\\_sector\\_-\\_statistical\\_portrait\\_2014](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Pig_farming_sector_-_statistical_portrait_2014)
- Nachtigall W. (2004). *Microscopía. Materiales, instrumental y métodos*. Barcelona: Editorial Omega.
- Nelson D.L., Cox M.M. (2009). *Lehninger: principios de bioquímica*. Barcelona: Editorial Omega.
- Sutton A.L., Kephart K.B., Verstegen M.W., Canh T.T. y Hobbs P.J. (1999). Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. *Journal Animal Science*, 77, 430-439.
- Vuye A. y Pijck J. (1973). Urease activity of Enterobacteriaceae: which medium to choose. *Applied Microbiology*, 26(6), 850-854.

---

**Sugerencia de cita:**

López Pérez, J.P. y Boronat, R. (2019). Microbiología y olores desagradables en el ambiente. Observación de la actividad ureasa en un laboratorio de Educación Secundaria. *Pulso. Revista de Educación*, 42, 229-242

---