



**RED CIENTÍFICA DE  
MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI  
EN EL SECTOR AGROFORESTAL**

**ABSTRACTS**

MADRID  
23-25 Marzo 2015

**remedia**  
**IVworkshop**  
Abriendo la red

## Comité Organizador

- Alberto Sanz-Cobeña (UPM)
- Guillermo Guardia (UPM)
- M<sup>a</sup> Rosa Loma (UPM)
- Agustín Rubio (UPM)
- Sergio Álvarez (UPM)
- Berta Sánchez (UPM)
- Ana Iglesias (UPM)
- Jorge Álvaro-Fuentes (CSIC-EEAD)
- Agustín del Prado (BC3)
- Fernando Estellés (UPV)
- David Yáñez-Ruiz (CSIC-EEZ)

## Comité Científico

- Carmen Lago (CIEMAT)
- Ricardo Ruíz Peinado (INIA-CIFOR)
- Diego Ábalos (Universidad de Guelph, Canadá)
- Luis Lassaletta (PBL, Países Bajos)
- Marta Rivera-Ferre (UV)
- María Martínez-Mena (CSIC-CEBAS)
- Jordi Doltra (CIFA)
- Raúl Moral (UMH)
- Dolores Báez (CIAM)
- Pilar Merino (NEIKER)
- Salvador Calvet (UPV)
- Eugenio Díaz-Pines (KIT, Alemania)
- Julio Mosquera (WUR, Países Bajos)
- Daniel Plaza-Bonilla (INRA, Francia)
- Ana Meijide (GAUG, Alemania)
- Verónica Moset (PURE, Dinamarca)
- Eduardo Aguilera (UPO)
- Sergio Menéndez (EHU/UPV)
- Joan Romanyà (UB)
- Pere Rovira (CTFC)
- Gloria Guzmán-Casado (UPO)
- María Luz Cayuela (CSIC-CEBAS)

## Presentación

Tras tres años de vida, la Red REMEDIA continúa su consolidación. Después del éxito de los Workshops REMEDIA, organizados en Bilbao (2012), Zaragoza (2013) y Valencia (2014), y con su reciente constitución como asociación, la Red REMEDIA pretende seguir abriéndose tanto a nuevos agentes implicados en la mitigación, como a áreas de conocimiento de gran interés y con las que creemos debemos interaccionar en nuestra labor investigadora (e.g., adaptación al Cambio Climático, comunicación científica, equidad y justicia social, etc.). Es este el principal objetivo de esta IV edición de nuestros Workshops, en la que, bajo el lema "**Abriendo la Red**", hemos trabajado para poder contar con la presencia de colegas que realizan su labor investigadora en **América Latina**. Este objetivo, que ha estado siempre presente desde el inicio de la Red, permitirá afianzar la Red REMEDIA y obtener resultados tangibles que reviertan en beneficio de la calidad investigadora, la sociedad y el medio ambiente.

Pretendemos que este IV Workshop REMEDIA sea el marco idóneo para ver nacer nuevas iniciativas y actividades conjuntas, tanto nacionales como transnacionales, y, especialmente, para favorecer la colaboración entre grupos de investigación con el fin de optimizar esfuerzos y maximizar las posibilidades de éxito de los proyectos de I+D+i presentes y futuros.

Como en anteriores ediciones, el cuerpo central del Workshop lo constituyen las **contribuciones científicas** de los asistentes y ponentes invitados en formato de comunicaciones orales y pósters y distribuidas en las cuatro áreas temáticas principales: "Mitigación de GEI en sistemas ganaderos", "Mitigación de GEI en sistemas agrícolas", "Mitigación de GEI en sistemas forestales" y "Aspectos socio-económicos e inventarios de GEI".

A su vez, en esta edición hemos organizado cinco **talleres** en los que se abordarán temas estratégicos en la mitigación del cambio climático en el sector agroforestal español, como son: las sinergias entre mitigación y adaptación al Cambio Climático, la comunicación científica, las sinergias entre sector público y privado en el ámbito de la mitigación y el cálculo de huella de carbono. Además, con el fin de ofrecer un marco de diálogo a los principales agentes implicados en la mitigación de GEI en el sector agroforestal español, se ha programado una **mesa redonda** en la que participarán representantes de los principales actores implicados en la mitigación y donde se debatirá sobre los retos presentes y desafíos futuros en este ámbito.

El Workshop contará con la presencia de reconocidos científicos en el área de la mitigación del cambio climático en el sector agroforestal tanto a nivel nacional como internacional. En este sentido, nos gustaría destacar la participación como ponentes invitados de dos autores principales del último informe del IPCC, el Profesor Pete Smith (University of Aberdeen, Coordinador del capítulo *Mitigación de GEI en agricultura, sistemas forestales y otros usos del suelo* del IPCC) y el Dr. Esteve Corbera (Universidad Autónoma de Barcelona, autor principal del capítulo sobre *Desarrollo sostenible y equidad* del IPCC).

A su vez, no queremos acabar esta bienvenida sin mencionar los actos científico-lúdicos que se llevarán a cabo a lo largo de estos tres días y que pretendemos que sean de vuestro agrado y que, sobre todo, ayuden a conseguir el principal objetivo de la Red REMEDIA "favorecer el encuentro y la colaboración de los diferentes agentes interesados en la mitigación del cambio climático en el sector agroforestal".

Desde el Comité organizador del IV Workshop REMEDIA esperamos que este encuentro responda a vuestras expectativas personales y profesionales.

Gracias por estar en Madrid y seguir construyendo REMEDIA.

Alberto Sanz Cobeña

*Coordinador del Comité Organizador del IV Workshop REMEDIA*

## Conferencias Plenarias

# Mitigation Potential in the Agriculture, Forestry and Other Land Use Sector – findings from the IPCC Fifth Assessment Report

Pete Smith<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biological Sciences & Scottish Food Security Alliance-Crops, University of Aberdeen

pete.smith@abdn.ac.uk

**Palabras clave:** food security, greenhouse gas, mitigation, supply-side, demand-side.

Feeding 9–10 billion people by 2050 and preventing dangerous climate change are two of the greatest challenges facing humanity. Both challenges must be met while reducing the impact of land management on ecosystem services that deliver vital goods and services, and support human health and well-being. Few studies to date have considered the interactions between these challenges. The supply- and demand-side climate mitigation potential available in the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector, as synthesised in the IPCC WGIII AR5 are briefly reviewed, with a special focus on animal agriculture. Some of the synergies and trade-offs afforded by mitigation practices are outlined, before an assessment of the mitigation potential possible in the AFOLU sector under possible future scenarios is presented, in which demand-side measures co-deliver to aid food security. We conclude that while supply-side mitigation measures, such as changes in land management, might either enhance or negatively impact food security, demand-side mitigation measures, such as reduced waste or demand for livestock products, should benefit both food security and greenhouse gas (GHG) mitigation. Demand-side measures offer a greater potential (1.5–15.6 Gt CO<sub>2</sub>-eq. yr<sup>-1</sup>) in meeting both challenges than do supply-side measures (1.5–4.3 Gt CO<sub>2</sub>-eq. yr<sup>-1</sup> at carbon prices between 20 and 100 US\$ tCO<sub>2</sub>-eq. yr<sup>-1</sup>), but given the enormity of challenges, all options need to be considered. Supply-side measures should be implemented immediately, focussing on those that allow the production of more agricultural product per unit of input. For demand-side measures, given the difficulties in their implementation and lag in their effectiveness, policy should be introduced quickly, and should aim to co-deliver to other policy agendas, such as improving environmental quality or improving dietary health. These problems facing humanity in the 21st Century are extremely challenging, and policy that addresses multiple objectives is required now more than ever.

# Reducción de emisiones de óxido nitroso en cultivos agrícolas. Un reto científico y tecnológico

Antonio Vallejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

antonio.vallejo@upm.es

**Palabras clave:** óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), procesos, estrategias de mitigación, clima Mediterráneo.

El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es el gas que más contribuye al balance de gases de efecto invernadero (GEI) en sistemas agrícolas. Su incremento en los últimos años, debido fundamentalmente al aumento de la producción agrícola, requiere de la implementación urgente de medidas que reduzcan su emisión, manteniendo la rentabilidad de los cultivos. Esto constituye un reto importante, tanto a nivel científico como a nivel tecnológico. En esta ponencia se analizan los principales avances científicos en el conocimiento de los mecanismos que afectan a la producción y consumo de este gas en el suelo (desnitrificación, nitrificación, etc). También se abordan los principales avances a nivel tecnológico dirigidos a la mitigación de emisiones, consecuencia todos ellos del mejor conocimiento de dichos procesos. Estrategias basadas en la innovación del sector de fertilizantes (p. e. inhibidores de la nitrificación y ureasa), prácticas de fertilización, riego, laboreo, rotación de cultivos, etc., pueden convertirse en herramientas útiles para mitigar emisiones en cultivos del área mediterránea.

## ¿Quién escribe para el IPCC? Disciplinas y autores dominantes en el Grupo de Trabajo 3 del Quinto Informe

Esteve Corbera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> L'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA) de la Universidad Autónoma de Barcelona.

2055128@uab.cat

**Palabras clave:** Grupo de Trabajo III del IPCC, análisis de redes sociales, justicia social.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC) completó hace pocas fechas su último informe de evaluación de la situación relativa a la ciencia en torno al Cambio Climático (AR5). Los procedimientos seguidos para la realización de este tipo de informes periódicos, así como el componente político de los mismos, han sido objeto de atención en diversos trabajos adscritos a disciplinas como la ciencia y tecnología, geografía y ciencias políticas. En este contexto, la presente ponencia resaltaré y discutiré los resultados más relevantes de un reciente artículo que, mediante el análisis de redes sociales, describe los aspectos sociales más fundamentales que han configurado el III Grupo de Trabajo del IPCC AR5. Esta aproximación ha permitido discernir las características sociales del equipo encargado de redactar el informe y, por lo tanto, responsable de generar información reputada sobre la mitigación del cambio climático. El artículo muestra, en primer lugar, que las tradicionales quejas respecto al sesgo Norte-Sur, en favor del primero, en la participación en los procesos centrados en la elaboración de los informes del IPCC se confirman, e incluso se intensificarían cuando se consideran los centros de investigación en donde los investigadores se han formado. Existe un importante sesgo debido a la predominancia de expertos que han recibido su formación en Reino Unido y EEUU, así como a la heterogeneidad de las conexiones entre científicos del "Sur" con centros especializados del "Norte" del planeta. En segundo lugar, se demuestra que la formación de los investigadores participantes siguen predominando los grados en economía, ingeniería y ciencias naturales, con mucha menor participación de otras ciencias sociales y, en particular de las humanidades. El análisis permite concluir que los sesgos formativos y disciplinarios siguen predominando en el Grupo de Trabajo III del IPCC y que, por lo tanto, la capacidad del mismo de abordar la mitigación del cambio climático desde perspectivas más holísticas y sensibles a la justicia social sigue siendo limitada.

## Mitigación de GEI en Sistemas Forestales



## Decoding soils CO<sub>2</sub> efflux in forest ecosystems. A case of study in Valsain (Spain)

María José Fernández<sup>1</sup>, Carlos Ortiz<sup>1</sup>, Agustín Rubio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Forestry Engineering and Natural Resources, Technical University of Madrid (UPM)

mj.fernandez@upm.es

**Palabras clave:** autotrophic respiration, heterotrophic respiration, trenching, carbon, forest.

Soil CO<sub>2</sub> efflux is an important component of the carbon cycle (C) that constitutes the largest C emission from ecosystems to the atmosphere. The CO<sub>2</sub> emanates mainly from root and associated mycorrhizal respiration (autotrophic component), and decomposition of aboveground and root litter by microorganisms and soil fauna (heterotrophic component). Previous studies have estimated that contribution of autotrophic respiration to total soil CO<sub>2</sub> efflux ranged 30-90%. This wide variation is partly due to the different sensitivities of both respiratory components to soil temperature, water content, resource quality, and current photosynthetic rate. Since autotrophic and heterotrophic respiration may probably show different behaviors in response to environmental variables, it is necessary to accurately estimate their relative contribution according to the characteristics of each site. Only in this way the implications of environmental changes for soil C cycling and sequestration in forest ecosystems can be assessed.

This study aimed to reveal differences in the contribution of autotrophic respiration to total respiration in a broad-leaved (*Quercus pyrenaica* Willd) and in a coniferous forest (*Pinus sylvestris* L.) inside their ecotonal area in the Guadarrama National Park (Spain). We are conducting a trenching experiment since April 2014. We quantified soil CO<sub>2</sub> efflux in trenched and untrenched plots in each forest, using the static chamber method connected to a WMA-4 IRGA. Preliminary results for the first nine months of the experiment show that soil temperature and water content control soil respiration under Pyrenean oak and Scots pine, not being statistically different. Respiration of trenched and control plots under Scots pine are not different although they show distinct responses to soil temperature. Trenched plots under Pyrenean oak emitted less than control ones. Additionally, there are seemingly seasonal changes in both components of soil respiration.

# Estimación de carbono orgánico en suelos mediante espectroscopia de infrarrojo cercano NIR: ¿realmente necesitamos grandes calibraciones?

César Guerrero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH), Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

cesar.guerrero@umh.es

**Palabras clave:** espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR), carbono orgánico edáfico, stocks de carbono

Los diferentes usos del suelo, así como determinadas prácticas agrícolas y manejos forestales pueden causar cambios en los stocks de carbono orgánico del suelo (COS), resultando en que los suelos se comporten como fuentes o como sumideros de carbono. Debido a la heterogeneidad espacial, el poder identificar cambios en los stocks de COS de una manera estadísticamente robusta requiere analizar un alto número de muestras. Por ello, es importante desarrollar técnicas que permitan analizar el COS de manera rápida y barata. La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) es una técnica que cumple con esas características, ya que los espectros NIR se obtienen de manera rápida y sencilla. Para poder sacar beneficio de la gran cantidad de información que contiene un espectro NIR se suele recurrir a aproximaciones empíricas, es decir usando calibraciones (o modelos). Para la construcción de los modelos se toma un conjunto de muestras de las que se dispone de sus espectros NIR así como de la composición química. Las muestras del set de calibración deben ser representativas de los suelos en donde queremos aplicar la técnica. Pero los suelos son muy variables en composición, y haciendo difícil obtener calibraciones suficientemente representativas que puedan usarse en cualquier nueva zona de estudio. Por ello se desarrollan grandes librerías espectrales, lo cual supone un esfuerzo importante, y que a efectos prácticos resulta en una pérdida de potencial como método rápido y barato.

En este trabajo se describe cómo adaptar modelos creados a partir de pequeñas librerías espectrales, y con ello evitar el desarrollo de grandes librerías espectrales. Los resultados muestran que se pueden obtener predicciones de COS muy precisas con bajo esfuerzo analítico, incluso mejores que las obtenidas con modelos de gran tamaño. Además se discutirán las ventajas de esta aproximación, haciendo especial relevancia al contexto de estudios en donde es necesario realizar monitorización.

## Interactive effects of nitrogen deposition and fire on the greenhouse gas exchange in a post-fire shrubland in the Sierra de Guadarrama, Spain

Rosa María Inclán<sup>1</sup>, María Victoria Moreno-Robisco<sup>1</sup>, Carla Uribe<sup>1</sup>, María Dolores Sánchez<sup>1</sup>, María Ángeles Clavero<sup>1</sup>, Rosa Pérez<sup>1</sup>, Ramón Morante<sup>1</sup>, David Manrique<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid.

rm.inclan@ciemat.es

**Palabras clave:** soil greenhouse gases, air pollution, mitigation, silvopastoral systems.

Human-caused global environmental changes such as enhanced nitrogen (N) deposition have increasingly recognized impacts on the functioning of terrestrial ecosystems. The effects of these environmental changes have not yet been thoroughly examined in combination with natural disturbances such as fires; and understanding these combined effects remains critical for predicting ecosystems response to concurrent changes in the environment.

In the present work, we examine the response of soil emissions of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) to the interactive effects of simulated nitrogen deposition and fire in a Mediterranean shrubland vegetation in the Sierra de Guadarrama, Spain. A randomised, split-block factorial design was used to investigate the influence of two driving variables, N addition (0, 15, and 50 kg N ha<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>) and burning (+/-), on the greenhouse gas exchange and soils. Twenty four plots grouped into 4 blocks were established on a uniform area of *Adenocarpus hispanicus* in November 2010. Each plot had a treated area of 10 x 10 m, and was 5 m from the next plot. In March 2011 three plots per block was subjected to an experimental fire. Nitrogen was applied as ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) 7 times a year from March to November, starting in June 2011. Six treatment combinations were obtained. All treatment combinations were replicated 4 times. Green house fluxes (GHG) were measured using cylindrical dark PVC static chamber (ø 315 mm, H 390 mm) equipped with a fan, and fitted on top off PVC collars that were inserted permanently into the soil. Concentrations of N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O in the head space were monitored using a Photoacoustic Gas Analyzer (Innova model 1412, Innova AirTech Instruments A/S, Denmark). Closure time varied according to the flux intensities, from about 15 min to about 40 min. Each flux measurement was accompanied by the determination of soil temperature and soil moisture. In addition, to each flux measurement, pH, Total Nitrogen (TN), Total Carbon (TC), Total Dissolved Nitrogen (TDN), Dissolved N-Nitrate, Dissolved N-Ammonium, Dissolved Organic Nitrogen (DON) and Dissolved Organic Carbon (DOC), have been analysed in soil samples. Soil N<sub>2</sub>O emissions increased in the burned plots during the first months after fire as a consequence of the increase of soil inorganic nitrogen caused by fire and the fluxes were not significantly altered during the rest of the experiment. Moreover, N<sub>2</sub>O fluxes were generally greater in plots with nitrogen enrichment than in control plots. Results indicated that the effect of N addition and prescribed fire on GHGs is highly uncertain and the observed differences may be due to climatic conditions and soil characteristics.

## Evolution of soil organic matter in a silvopastoral system under *Quercus rubra* L. after fertilisation with different types of sewage sludge

Maria Rosa Mosquera<sup>1</sup>, Nuria Ferreiro<sup>1</sup>, Antonio Rigueiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Santiago de Compostela

mrosa.mosquera.losada@usc.es

**Palabras clave:** agroforestry, climate change, carbon sequestration, waste, afforestation.

The potential of agroforestry systems with regards to climate change mitigation has been recognised under the Kyoto Protocol due to their capacity to increase the above and below ground C sequestration rate and reduce emission of greenhouse gases from agricultural sector. Soil organic matter (SOM) represents the most important pool of C storage in terrestrial ecosystems, accounting for about 75% of total stored C. SOM can be modified by soil characteristics, climatic and other environmental conditions and by management activities as the fertilisation. The objective of this study was to evaluate during three years the effect of the fertilisation with municipal sewage sludge that has been stabilised using anaerobic digestion, composting, and pelletization on the amount of SOM compared to control treatments (mineral fertiliser (8% N–24% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–16% K<sub>2</sub>O) and no fertilisation) in a silvopastoral system under *Quercus rubra* L. in Galicia (NW Spain). In this experiment, the amount of SOM decreased over time probably due to the activation of SOM mineralisation provoked by the inputs of Ca to the soil from the fertilisation. Moreover, in general, the fertilisation with pelletized sewage sludge implied a reduction of the SOM compared with the other treatments. This result could be explained by the best incorporation of this type of sludge to the soil because the dose of the pelletized sewage sludge was split in several times due to its low water content, while the other types of sludge were only applied at the beginning of the study. Even so, the results showed that silvopastoral systems have great potential to enhance C sequestration in the soil compared with common agricultural systems, and therefore their implementation should be considered as a land use option in Europe.

# Effects of dry-rewetting events on soil respiration in a Mediterranean pine forest

Carlos Ortiz<sup>1</sup>, Eugenio Díaz-Pinés<sup>2</sup>, Agustín Rubio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

<sup>2</sup> Karlsruhe Institute of Technology (Institute of Meteorology and Climate Research Atmospheric Environmental Research, Campus Alpin)

carlos.ortiz.onate@upm.es

**Palabras clave:** soil respiration, forest management, CO<sub>2</sub>, soil aggregates.

Mediterranean climate is characterized by dry summers followed by heavy rainfalls leading to soil drying-rewetting (DRW) cycles, resulting in a sharp increase of soil respiration (Rs) rates and soil activity observed after rewetting is usually higher than at soils undergoing constant moist conditions. It is not clear whether the mechanism responsible for the soil CO<sub>2</sub> pulse after rewetting is the use of dead microbial cells and osmolytes by surviving microbes, or the increase of substrate availability due to physical breakdown of the aggregates. This work aimed at quantifying the aggregate size effect on Rs pulses due to DRW in Scots pine forests. Further, we looked at the CO<sub>2</sub> pulses after rewetting as affected by the age and structure of the forest stand.

Composite soil samples from a young-dense and a mature-open Scots pine forest stand in Sierra de Guadarrama were collected at 0-15 and 15-30 cm depth. Aggregate size-classes were obtained by sieving - 2-6 mm and <2mm - and incubated under environmental controlled conditions. Rs rates were measured periodically by NaOH trapping. The incubation comprised 240 days under constant conditions, followed by a DRW cycle for 40 additional days.

Cumulative soil CO<sub>2</sub> fluxes were high and not significantly different between stands ( $5.1 \pm 1.3$  and  $5.7 \pm 0.6$  Mg CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> in the young and the mature stands, respectively). Decomposability (i.e. CO<sub>2</sub> emitted by unit of C) was not affected by aggregate size, indicating that both aggregate sizes are prone to mineralization pulses after soil DRW. Soils from the mature stand reacted more markedly to the DRW cycles:  $11.4 \pm 2.8\%$  of the C emitted was produced after the DRW, while in the young stand only  $5.3 \pm 0.5\%$  of the C was due to the DRW. This indicates that the forest structure may have a role in the availability of substrate for soil microorganisms. The larger response of mature stand soils to DRW events may lead to higher emissions if the frequency of DRW events increases in the future.

## Modelos de estimación de biomasa en repoblaciones de *Pinus pinea* L.

Ricardo Ruiz-Peinado<sup>1</sup>, Miren del Río<sup>1</sup>, Sven Mutke<sup>1</sup>, Gregorio Montero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Centro de Investigación Forestal (INIA-CIFOR)

ruizpein@inia.es

**Palabras clave:** repoblaciones, pino piñonero, proyectos de absorción de carbono, huella de carbono, estimación de biomasa.

Los proyectos de absorción de carbono en sistemas agroforestales son una herramienta con la cual las empresas pueden voluntariamente compensar su huella de carbono. Actualmente, sólo las repoblaciones forestales que supongan cambio de uso del suelo y las actuaciones en zonas forestales incendiadas para el restablecimiento de la masa están consideradas como susceptibles para la compensación. El cálculo de las absorciones en la masa (ex post) se realiza a partir de los datos de inventario en un momento dado, obteniéndose información concreta y real de las cantidades fijadas y utilizando modelos de estimación existentes para la especie en cuestión. Así, se han desarrollado un gran número de modelos que pueden utilizarse en la contabilidad, p.e. Montero et al. 2005; Balboa-Murias et al. 2006a, 2006b; Ruiz-Peinado et al. 2011, 2012. Dado que, en muchos casos, los datos utilizados por estos autores para el desarrollo de los modelos no provienen de individuos jóvenes en repoblaciones forestales, habría que comprobar y verificar la idoneidad de los mismos para su utilización en este tipo de masas.

Para ello en este trabajo se han ajustado nuevos modelos de estimación de biomasa en repoblaciones de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). La información procede de 40 árboles que fueron muestreados en una plantación de 17 años de edad, que presentaba densidades iniciales de 900-1000 pies ha<sup>-1</sup>.

Para testar la idoneidad y precisión de las estimaciones de los nuevos modelos, estos han sido comparados con los existentes propuestos por Ruiz-Peinado et al. (2011). Se ha encontrado que estos subestiman la biomasa total aérea para árboles en repoblaciones jóvenes en un porcentaje medio del 14%, con variaciones dependiendo del compartimento considerado. Así, existe una sobreestimación en el caso del peso del fuste de un 5% y del 49% en el caso de las ramillas finas (diámetro menor de 2 cm) con acículas, y una subestimación del 33% en el caso de ramas medias y gruesas (diámetro mayor de 2 cm).

## ¿Cuánto carbono retienen nuestros antiguos montes leñeros? Ecuaciones de biomasa para tallares de encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota* L.) y quejigo (*Q. faginea* Lam.) en la zona centro de la Península Ibérica

Ricardo Ruiz-Peinado<sup>1</sup>, Sonia Roig<sup>2</sup>, Rafael Serrada<sup>3</sup>, José Alfredo Bravo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA)

<sup>2</sup> ECOGESFOR, Grupo de Investigación de Gestión Forestal Sostenible (UPM)

<sup>3</sup> SECF (Sociedad Española de Ciencias Forestales)

sonia.roig@upm.es

**Palabras clave:** montes bajos, leña, selvicultura mediterránea, modelización.

Los tallares de *Quercus* mediterráneos ocupan en España una gran superficie, estimada en más de dos millones de hectáreas. Entre ellos destacan los de encina y quejigo. Gestionados durante años mediante cortas a matarrasa con turnos de 15 a 30 años para obtención de leña, a partir de los años 60-70 los cambios en el mercado de combustibles provocaron el abandono de estos aprovechamientos y por tanto de su gestión. Como consecuencia de ello actualmente presentan problemas selvícolas y ecológicos, que podemos resumir del siguiente modo: elevadas espesuras, crecimiento detenido, falta de regeneración sexual, decaimiento vegetativo, riesgo de muerte de las cepas, elevadísimo riesgo de incendios.

Estas masas presentan grandes cantidades de biomasa tanto en sus partes aéreas como subterráneas, y por tanto cuentan también con grandes cantidades de carbono retenido. Sin embargo su actual situación de inestabilidad hace que también sea elevado el riesgo de liberación de este carbono (el más evidente es el peligro de incendios). Por todo ello es muy importante avanzar en el conocimiento del funcionamiento de estos sistemas, así como en el análisis de alternativas de gestión.

Los modelos que se están empleando actualmente para la contabilidad del carbono fijado por encina y quejigo utilizaron en su ajuste datos procedentes de masas en monte alto (regeneración por semilla) o en monte bajo pero sometidas a resalvos de conversión (reducción de la espesura y, por tanto, de la competencia, para potenciar el crecimiento de los resalvos y dinamizar el sistema). Por otro lado los datos empleados proceden de localidades repartidas por toda la Península.

En este trabajo se presentan unas nuevas ecuaciones de estimación de biomasa aérea en función de diámetro normal y altura total para tallares envejecidos de encina y quejigo no sometidos a resalvos y localizados en la zona centro de la Península.

## Mitigación de GEI en Sistemas Agrícolas



## La variabilidad climática determina el efecto del DMPP sobre las emisiones de N<sub>2</sub>O en clima Mediterráneo

Diego Abalos<sup>1</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>1</sup>, Gemma Andreu<sup>1</sup>, Guillermo Guardia<sup>1</sup>,  
Antonio Vallejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

diego.abalos@upm.es

**Palabras clave:** óxido nitroso, inhibidores, nitrificación, clima.

Aumentar la eficiencia en el uso del nitrógeno (N) es crucial desde un punto de vista tanto económico como medioambiental. Para conseguirlo, una de las estrategias que han sido propuestas es dividir en varias aplicaciones el aporte de fertilizantes. Durante un cultivo de invierno en clima Mediterráneo, la aplicación se divide comúnmente entre una dosis de fondo (Octubre-Noviembre) y otra en cobertera (Febrero-Marzo). Sin embargo, esta práctica de manejo puede llevar asociadas importantes pérdidas de N, inicialmente por lixiviación de nitratos debido a las lluvias de otoño, y en cobertera por emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) debido al aumento de las temperaturas y alta humedad característicos de este período, los cuales favorecen los procesos tanto de nitrificación como de desnitrificación. Los inhibidores de la nitrificación (NIs) como el DMPP disminuyen la oxidación del amonio (ión de baja movilidad) a nitrato (ion de alta movilidad). De esta manera constituyen una oportunidad para actuar sobre las pérdidas de N de los agroecosistemas (Abalos et al., 2014). El objetivo de este experimento es evaluar las mejores prácticas de manejo para reducir emisiones de N<sub>2</sub>O mediante el uso de DMPP, bajo condiciones de clima Mediterráneo. Con este propósito se estableció un experimento de campo de tres años de duración con un cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en secano. Nuestro estudio demuestra que la aplicación de DMPP tanto en fondo como en cobertera puede mitigar las emisiones de N<sub>2</sub>O. Este resultado fue consistente durante los tres años experimentales. La aplicación dividida de fertilizantes no redujo estas emisiones, siendo los beneficios de esta estrategia dependientes de las condiciones climáticas en los días posteriores a la aplicación de fertilizantes.

# Laboreo reducido e incorporación de “cubierta verde” como estrategia de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en suelos Mediterráneos

María Almagro<sup>1</sup>, Noelia Garcia-Franco<sup>1</sup>, Elvira Díaz<sup>1</sup>, María Martínez-Mena<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Edafología y Biología Aplicada del SEGURA (CEBAS-CSIC)

mbonmati@cebas.csic.es

**Palabras clave:** emisiones de CO<sub>2</sub>, secuestro de carbono, agregación, porosidad, leñosas de secano.

El objetivo principal del presente trabajo ha sido evaluar los efectos del laboreo en las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera y en una serie de propiedades físico-químicas del suelo ligadas a la estabilización y secuestro de C orgánico en dos agro-ecosistemas semiáridos de secano. Se han seleccionado dos sitios experimentales (Burete y Alhagüeces) en la Región de Murcia, con características climáticas y litológicas similares, en los que se establecieron diferentes prácticas de laboreo bajo almendro orgánico de secano en octubre de 2008. Se comparan cuatro sistemas de laboreo: laboreo reducido, laboreo reducido con siembra verde, no-laboreo y laboreo convencional. Se presentan resultados de emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera, así como de propiedades físicas (temperatura, humedad y porosidad), químicas (carbono y nitrógeno) y biológicas (biomasa microbiana y respiración basal) del suelo. Las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera se midieron mensualmente durante un periodo aproximado de dos años, y a intervalos de tiempo menores (horas) en los momentos puntuales de las labores.

Las pérdidas anuales de carbono debidas a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del suelo fueron de 422 y 452 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> en el no-laboreo y laboreo convencional respectivamente, y oscilaron entre 475 y 517 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> en el laboreo reducido, y entre 457 y 536 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> en el laboreo reducido con siembra verde. A pesar de observarse mayores tasas de emisiones de CO<sub>2</sub> tras las labores, el efecto del laboreo sobre las mismas fue de corta duración, no afectando al balance anual de emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera.

En este estudio se demuestra la conveniencia de combinar el laboreo reducido y la cubierta verde como estrategia eficiente de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, ya que favorece la capacidad anual de secuestro de C en suelos agrícolas mediterráneos sin aumentar las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## Modelización de las emisiones de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> del suelo en agroecosistemas de secano

Jorge Álvaro-Fuentes<sup>1</sup>, Carlos Cantero-Martínez<sup>2</sup>, Ana Bielsa<sup>3</sup>, Daniel Plaza-Bonilla<sup>4</sup>, José Luis Arrúe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Suelo y Agua. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Zaragoza, Spain.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal, Agrotecnio, Universidad de Lleida

<sup>3</sup> Unidad Asociada de Sistemas Integrados de Producción Agrícola Extensiva en Zonas Mediterráneas (UA-CSIC)

<sup>4</sup> Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) - Toulouse. UMR-AGIR

jorgeaf@eead.csic.es

**Palabras clave:** gases de efecto invernadero, sistemas agrícolas de secano, usos del suelo, modelo DailyDaycent.

Los suelos juegan un doble papel en relación con el cambio climático. Por un lado, éstos tienen la capacidad de disminuir la concentración de dióxido de carbono atmosférico y, a la vez, son importantes emisores de gases de efecto invernadero (GEI). Así, por ejemplo, para el caso específico de los suelos agrícolas, éstos son el principal emisor de N<sub>2</sub>O a nivel global. Con el fin de identificar los usos y prácticas de manejo que permitan mitigar la mayor cantidad de emisiones de GEI, el uso de modelos biogeoquímicos es una excelente opción ya que estos modelos permiten integrar los múltiples procesos que controlan las emisiones de estos GEI.

El principal objetivo de este trabajo fue evaluar el uso del modelo DailyDaycent para simular las emisiones de GEI en suelos agrícolas. En concreto, las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O se midieron durante 18 meses (diciembre 2011 – junio 2013) en cuatro usos del suelo: un cultivo de cebada, una parcela reforestada y dos parcelas abandonadas (una labrada y otra inalterada). Todas las parcelas se localizaron en la provincia de Huesca, en una zona de secano con una precipitación media anual de 327 mm. Los datos observados en cada uno de los usos del suelo se utilizaron para calibrar y validar el modelo DailyDaycent.

En los cuatro usos del suelo, el modelo simuló correctamente la dinámica temporal de la temperatura y del contenido de agua superficial del suelo. En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, el modelo se ajustó bien a los valores promedios observados para cada uso del suelo. En nuestras condiciones, el uso de modelos biogeoquímicos puede ser interesante para identificar usos y prácticas de manejo agrícola que permitan mitigar las emisiones de GEI. No obstante, se requiere un mayor trabajo de ajuste y validación de estos modelos para las diferentes condiciones de los agroecosistemas españoles.

## **Incorporación del inhibidor 3,4 dimetil pirazol fosfato (DMPP) con purín de vacuno y mineral en maíz**

María Dolores Báez<sup>1</sup>, Claudia Gilsanz<sup>1</sup>, María Isabel García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INGACAL-Centro de investigaciones Agrarias de Mabegondo

dolores.baez.bernal@xunta.es

**Palabras clave:** mitigación GEI, fertilización orgánica, mineral, maíz.

El objetivo del estudio fue determinar el efecto del tipo de fertilizante y la utilización del DMPP, incorporado al purín de vacuno (PV) y fertilizantes minerales (ENTEC), en la emisión de  $N_2O$ ,  $CH_4$  y  $CO_2$ . El experimento se llevó a cabo desde mayo a septiembre del 2013 en la finca del CIAM (A Coruña), en un cultivo de maíz forrajero. El diseño experimental fue de bloques al azar y tres repeticiones. Los flujos de emisión de los tres gases se determinaron durante el ciclo completo del cultivo utilizando el método de la cámara estática.

Se ensayaron ocho tratamientos de fertilización: T1) 0 N; T2) y T3) aplicaciones de PV sin y con DMPP en un solo aporte previo a la siembra (275 kg N/ha); T4) aplicación de PV (138 kg N/ha) en siembra y 100 kg N/ha en forma de NAC27 en cobertera; T5) PV (138 kg N/ha) en siembra y 100 kg N/ha con ENTEC26 en cobertera; T6) PV+DMPP (138 kg N/ha) en siembra y 100 kg N/ha con ENTEC26 en cobertera; T7) 100 kg N/ha con NPK 15-15-15 en siembra y 100 kg N/ha en cobertera con NAC27, y finalmente T8) 200 kg N/ha con ENTEC 24-8-7 en siembra. Las fertilizaciones se llevaron a cabo el 28/05/2013 (previa siembra) y el 23/07/2013 (cobertera).

Los mayores flujos de emisión para los tres gases se hallaron en el periodo comprendido entre la siembra y el establecimiento del cultivo, con valores medios de WFPS del 50%. A partir de la fertilización de cobertera los valores de WFPS disminuyeron progresivamente (30%), provocando una reducción en las emisiones de  $N_2O$  y  $CH_4$ . La mayor capacidad de mitigación de la emisión total del  $N_2O$  debida al uso del inhibidor se obtuvo cuando se incorporó con el PV, reduciendo las emisiones en un 41% (T3 respecto a T2) y en un 32% (T6 respecto a T4). La emisión de  $CH_4$  obtenida con PV a dosis alta se redujo considerablemente al disminuir la dosis de purín y complementarla con mineral en cobertera, hecho que no se observó para el  $CO_2$ .

# Estudio de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un suelo enmendado con residuos orgánicos frescos y compostados I: evaluación durante un cultivo de trigo

María Ángeles Bustamante<sup>1</sup>, María Dolores Pérez-Murcia<sup>1</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>2</sup>, Enrique Agulló<sup>1</sup>, Aurelia Pérez-Espinosa<sup>1</sup>, Concepción Paredes<sup>1</sup>, Antonio Marín-Martínez<sup>1</sup>, Raúl Moral<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH), Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

marian.bustamante@umh.es

**Palabras clave:** compost, lodo de depuradora, metano, óxido nitroso, dióxido de carbono.

La incorporación de enmiendas orgánicas al suelo supone una importante mejora de la calidad del mismo, al mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Sin embargo, la adición de enmiendas orgánicas al suelo también puede constituir una fuente de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ), ya sea directamente por la liberación de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ , procedentes de los compuestos de C y N presentes en estas enmiendas, o indirectamente a través de sus efectos en las propiedades del suelo que puedan inducir las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo.

El principal propósito de este trabajo fue estudiar el efecto diferencial sobre las emisiones de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) durante un cultivo de trigo (*Triticum aestivum*), del uso de enmiendas orgánicas frescas, como son los lodos de depuradora, frente a un material orgánico estabilizado, un compost de residuos ganaderos. Para ello, los tratamientos que se establecieron fueron los siguientes: suelo control sin enmienda (control), suelo enmendado con un lodo de depuradora aerobio (L) y suelo enmendado con un compost elaborado a partir de residuos ganaderos (C). Las enmiendas orgánicas fueron incorporadas al suelo y posteriormente se realizó la siembra del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* var. Galera). Los efectos de los diferentes tratamientos sobre las emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  fueron determinados a lo largo de todo el cultivo, observando notables diferencias entre los tratamientos estudiados, así como, en general, las emisiones más altas durante los 15 primeros días de experimento.

## Efecto de fertilizantes orgánicos y minerales y dos sistemas de riego en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un cultivo de maíz

Max T. Cangani<sup>1</sup>, Guillermo Guardia<sup>2</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>2</sup>, Gemma Andreu<sup>2</sup>, Angela Tellez-Rio<sup>2</sup>, Sonia García-Marco<sup>2</sup>, Antonio Vallejo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Jaboticabal, Brasil.

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

max\_tc@hotmail.com

**Palabras clave:** orina de cerdo, compost, aspersión, goteo, DMPP.

La aplicación de fertilizantes orgánicos junto con inhibidores de la nitrificación, y su interacción con sistemas de riego localizado pueden conducir a un incremento en la eficiencia en el uso de nitrógeno (N), reduciendo las pérdidas por volatilización de  $\text{NH}_3$  y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En vista de esto, se realizó un ensayo con un cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en la finca "El Encín" (Alcalá de Henares, Madrid), para evaluar los efectos de estas prácticas en las emisiones de GEI ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ), que se midieron mediante cámaras cerradas. Se evaluaron dos sistemas de riego (aspersión y goteo) y los siguientes tratamientos fertilizantes: orina de cerdo (O), orina + inhibidor de la nitrificación DMPP (O + I), compost de la parte sólida del estiércol de cerdo (Comp), urea (U) y control (C). Todos los tratamientos (excepto C) fueron fertilizados con  $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$ . Las mayores emisiones de  $\text{CO}_2$  se observaron en los tratamientos Comp y O + I en aspersión. Al compararse los mismos tratamientos en goteo, hubo una reducción en las emisiones de  $\text{CO}_2$  del 66% y 63%, respectivamente. Los tratamientos U y O + I dieron lugar al mayor sumidero de  $\text{CH}_4$  en ambos sistemas de riego. Sin embargo, las emisiones acumuladas de  $\text{N}_2\text{O}$  en U fueron un 91, 29, 45 y 70% más altas que en los tratamientos C, Comp, O y O + I, respectivamente, en riego por aspersión. El riego por goteo redujo las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  para todos los tratamientos fertilizantes, especialmente U y Comp (76 y 66% de reducción, respectivamente). Prácticas como la adición de inhibidores de la nitrificación en la orina y o riego por goteo redujeron los flujos de  $\text{N}_2\text{O}$  a la atmósfera. Teniendo en cuenta el potencial de calentamiento global del  $\text{N}_2\text{O}$ , se concluye que la sustitución de U por fertilizantes orgánicos asociados con estas prácticas se puede considerar una buena estrategia para reducir las emisiones de GEI en agrosistemas Mediterráneos de regadío.

# Efecto de la rotación de cultivos bajo siembra directa en el mantenimiento del C orgánico del suelo en agroecosistemas de secano Mediterráneo

Carlos Cantero-Martínez<sup>1</sup>, Javier Bareche<sup>1</sup>, I. Nogué<sup>1</sup>, Guillermo A. Studdert<sup>2</sup>, Daniel Plaza-Bonilla<sup>3</sup>, Jorge Álvaro-Fuentes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universitat de Lleida

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina.

<sup>3</sup> Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) - Toulouse. UMR-AGIR

<sup>4</sup> Departamento de Suelo y Agua. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Zaragoza, Spain.

carlos.cantero@pvcf.udl.cat

**Palabras clave:** materia orgánica del suelo, stocks de C, rotaciones de cultivo, siembra directa.

Varios estudios en diversas condiciones edafoclimáticas indican incrementos de C orgánico en el suelo con el uso de la siembra directa (SD). La utilización de rotaciones de cultivos es importante para el incremento y mantenimiento de la productividad y especialmente cuando se utilizan sistemas de manejo de suelo basados en el laboreo reducido o no-laboreo (SD). A pesar de que numerosos autores indican el efecto positivo que esta práctica podría tener para incrementar el secuestro de C en los suelos, hay pocos trabajos y menos en condiciones Mediterráneas que cuantifiquen este incremento. El presente estudio tiene como principal objetivo analizar el efecto de diferentes rotaciones de cultivo utilizando el sistema de siembra directa sobre el incremento del C del suelo en agroecosistemas de secano mediterráneo.

En un campo experimental de larga duración (1999-2014) localizado en una zona de secano semiárido en el Valle del Ebro central, se compararon varias rotaciones de cultivos incluyendo los cultivos de trigo en monocultivo (testigo) junto a combinaciones de cebada, colza, veza, triticale y avena. A lo largo de los 15 años, anualmente se midió el C proveniente de los residuos aéreos del cultivo. A su vez, al inicio y al final del periodo analizado se determinó el stock de carbono orgánico con el fin de calcular las tasas de secuestro de C anual.

Los resultados muestran que la inclusión de cultivos como colza, veza y triticale y avena para forraje mantienen e incrementan ligeramente el nivel de C orgánico del suelo. Sin embargo, el monocultivo de trigo se muestra como el sistema de cultivo que más C orgánico acumula en los suelos en estos sistemas de secano mediterráneo.

## Avances en el uso de biochar para disminuir las emisiones de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas

María Luz Cayuela<sup>1</sup>, María Sánchez-García<sup>1</sup>, José A. Albuquerque<sup>1</sup>, Asunción Roig<sup>1</sup>, Inés López-Cano<sup>1</sup>, Miguel A. Sánchez-Monedero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC).

mlcayuela@cebas.csic.es

**Palabras clave:** biochar, N<sub>2</sub>O, fertilizantes, mitigación.

Continuando con la investigación desarrollada por nuestro grupo en esta materia, en el último año nos hemos centrado en dos líneas de investigación prioritarias: (i) una a nivel más teórico y básico que persigue encontrar las causas y desvelar los mecanismos por los que el biochar disminuye las emisiones de N<sub>2</sub>O en suelos y (ii) una segunda línea más aplicada donde se ha realizado un experimento en campo para estudiar la aplicabilidad real en cultivo de olivar.

(i) Se ha realizado una actualización del meta-análisis publicado (Cayuela et al., 2014), que nos ha permitido revelar la importancia de la relación molar H:Corg del biochar como determinante de su capacidad para disminuir las emisiones de N<sub>2</sub>O, ya que los biochars más aromáticos (menor H:Corg) son significativamente más eficaces para reducir las emisiones (Cayuela et al., 2015). Por otro lado, mediante un estudio con <sup>15</sup>N hemos podido demostrar que el biochar incrementa las emisiones cuando el principal mecanismo de formación de N<sub>2</sub>O es la nitrificación (Sánchez-García et al., 2014). Finalmente, hemos podido descartar una de las hipótesis que se postulaban y que relacionaba la reducción de emisiones de N<sub>2</sub>O con la presencia de compuestos policíclicos aromáticos en el biochar (Albuquerque et al., 2015).

(ii) Se ha realizado un estudio de campo donde se han seguido las emisiones GEI durante dos años tras la aplicación de biochar y compost en olivar ecológico. El estudio demuestra que las emisiones de N<sub>2</sub>O en este sistema agrícola son muy bajas en comparación con otros sistemas. Además, las emisiones de N<sub>2</sub>O obedecieron principalmente a las condiciones climáticas ya que se produjeron exclusivamente en verano y tras periodos de lluvia o irrigación, independientemente del tratamiento orgánico.

El biochar tiene un gran potencial para reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas, pero es necesario esclarecer cuales son los mecanismos involucrados y definir qué sistemas agrícolas pueden beneficiarse de su utilización.



## **Modelización del efecto del clima, suelo y manejo en la sostenibilidad de biocombustibles producidos en el País Vasco**

Agustín del Prado<sup>1</sup>, Patricia Gallejones<sup>1</sup>, Guillermo Pardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Basque Centre For Climate Change (BC3)

agustin.delprado@bc3research.org

**Palabras clave:** sostenibilidad, bioenergía, N<sub>2</sub>O, nitratos, bioetanol.

Para responder bajo qué condiciones de manejo y edafoclimáticas en campo son una selección de biocombustibles producidos íntegramente en el País Vasco más sostenibles se desarrolló una innovadora metodología que integra diferentes modelos de suelo-planta con un estudio de análisis de ciclo de vida (ACV). Dicha metodología fue aplicada para una selección de cultivos (trigo, remolacha y colza) y su consiguiente producción de biocombustible (bioetanol y biodiesel) en una zona de Araba. Con el fin de obtener información sobre el efecto de la variabilidad climática se llevó a cabo el estudio bajo condiciones históricas climáticas de los últimos 50 años, así como dentro de una selección de condiciones futuras considerando el potencial cambio climático de la región. Metodológicamente, los modelos fueron capaces de predecir en campo los principales efectos que el manejo de los fertilizantes y, las condiciones edáficas y meteorológicas tienen sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes precursores de contaminación en aguas (nitratos) o de lluvia ácida, la productividad agraria/energética y el uso de la tierra.

Energéticamente la producción de biocombustibles fue más eficiente que la producción de combustible de origen fósil. Sin embargo, dependiendo del tipo de cultivo y su consiguiente biocombustible generado o/y del tipo de manejo o climatología, no siempre los biocombustibles conllevaron un menor impacto de GEI comparado con el equivalente combustible fósil. El estudio también cuantificó la probabilidad de que su producción íntegramente en Araba pudiera ahora o en un futuro reducir un 35 o hasta un 50% la huella de carbono producida por los combustibles fósiles equivalentes. Este tipo de información, así como la información en relación a la contaminación por nitratos debiera ser instrumental para ayudar estratégicamente a los diferentes agentes relacionados con las políticas de bioenergía, agricultura y Directiva de Nitratos.

## Factores determinantes del balance de carbono en las plantaciones de cítricos

María Fuensanta Espinosa<sup>1</sup>, Domingo J. Iglesias<sup>1</sup>, Eduardo Primo-Millo<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Asunción Amorós<sup>2</sup>, Francisca Hernández<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Citricultura, IVIA.

<sup>2</sup> Depto. Biología Aplicada, EPSO. Universidad Miguel Hernández (UMH).

<sup>3</sup> Depto. Producción Vegetal, EPSO. Universidad Miguel Hernández (UMH).

fuensanta.espinosa@gmail.com

**Palabras clave:** mitigación, cítricos, asimilación, carbono.

Durante los últimos años se ha puesto de manifiesto una creciente preocupación a nivel mundial por las consecuencias adversas del cambio climático. En este contexto, el desarrollo de estrategias de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> por parte de especies vegetales de interés agronómico está demostrando que puede ayudar a combatir estos efectos adversos, reduciendo a su vez la emisión de este gas a la atmósfera. Más concretamente, los cultivos leñosos de hoja perenne – como es el caso de los cítricos– son especialmente interesantes, ya que presentan una actividad fotosintética importante que se mantiene a lo largo del año. Algunos trabajos previos de nuestro grupo de investigación han demostrado la relevancia de este cultivo en la mitigación del cambio climático. En el presente trabajo hemos investigado el efecto de algunos factores que afectan al balance de carbono en las plantaciones de cítricos. Para ello, hemos seleccionado varias parcelas, en diferentes ubicaciones geográficas y sometidas a diferentes condiciones de cultivo (tipo de riego, presencia o no de cubierta vegetal). Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre variedades cultivadas en relación a la capacidad de secuestro de carbono del arbolado, ni tampoco en relación a la respiración del suelo de las plantaciones en que se cultivan. En cambio, la presencia de cubierta vegetal en las plantaciones sí provocó importantes diferencias significativas al respecto de la respiración del suelo. Así, aquellas parcelas que presentaban cubierta vegetal más intensa incrementaron los valores de respiración del suelo más de 10 veces en ciertos momentos del día. El trabajo que presentamos, además, valora el grado en que la cubierta vegetal altera los flujos y el balance de carbono en las plantaciones de cítricos, con las consiguientes implicaciones agronómicas y medioambientales.

## Evaluación de la biomasa de cultivos leñosos como stock de carbono en la cuenca mediterránea

Inmaculada Funes<sup>1</sup>, Jordi Vayreda<sup>2</sup>, Carmen Biel<sup>1</sup>, Xavier Aranda<sup>1</sup>, Antonio Molina<sup>1</sup>, Carles Batlles<sup>2</sup>, Marc Gracia<sup>2</sup>, Beatriz Grau<sup>1</sup>, Felicidad de Herralde<sup>1</sup>, Robert Savé<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)

<sup>2</sup> Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

inmaculada.funes@irta.cat

**Palabras clave:** biomasa, Mediterráneo, cultivos leñosos, alometrias, secuestro de carbono.

Los países de la cuenca mediterránea europea y, entre ellos, España deben desarrollar estrategias de mitigación frente al cambio climático. Uno de los sectores que tradicionalmente es considerado emisor de GEIs es la agricultura, debido a la deforestación y a determinadas prácticas agronómicas (cambios de uso y configuración de suelos, uso no óptimo de pesticidas, fertilizantes, agua y energía, etc.).

Según el informe de Global Climate Change Project (2010) el hemisferio norte empieza a considerarse un sumidero de carbono por el crecimiento del bosque en contrapartida de la agricultura. Esta visión centro-europea/atlántica penaliza el área mediterránea, por la tipología y extensión de las masas boscosas y por su vulnerabilidad frente a perturbaciones consecuencia de las características del hábitat mediterráneo y del cambio climático.

En este contexto, determinadas prácticas agronómicas como el laboreo mínimo, el no laboreo o el mantenimiento de la cubierta vegetal, junto con el establecimiento de plantaciones hortícolas leñosas pueden ser almacenes de carbono relevantes en el contexto mediterráneo.

El presente trabajo, realizado en el marco del proyecto MINECO CARBOSTOCKS, tiene como objetivo evaluar el carbono almacenado en la biomasa de cultivos leñosos en el abanico que abarca desde los viñedos, los frutales de hueso y los de pepita, los frutales cítricos hasta los olivares en Cataluña mediante el desarrollo y aplicación de ecuaciones alométricas.

# Efecto del manejo agrícola en parcelas sujetas a pastoreo ovino en secanos áridos mediterráneos: Diseño de un experimento de medidas de gases de efecto invernadero

Andrea González<sup>1</sup>, Jorge Álvaro-Fuentes<sup>2</sup>, Rosario Fanlo<sup>1</sup>, José Luis Arrúe<sup>2</sup>, Carlos Cantero-Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal, Agrotecnio, Universidad de Lleida

<sup>2</sup> Departamento de Suelo y Agua. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Zaragoza, Spain.  
andreag110@gmail.com

**Palabras clave:** Gases de Efecto Invernadero, mitigación, secano mediterráneo, pastoreo ovino, tecnología agrícola.

La agricultura constituye una fuente importante de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente: dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>; óxido nitroso, N<sub>2</sub>O, y metano, CH<sub>4</sub>. El CO<sub>2</sub> es el gas de efecto invernadero más importante, con una contribución del 50% al calentamiento global.

Entre las diferentes técnicas de producción de cultivos, la fertilización, los tipos de fertilizantes utilizados y su modo de aplicación pueden influir considerablemente en las emisiones de N<sub>2</sub>O y NO. Particularmente, las emisiones de amoníaco desde el suelo están relacionadas con emisiones de óxidos de nitrógeno. Por otro lado existe un incremento en la concentración de CH<sub>4</sub> atmosférico que según una estimación reciente del IPCC se calcula entre 400 y 600 Tg en el 2010, y que es debida a los distintos sistemas de manejo del suelo, y a la utilización de estiércol animal, principalmente purín. Por tanto, la agricultura y la ganadería son emisores importantes de GEI. No obstante, una optimización tecnológica pueden contribuir a la mitigación de estas emisiones. Aun así, faltan datos sobre esta capacidad de mitigación en bastante de los sistemas agro-ganaderos y, especialmente, de ambientes mediterráneos.

Esta comunicación tiene como objetivo presentar el planteamiento experimental y metodológico que se va a seguir con el fin de cuantificar las emisiones del suelo a la atmósfera en un sistema de producción de ovino extensivo basado en el pastoreo parcial de cultivos de alfalfa de larga duración y rastrojeras de cereal de invierno en un ambiente mediterráneo árido. Varias parcelas comerciales se seleccionarán con el fin de medir las emisiones de GEI en la Sierra de Alcubierre próxima a las localidades de Torralba de Aragón en la provincia de Huesca.

## Manejo del riego y la fertilización para la mitigación de Gases de Efecto Invernadero y adaptación de un cultivo de maíz en clima Mediterráneo

Guillermo Guardia<sup>1</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>1</sup>, Max T. Cangani<sup>2</sup>, Gemma Andreu<sup>1</sup>, Antonio Vallejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Jaboticabal, Brasil.

guillermo.guardia@upm.es

**Palabras clave:** Gases de Efecto Invernadero, inhibidores, fertirriego, rendimiento, maíz.

Los inhibidores de la nitrificación y ureasa han demostrado en numerosos ensayos su potencial para mitigar las emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) y aumentar los rendimientos bajo condiciones determinadas. Del mismo modo, otras prácticas basadas en un manejo eficiente del riego y la fertilización pueden ser incluso más efectivas a la hora de reducir las pérdidas de N del agrosistema, tal y como se confirmó en un reciente meta-análisis. En este contexto, se llevó a cabo un ensayo en la finca de "El Encín" (Alcalá de Henares, Madrid) con un cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en el cual se midieron las emisiones de  $N_2O$  y metano ( $CH_4$ ) mediante cámaras cerradas, y se relacionaron con el rendimiento (grano y biomasa). Los tratamientos evaluados compararon el manejo convencional del maíz (riego por aspersión, y urea/nitrato amónico cálcico (NAC) aplicados en superficie) con tratamientos basados en el uso de inhibidores, en riego por aspersión y misma forma de aplicación (urea con inhibidor de la ureasa NBPT, NAC con inhibidor de la nitrificación DMPA) y tratamientos en los que los mismos fertilizantes minerales se aplicaron mediante fertirriego y sin inhibidores. Pese a que la aplicación de urea y NAC mediante fertirriego redujo el sumidero de  $CH_4$  en comparación con el resto de tratamientos fertilizantes, las emisiones de  $N_2O$  acumuladas y escaladas al rendimiento disminuyeron en el orden siguiente: tratamientos convencionales > inhibidores > fertirriego. Los sistemas de manejo alternativo evaluados mostraron resultados prometedores a la hora de reducir las emisiones de  $N_2O$ , manteniendo la producción de biomasa (o incluso aumentándola en el caso de los tratamientos en fertirriego) y grano, por lo que son prácticas recomendables para cultivos de regadío en zonas semiáridas donde los recursos hídricos son limitados, máxime en un contexto de aumento de las temperaturas y del riesgo de sequía.

## Efecto a corto plazo del inhibidor de la nitrificación DMPSA en las emisiones de N<sub>2</sub>O en trigo

Ximena Huérfano<sup>1</sup>, Kevin Fernández-Díez<sup>1</sup>, Teresa Fuertes-Mendizábal<sup>1</sup>, Carmen González-Murúa<sup>1</sup>, José María Estavillo<sup>1</sup>, Sergio Menéndez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Plant Biology and Ecology, University of the Basque Country (UPV/EHU), Apdo. 644, E-48080 Bilbao, Spain

sergio.menendez@ehu.es

**Palabras clave:** DMPSA, inhibidor de la nitrificación, Mediterráneo, óxido nitroso, trigo.

El uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura induce un aumento de las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el cual es un potente gas de efecto invernadero. Para reducir las pérdidas de nitrógeno asociadas a la fertilización y aumentar la eficiencia del uso del nitrógeno, se han desarrollado los inhibidores de la nitrificación, que preservan el nitrógeno del suelo durante más tiempo en forma amoniacal (Menéndez et al., 2006; Weiske et al., 2001). El objetivo de este estudio es determinar el efecto a corto plazo del uso del nuevo inhibidor de la nitrificación DMPSA (3,4-dimetil pirazol succínico) en las emisiones de N<sub>2</sub>O de un cultivo de trigo bajo condiciones de clima Mediterráneo húmedo. El estudio se realizó durante dos años (2013 y 2014) en Arkaute (Álava) en un cultivo de trigo blando de invierno (variedad Cezanne). Se estableció un diseño experimental en bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento y un tamaño de parcela de 40 m<sup>2</sup>. Se aplicaron 3 tratamientos: un control sin fertilizar, uno con sulfato amónico (SA) y un tercer tratamiento de sulfato amónico combinado con dimetil pirazol succínico (DMPSA). Las dosis aplicadas y los momentos de aplicación se detallan en la Tabla 1. Las emisiones de N<sub>2</sub>O se midieron utilizando la técnica de cámaras cerradas (Menéndez et al., 2008) durante las 6 semanas siguientes a cada fertilización. La aplicación de sulfato amónico provocó un aumento de las emisiones de N<sub>2</sub>O en las cuatro fertilizaciones, aunque de forma dispar (Tabla 2). A pesar de que en el ahijado la aplicación de fertilizante fue la mitad que en el inicio de encañado, en ambos años se observaron las mayores pérdidas tras la primera fertilización. El tipo de suelo permitiría que las pérdidas de N<sub>2</sub>O se diesen tanto por nitrificación como por desnitrificación a pesar del alto contenido de agua del suelo (que varió entre 60% y 98% WFPS expresado como porcentaje de poros del suelo llenos de agua) y las bajas temperaturas (entre 1°C y 13°C) en el momento de ahijado. El inhibidor de la nitrificación DMPSA redujo las emisiones de N<sub>2</sub>O significativamente. Mientras que la reducción en el ahijado fue del 86-87%, en el inicio del encañado la reducción de las emisiones fue solo del 30-38%. Esta disminución de la eficiencia del DMPSA cuando se aplica en el momento de encañado coincide con los resultados obtenidos con el inhibidor DMPP por Menéndez et al. (2012). Estos autores describieron una mayor eficiencia del DMPP a bajas temperaturas cuando el WFPS era del 80% debido a las mayores tasas de emisión de N<sub>2</sub>O inducidas en estas condiciones por el fertilizante. Bajo nuestras condiciones de clima mediterráneo húmedo, el empleo de DMPSA permite mitigar las emisiones de N<sub>2</sub>O, siendo su eficiencia de reducción mayor en los momentos en que las condiciones edafoclimáticas favorecen grandes emisiones de N<sub>2</sub>O.

## Organic fertilization as mitigation strategy to combat climate change in energy crops over Spanish soils

Carmen Lago<sup>1</sup>, Yolanda Lechón<sup>1</sup>, Israel Herrera<sup>1</sup>, Javier Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid.

<sup>2</sup> Grupo de Agroenergética. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

carmen.lago@ciemat.es

**Palabras clave:** energy crops, mitigation, organic fertilization, GHG emission savings.

Mitigation strategies implementation from agricultural sector is crucial to reduce GHG emissions, which contributed with a 24% of the total emissions in 2010 inventory. GHG emission savings from bioenergy in the EU must be 35% at present, 50% at 2017 and 60% at 2018. Bioenergy could play an important role in this context, but it has been assured the introduction of improved management practices set the expected benefits according to different climatology and energy crops. The objective is to evaluate the expected GHG emission savings when traditional mineral fertilization is substituted by organic fertilization. Energy crops to be analyzed are wheat and barley to bioethanol production and rapeseed and sunflower to biodiesel. NUTS2 have been characterized according to agricultural inputs taking into account regional differences in yields and pedo-climatic features. N<sub>2</sub>O emissions are calculated using Stehfest and Bouwman 2006, which provides specific information about climatic, crop and soil parameters. Reference system is provided by the agricultural database developed to the Spanish biofuel GHG emissions calculation tool, CALCUGEI. Guidelines for the calculation of land carbon stocks have been provided by the COM (2010/335/EU). IPCC Tier 1 is the methodology chosen to calculate the soil organic carbon in mineral soils. Calculations are performed by Agrarian County and then aggregated by province and by region. Regional variations of expected GHG emission savings are showed in the results, both to reference system (traditional practices with mineral fertilizers) and improved system (organic fertilization). Mitigation strategies could help to reduce GHG emissions from agriculture, both to avoid mineral fertilizer production and by lower emissions on field. Additional research is required to better characterization over countryside, especially to understand the influence of Mediterranean conditions into C and N cycle.

# Efectos de la identidad e interacciones de plantas sobre la producción y los intercambios gaseosos de gases traza en mezclas forrajeras

Rosa Llurba<sup>1,2</sup>, Angela Ribas<sup>2</sup>, Fabrice Gouriveau<sup>2</sup>, Nuria Altimir<sup>2</sup>, John Connolly<sup>4</sup>, M. Teresa Sebastià<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitat de Lleida.

<sup>2</sup> Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC).

<sup>3</sup> Universitat Autònoma de Barcelona.

<sup>4</sup> University College Dublin.

rosa.llurba@ctfc.cat

**Palabras clave:** emisiones de gases de efecto invernadero, intercambio de N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, mezclas forrajeras, policultivo.

Se analiza el efecto potencial de la diversidad de plantas sobre la producción y los intercambios de gases de efecto invernadero en mezclas forrajeras, identificándose los co-beneficios potenciales entre funciones. Utilizando los modelos generalizados diversidad-interacciones (GDI), analizamos los resultados de un experimento de campo donde la proporción relativa de tres especies forrajeras (una gramínea, una leguminosa y una forbia no leguminosa) se varió para obtener un gradiente de proporciones de especies y equitabilidades. Los intercambios gaseosos de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> and CO<sub>2</sub> se midieron juntamente con la producción forrajera y el contenido inorgánico de nitrógeno del suelo. Se llevaron cabo mediciones de gases cuatro años después del establecimiento del campo experimental durante el momento esperado de mayores emisiones. Los resultados apoyan la hipótesis de que las tasas de emisiones se ven afectadas por la biodiversidad. Mezclas más equitativas presentaban una mayor producción y modulaban las concentraciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en el suelo, al tiempo que decrecieron las tasas de intercambio de N<sub>2</sub>O, con indicios de un efecto similar sobre el CH<sub>4</sub>. La composición vegetal afectó a los intercambios gaseosos, con los monocultivos de leguminosas mostrando las tasas de emisión más altas para todos los gases. En conclusión, un análisis integrado de las respuestas de la producción y las emisiones a variaciones en diversidad de especies permiten identificar un rango de proporciones de especies para el cual ambas funciones están optimizadas. La diversificación sembrada de los sistemas forrajeros basados en leguminosas podría contribuir a la mitigación al tiempo que mejora la productividad del agro-ecosistema.



## **Influencia del tipo de cultivo y de su manejo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a las operaciones agrícolas en climas semiáridos en secano**

Francisco Márquez<sup>1</sup>, Jesus A. Gil-Ribes<sup>1,2</sup>, Gregorio L. Blanco-Roldán<sup>1</sup>, Juan Agüera-Vega<sup>1</sup>, Emilio J. González-Sánchez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Córdoba

<sup>2</sup> Asociación Española Agricultura de Conservación. Suelos Vivos.

g92magaf@uco.es

**Palabras clave:** cambio climático, secano, cultivos herbáceos, agricultura de conservación, siembra directa.

La agricultura es la tercera actividad humana en la emisión de GEI en España. Los cultivos herbáceos de secano al ocupar más de 50 % de la superficie total cultivable son una de las principales fuentes emisoras. Sin embargo, esta clasificación engloba una extensa gama de cultivos en los que se realizan muy distintas prácticas productivas, lo que tiene una gran influencia en la emisión final de GEI de estos procesos. Por otra parte, el sistema de manejo de suelo tiene una gran influencia en el resultado final por las importantes variaciones que ocasionan en el consumo de combustible. Finalmente, la aplicación de tecnologías de precisión como la ayuda al guiado (AG) también producen reducciones en las emisiones al disminuir el solape de las operaciones.

Durante cuatro campañas agrícolas se realizaron mediciones en tres fincas experimentales situadas a lo largo del Valle del Guadalquivir. En total se cultivaron 30 ha en cada campo experimental siguiendo una rotación triple (trigo-girasol-leguminosa) manejados bajo siembra directa (SD) y laboreo (L). De manera complementaria en los tratamientos de SD se utilizó también la AG. Anualmente se realizaron calendarios de operaciones mediante el monitoreo de las mismas, evaluando su consumo de combustible y de energía asociados a cada cultivo y manejo, que posteriormente se convirtieron a emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente.

El trigo fue el cultivo en el que más se emitió para su producción, pues se utilizaron elevadas dosis de fertilizantes. Estos valores superaron en 3,5 veces a los de las leguminosas y en 6,5 veces al girasol. En todos los cultivos se obtuvo una importante reducción de emisiones con la combinación de SD & AG. En el trigo disminuyó en un 12,0%, proviniendo ésta en un 35,8% de la reducción del consumo de combustible aportada por la SD y en un 64,2% de la AG. Para el girasol y la leguminosa las reducciones fueron de 18,4 % y 26,3% respectivamente, debiéndose principalmente a la aplicación de SD (>85% en ambos casos).

## Captura de C en suelos agrícolas tratados con cenizas de biomasa que contienen carbón

Agustín Merino<sup>1</sup>, Beatriz Omil<sup>1</sup>, Miguel A. Balboa<sup>1</sup>, María Teresa Fonturbel<sup>1</sup>,  
José Antonio Vega<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Santiago de Compostela, Norvento, Xunta de Galicia

agustin.merino@usc.es

**Palabras clave:** biochar, cenizas, materia orgánica, residuos.

Las cenizas de biomasa generadas como residuos en las plantas de combustión pueden ser aplicadas al suelo como fertilizante para mejorar la producción de cultivos. Puestos que estas cenizas también contienen cantidades moderadas de carbón (black carbon), también pueden servir para mejorar el contenido y calidad de la materia orgánica, e incrementar la captura de C en los suelos.

El estudio se realizó en un suelo de cultivo degradado (pH 4.5, COS 3 % y textura fina). Los tratamientos fueron: Control, 16 Mg de ceniza volante ha<sup>-1</sup>, 16 Mg ceniza mixta ha<sup>-1</sup> y 32 Mg ceniza mixta ha<sup>-1</sup>. La ceniza, procedente de la combustión de biomasa de *Pinus radiata* es altamente alcalina y contiene más de 10 % de compuestos carbonosos, de tipo black carbon. La evolución de la calidad de la MO se realizó por <sup>13</sup>C CP-MAS NMR y DSC. La actividad microbiana por determinación de biomasa microbiana y respiración basal y Biolog. El estudio tuvo una duración de tres años.

El aporte de ceniza derivó en aumentos significativos de pH y nutrientes, lo que incrementó la producción agrícola. A los tres años, la aplicación aumentó el contenido de MO. Los análisis revelaron un aumento de la aromaticidad de la MO del suelo, pero también un aumento de la fracción lábil. La actividad microbiana y la respiración aumentaron, al igual que los índices de diversidad funcional. El estudio pone de manifiesto que, al igual que el biochar obtenido por pirolisis, la aplicación de cenizas de biomasa pueden aumentar la capacidad de captura de C en los suelos.

## **Evolución a largo plazo de propiedades físicas y balance de C orgánico del suelo en un escenario de manejo agroecológico en huerto urbano**

Raúl Moral<sup>1</sup>, Enrique Agulló<sup>1</sup>, María Dolores Pérez-Murcia<sup>1</sup>, Aurelia Pérez-Espinosa<sup>1</sup>, María Ángeles Bustamante<sup>1</sup>, Concepción Paredes<sup>1</sup>, Antonio Marín-Martínez<sup>1</sup>, Adrián Grau<sup>1</sup>, Santiago Garcia-Martinez<sup>1</sup>, Juan José Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH), Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

raul.moral@umh.es

**Palabras clave:** agroecología, stock C, huerto urbano, densidad aparente.

La gestión agroecológica en su conjunto y específicamente algunas de sus prácticas de manejo favorecen la fijación de C en el suelo además de mejorar toda una serie de propiedades del suelo relacionadas con la sostenibilidad. En este ámbito, se ha desarrollado un proyecto colaborativo educativo a lo largo del periodo 2006-2014 en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández de Elche, implementando un manejo agroecológico en un huerto ecológico gestionado por alumnos de la propia escuela y utilizando manejos homologables a los empleados en los huertos urbanos.

Durante el periodo de estudio se han analizado las entradas y salidas de biomasa e insumos orgánicos exógenos del sistema, el rendimiento de los cultivos así como los contenidos orgánicos del suelo. En este escenario hemos podido establecer el stock de C edáfico en la parcela y la correlación existente entre rendimiento productivo y C orgánico en el suelo. El estudio está correlacionado con la propia estructura de producción semestral de la parcela, observándose diferencias de producción respecto al C edáfico y su stock entre periodos de primavera-verano y otoño-invierno.

La gestión orgánica de esta parcela ha permitido en el periodo de estudio (7 años) aumentar más de 3 veces el stock de C determinado en el muestreo de diciembre de 2006. Entre otras propiedades, la densidad aparente del suelo se ha reducido (1,51 a 1,20 ton/m<sup>3</sup>) como indicador de la mejoría de las propiedades físicas del suelo. La práctica de una horticultura ecológica prologada en el tiempo se muestra sosteniblemente eficiente en el secuestro de C, con incrementos también sostenidos en la producción de biomasa comercial.

## Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en base al manejo de la paja del arroz en la Albufera de Valencia

Héctor Moreno<sup>1</sup>, Salvador Calvet<sup>1</sup>, Alberto San Bautista<sup>1</sup>, José María Osca<sup>1</sup>,  
Salvador López<sup>1</sup>, Sara Ibáñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitat Politècnica de València (UPV).

hec mora@prv.upv.es

**Palabras clave:** humedal, metano, óxido nitroso, dióxido de carbono, arrozal.

Las zonas naturales antropizadas y convertidas en tierras agrícolas incrementan localmente el efecto del cambio climático global por la reducción del carbono orgánico inmovilizado en el suelo y el aumento de las emisiones del cultivo. Bajo la premisa de revertir esta situación, este trabajo de investigación pretende establecer la influencia de dos tipos de manejo del arrozal sobre las emisiones de metano, dióxido de carbono y óxido nitroso. Se seleccionaron 4 parcelas en la Albufera de Valencia con dos manejos distintos: i) retirada de la paja tras la recolección y ii) no retirada, y durante los 3 meses del cultivo se midieron las emisiones en seis ocasiones diferentes utilizando una cámara estática de metacrilato y se extrajeron tres muestras de aire a los 0, 15 y 30 minutos de su instalación. Esta operación se repitió por triplicado en cada parcela, obteniéndose 9 medidas de gases en cada una de las 6 ocasiones. Igualmente se registró la temperatura interior de las cámaras, el número de plantas y su estado vegetativo y la altura de la lámina de agua, tomándose muestras de suelo y agua. Las muestras refrigeradas fueron analizadas mediante cromatografía de gases, comprobándose la normalidad de los datos por Shapiro-Wilk. El tratamiento estadístico se hizo mediante una ANOVA. Los suelos únicamente mostraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al carbono orgánico, con un contenido medio de 7.7 g/Kg mayor en las parcelas con residuo. La emisión de CH<sub>4</sub> fue superior en las parcelas con residuo, mientras que no se observaron diferencias significativas en N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>. De acuerdo al ciclo vegetativo del cultivo, las emisiones sufrieron variaciones significativas al margen del efecto del manejo. Como conclusión general se constata que la acumulación de paja en este Parque Natural incrementa las emisiones de CH<sub>4</sub>, sin apreciarse variación significativa de otros gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

## **Estudio de las emisiones de Gases Efecto Invernadero en suelos vitivinícolas mediterráneos con aplicación de enmiendas orgánicas: Denominación de Origen Protegida Alicante**

Concepción Paredes<sup>1</sup>, Antonio Marín-Martínez<sup>1</sup>, Raúl Moral<sup>1</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>2</sup>, María Ángeles Bustamante<sup>1</sup>, María Dolores Pérez-Murcia<sup>1</sup>, Enrique Agulló<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH), Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

c.paredes@umh.es

**Palabras clave:** Sistemas vitivinícolas, estiércol, compost, emisión de GEI.

El sector vitivinícola español está totalmente extendido por todo el país, con una elevada extensión de suelo dedicada al cultivo de la vid. Por lo tanto, el estudio de diferentes estrategias para la mitigación de GEI dentro de estos sistemas agrícolas es de gran interés. La aplicación de enmiendas orgánicas ha sido utilizada ampliamente en los sistemas vitivinícolas mediterráneos, como herramienta de conservación de suelos degradados, pero ello también puede provocar emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. En este trabajo se ha evaluado el efecto del tipo de enmienda sobre la emisión de GEI de dos suelos vitivinícolas incluidos en la Denominación de Origen Protegida de Alicante, durante la campaña 2014. Se estudiaron dos viñedos, uno antiguo con una variedad autóctona (Monastrell-15 años) y otro más reciente con una variedad importada (Cabernet Sauvignon-10 años) con sistema de conducción en espaldera y riego por goteo. Los tratamientos aplicados fueron: un control sin fertilización (C), fertilización orgánica tradicional con estiércol de cabra+oveja (EST); compost de estiércol comercial (CCOM) y compost a base de residuos vitivinícolas (CVIT). La dosis de enmienda orgánica se ajustó para adicionar 170 kg N/ha. Los muestreos de GEI se realizaron mensualmente mediante cámaras estáticas, tomando el gas de estas cámaras mediante el sistema de "gas pooling". También, se tomó muestra de suelo con el fin de hacer un seguimiento de las dinámicas de nitrógeno y carbono en el suelo. Las emisiones de N<sub>2</sub>O fueron más altas en los suelos con CCOM y con EST, en el caso de las parcelas con la variedad Monastrell y Cabernet Sauvignon, respectivamente. Las emisiones de CH<sub>4</sub> fueron negativas en todos los tratamientos, lo cual podría ser debido a la inhibición de la metanogénesis por compuestos generados a partir de las enmiendas aplicadas (nitratos) o por compuestos endógenos del suelo (sulfatos). Finalmente, las emisiones de CO<sub>2</sub> en los suelos enmendados fueron superiores a las del control.

## Estudio de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un suelo enmendado con residuos orgánicos frescos y compostados II: evaluación durante un cultivo de maíz

María Dolores Pérez-Murcia<sup>1</sup>, María Ángeles Bustamante<sup>1</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>2</sup>, Aurelia Pérez-Espinosa<sup>1</sup>, Enrique Agulló<sup>1</sup>, Concepción Paredes<sup>1</sup>, Antonio Marín-Martínez<sup>1</sup>, Raúl Moral<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH), Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

perez.murcia@umh.es

**Palabras clave:** emisiones de Gases de Efecto Invernadero, enmienda orgánica, maíz.

El uso de las enmiendas orgánicas en el suelo implica una serie de mejoras en el mismo a nivel físico, químico y biológico. Sin embargo, su adición al suelo también puede provocar emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O), ya sea directamente por la liberación de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, procedentes de los compuestos de C y N presentes en estas enmiendas, o indirectamente a través de sus efectos en las propiedades del suelo que puedan inducir las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo.

En este trabajo se evaluó el efecto diferencial del uso de enmiendas orgánicas frescas, como son los lodos de depuradora, frente a un material orgánico estabilizado, un compost de residuos ganaderos, sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) durante un cultivo de maíz (*Zea mays*), y tras haber llevado a cabo previamente un cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) sin repetir la adición de las enmiendas. Los tratamientos establecidos fueron los siguientes: suelo control sin enmienda (control), suelo enmendado con un lodo de depuradora aerobio (L) y suelo enmendado con un compost elaborado a partir de residuos ganaderos (C). Las enmiendas orgánicas fueron incorporadas al suelo, se realizó el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* var. Galera) y una vez recogido el trigo, se procedió al sembrado del maíz (*Zea mays* var. Pioneer P1758Y). Los efectos de los diferentes tratamientos sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O fueron determinados a lo largo de todo el cultivo de maíz, observando un comportamiento diferencial durante este ciclo de cultivo.

# Inclusión de cultivos cubierta para paliar la disminución del contenido de carbono y nitrógeno orgánico del suelo en rotaciones de leguminosas grano en el suroeste de Francia

Daniel Plaza-Bonilla<sup>1</sup>, Eric Justes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) - Toulouse. UMR-AGIR

daniel.plaza-bonilla@toulouse.inra.fr

**Palabras clave:** carbono orgánico, cultivos cubierta, leguminosas grano, nitrógeno orgánico, rotaciones de cultivo.

Las leguminosas grano juegan un rol importante en los sistemas de cultivo debido a su potencial de fijación de N<sub>2</sub> y el aumento de la demanda global de proteína. No obstante, dado su menor contenido en ácidos fenólicos y la menor relación C:N de sus restos de cosecha, su incorporación en las rotaciones podría llevar a un incremento en la descomposición de la materia orgánica del suelo. Para dilucidar su impacto sobre la materia orgánica del suelo, se compararon tres rotaciones trianuales con diferentes niveles de inclusión de leguminosas de grano (LG0, LG1 y LG2; 0, 1 y 2 leguminosas grano, respectivamente) con (CC) y sin (B; barbecho desnudo) la utilización de cultivos cubierta en un experimento de parcelas divididas con tres repeticiones establecido en 2003 en el Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) en Auzeville (SO Francia) (43° 31' N, 1° 30' E, 150 msnm). Se cuantificaron los cambios en el contenido de carbono y nitrógeno orgánicos del suelo (COS y NOS) después de 2 rotaciones completas (6 años) así como la cantidad de C y N aportada por los restos de cosecha y los cultivos cubierta. Además, se analizó la capacidad del modelo STICS para predecir el contenido de SOC y SON bajo los diferentes tratamientos. Los tratamientos afectaron de forma significativa a los aportes de C y N y a los cantidad de COS y NOS. Así, se observó una disminución de la cantidad de COS al incluir leguminosas grano en las rotaciones. No obstante, la inclusión de cultivos cubierta llevó al mantenimiento de la cantidad de COS del suelo. Por otro lado, el modelo STICS simuló satisfactoriamente el contenido de COS y NOS mostrando un buen potencial para estimar el impacto de diferentes sistemas de cultivo sobre la materia orgánica del suelo. Nuestros resultados muestran que la utilización de cultivos cubierta es una estrategia útil y necesaria para mantener el contenido de materia orgánica del suelo en rotaciones basadas en leguminosas grano.

## Especies de gramíneas, crucíferas y leguminosas como cubiertas vegetales en olivar para reducir la erosión y la pérdida de Carbono del sistema

Miguel Ángel Repullo<sup>1</sup>, Rafaela Ordóñez<sup>1</sup>, Javier Márquez<sup>1</sup>, Manuel Moreno<sup>1</sup>,  
Rosa Carbonell<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFAPA, Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales

mangel.repullo@juntadeandalucia.es

**Palabras clave:** escorrentía, erosión, olivar, simulador de lluvia, carbono orgánico.

El olivo tradicionalmente se ha plantado en zonas marginales, puesto que puede crecer en suelos pedregosos o de poca productividad y no es muy exigente en agua y nutrientes. La alternancia de otro cultivo en la zona, sobre todo de tipo herbáceo, se hace difícil. En muchos casos se encuentra situado en laderas de más del 20% de pendiente. El exceso de laboreo, producido con la intensificación de la agricultura tras la aparición de los tractores, ha favorecido la disgregación de las partículas y que el suelo quede desprotegido siendo fácilmente erosionable.

El objetivo de este trabajo ha sido determinar, mediante un simulador de lluvia por aspersión, el efecto de la cobertura y de la intensidad de lluvia en la generación de escorrentía, pérdida de suelo y pérdida de carbono orgánico asociado al sedimento arrastrado.

Se han empleado diferentes especies como cubierta vegetal: una gramínea (*Brachypodium distachyon*), una crucífera (*Sinapis alba*) y dos leguminosas típicamente empleadas como cubierta, veza (*Vicia sativa*) y yeros (*Vicia ervilia*). Se han comparado con una cubierta de hierba espontánea y con el sistema de laboreo. Las parcelas tienen unas dimensiones de 5×10 m y están situadas en una ladera del 20% de pendiente. Se han realizado simulaciones con dos intensidades de lluvia, 15 y 40 mm h<sup>-1</sup>, en dos momentos del año, con la cubierta en su desarrollo y tras su desbroce mecánico. Cada ensayo ha tenido tres repeticiones y se han realizado durante dos campañas, lo que hace un total de 24 simulaciones de lluvia por parcela.

Considerando las simulaciones de lluvia generadas durante dos años de estudio, se observó que los tratamientos con cubierta, fuera ésta sembrada o espontánea, redujeron las pérdidas de suelo y carbono orgánico de forma significativa en más de un 90% comparado con el sistema de laboreo.

Las altas tasas de pérdidas por procesos erosivos hace necesaria la implantación de sistemas de conservación como las cubiertas que protejan el suelo y su fertilidad.



# Evaluación de la dinámica de saturación de las fracciones de carbono orgánico en suelos mediterráneos

José Luis Vicente<sup>1</sup>, Roberto García-Ruiz<sup>1</sup>, Víctor Aranda<sup>1</sup>, Julio Calero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Jaén

jvicente@ujaen.es

**Palabras clave:** carbono orgánico en el suelo (COS), olivar, cubierta.

El carbono orgánico en el suelo (COS) se encuentra distribuido en fracciones de distinta labilidad. Dependiendo de la calidad de la fuente de CO (carbono orgánico) original y de las propiedades edáficas, el CO se distribuye en: i) no protegido, ii) físicamente protegido iii) químicamente protegido, iv) bioquímicamente protegido.

Para separar estas fracciones se emplean métodos físicos y químicos de acuerdo con el esquema propuesto por Six et al. (2002) y Stewart et al. (2009). De acuerdo con estos autores, las fracciones protegidas física y químicamente siguen una dinámica de saturación. Esto es, a medida que se incrementa el contenido en COS el CO asociado a dichas fracciones aumenta en menor proporción. Sin embargo, de acuerdo con este modelo teórico el COS no protegido sigue una dinámica de no saturación, produciéndose un aumento constante del COS no protegido a medida que se incrementa el COS total.

Con el fin de testar esta hipótesis, se tomaron muestras de suelo a lo largo de un gradiente de entrada y acumulación de CO: en olivar sin cubierta vegetal, en olivar con cubierta vegetal y con vegetación natural.

El mejor ajuste entre el COS total del suelo y el contenido en CO en cada una de las cuatro fracciones fue el de un modelo de saturación para las fracciones física y químicamente protegidas frente al modelo lineal. Sin embargo, para las fracciones bioquímicamente protegida y no protegida el mejor ajuste fue el de un modelo lineal. Los resultados son coincidentes con los obtenidos por Stewart et al. (2008).

Estos resultados deberían ser tenidos en cuenta en el contexto de la implantación de manejos conducentes al secuestro de CO en agroecosistemas, pues la tasa de acumulación de CO dependería fuertemente del contenido en COS, siendo las tasas de acumulación de CO mucho más elevadas durante los primeros años tras la implantación del manejo, mientras que con el paso del tiempo ésta disminuiría progresivamente.

## Estimación del stock de carbono orgánico del suelo en España mediante técnicas geoespaciales

Jorge Álvaro-Fuentes<sup>1</sup>, José Antonio Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Suelo y Agua. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Zaragoza, Spain.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA)

jorgeaf@eead.csic.es

**Palabras clave:** carbono orgánico del suelo, suelos forestales, suelos agrícolas, cambio climático, sistemas de información geográfica.

El suelo desempeña una función clave en el ciclo global del carbono, representando un importante almacén de CO<sub>2</sub> atmosférico. La cantidad total de carbono que contiene el suelo es dos a tres veces superior al del CO<sub>2</sub> atmosférico. El carbono previamente fijado en los tejidos vegetales pasa a almacenarse en la estructura del suelo con un tiempo de residencia variable en función de los condicionantes climáticos, edáficos y de manejo que actúen sobre el mismo. El conocimiento de los stocks de carbono orgánico a gran escala es fundamental a la hora de identificar zonas críticas de calidad del suelo; establecer políticas de gestión del territorio y de los recursos; confeccionar los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y, por último, calibrar y validar modelos de dinámica de carbono orgánico del suelo a escalas amplias del territorio.

En este estudio presentamos la primera estimación realizada del stock de carbono orgánico del suelo, para la totalidad del territorio español, a partir de un muestreo sistemático y regular (8x8 km en zonas agrícolas y 16x16 km en áreas forestales y pastos). Mediante un total de 4401 muestras de carbono orgánico en suelo, 1567 valores de densidad aparente y 3833 de pedregosidad, y basándose en la variabilidad espacial entre observaciones, se han generado mapas para estas variables implicadas en el cálculo de los stocks de carbono.

Los resultados muestran un stock total de carbono orgánico en los primeros 20 cm de suelo de 2820 Tg C en España, con un valor medio de contenido de carbono de 56,6 Mg C ha<sup>-1</sup>. Los pastizales (57,5 - 68,1 Mg C ha<sup>-1</sup>) y los bosques (65,2 - 98,6 Mg C ha<sup>-1</sup>) presentan los mayores contenidos medios de carbono, mientras que las zonas agrícolas muestran los menores contenidos (38,1 - 45,3 Mg C ha<sup>-1</sup>). No obstante, es importante destacar que la mitad de nuestra superficie agrícola está por debajo del 1% de concentración de carbono orgánico en los primeros 20 cm de suelo.

## Evaluación de los modelos DayCent y DNDC para predecir las emisiones de óxido nitroso en un cultivo de maíz en regadío

Guillermo Pardo<sup>1</sup>, Jaime Recio<sup>2</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>2</sup>, Agustín del Prado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Basque Centre For Climate Change - BC3 (Alameda Urquijo 4, 4º, 48008, Bilbao, Spain)

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040, Madrid, Spain)

guillermo.pardo@bc3research.org

**Palabras clave:** modelos de procesos, maíz, óxido nitroso, DNDC, DayCent.

Los suelos agrícolas representan la fuente más importante de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) antropogénico a escala global, siendo este uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI) y el mayor responsable en la actualidad de la destrucción de la capa de ozono. Obtener una medición precisa de las emisiones de N<sub>2</sub>O del suelo es un proceso complejo, debido a la alta variabilidad temporal y espacial que presentan, lo que hace que requieran un intenso esfuerzo de muestreo en campo. Mediante la utilización de modelos es posible estimar las emisiones ligadas a los sistemas agroforestales en función de las condiciones de suelo, clima y manejo, lo cual además de facilitar el desarrollo de inventarios permite explorar el efecto potencial de distintas estrategias de mitigación. En este contexto, el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la capacidad de los modelos DayCent (versión diaria del modelo biogeoquímico CENTURY) y DNDC (DeNitrification-DeComposition) para predecir las emisiones de N<sub>2</sub>O observadas en un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en regadío bajo condiciones mediterráneas. El ensayo de campo se llevó a cabo durante dos años consecutivos (2009-2010) en la finca experimental de "El Encín" (Madrid), empleándose una dosis de fertilización con urea de 250 kg N ha<sup>-1</sup>. La toma de muestras de gases se realizó mediante cámaras estáticas, determinándose posteriormente las concentraciones de N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> por cromatografía de gases. En cada campaña se recopilaban datos de producción y se llevaron a cabo medidas periódicas de temperatura, humedad y nitrógeno mineral en suelo. Mediante una calibración previa tanto DayCent como DNDC consiguieron capturar las dinámicas de humedad y temperatura en suelo monitorizadas en el ensayo. Ambos modelos predijeron los picos de emisión de N<sub>2</sub>O observados en campo tras la fertilización, siendo las emisiones diarias estimadas con DayCent las que mayor correlación presentaron con los flujos de N<sub>2</sub>O medidos ( $y=0.97x+0.97$ ;  $r^2=0.57$ ). Las emisiones anuales de N<sub>2</sub>O obtenidas de la simulación (1.40 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup>) estuvieron en el mismo rango del valor medio observado en campo (1.30 kgN<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup>) con una desviación media anual del 18%. Estos resultados preliminares indican que a través de un proceso previo de parametrización la utilización de modelos biogeoquímicos (Tier 3) puede resultar una alternativa para el cálculo de inventarios de emisiones agrícolas con una menor desviación que la metodología proporcionada actualmente por el IPCC (Tier 1).

## Sustainable use of grasslands for mitigating greenhouse gas emissions and environmental implications of grassland conversion to agriculture

Eugenio Díaz-Pinés<sup>1</sup>, Haiyan Lu<sup>1</sup>, Klaus Butterbach-Bahl<sup>1</sup>, Ralf Kiese<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Meteorology and Climate Research, Atmospheric Environmental Research (IMK-IFU), Karlsruhe Institute of Technology (KIT) Kreuzteckbahnstr. 19, 82467 Garmisch-Partenkirchen (Germany)

eugenio.diaz-pines@kit.edu

**Palabras clave:** grasslands, GHG, fertilization, harvest, land use change.

Grasslands are ecosystems of high social, ecological and economical importance in large areas of Europe. They are actively used for livestock feeding and provide a number of ecosystem services (e.g. high soil organic carbon storage). In the frame of global change, the C and N balance of the grasslands might be altered, due to both changing environmental conditions and management practices; further, increasing land use change is foreseen. However, the combined effects of management and climate change on the greenhouse gas (GHG) fluxes of grasslands have been poorly understood. In this work, we present 1) ongoing work on the investigation of the effect of management practices (*i.e.* fertilization and harvest) and climate change in the GHG balance of grasslands by a translocation experiment simulating climate change; and 2) a starting project on the consequences of land use change from grassland to agricultural fields. The geographical scope of our research is mainly constrained to pre-alpine grasslands in Central Europe, but our experimental approach ("*space by time*") can provide support for further investigations and the results may serve as a reference for comparisons purposes with other climatic areas. Continuous measurements during three years show that the simulated climate change (increased temperature and decreased precipitation) has a negligible effect on soil N<sub>2</sub>O emissions as compared to the magnitude of the effect of fertilization. Freeze-thaw events contributed significantly to the N<sub>2</sub>O budget. Soil CH<sub>4</sub> uptake rates were enhanced by simulated climate change, likely due a temperature effect. Despite the high temporal monitoring frequency (thus minimizing biases due to temporal interpolation), GHG fluxes inter-annual variability resulted to be high; this appeals for long-term observations to obtain reliable ecosystem responses to environmental changes. Further, the actual loss of grassland areas at the extent of agriculture for bioenergy production will be evaluated. We will present the experimental approach to address the regional implications of land use change by a combination of remote sensing analyses, field surveys and experimental analytics involving isotopic signature of the soil organic carbon. This work is being conducted within the frame of TERENO project, observatory pre-alpine (<http://www.imk-ifu.kit.edu/tereno.php>) and the Helmholtz Association ([www.helmholtz.de](http://www.helmholtz.de)).

## Interacciones entre el ozono, el nitrógeno y el clima en los pastos anuales de dehesas

Héctor Calvete-Sogo<sup>1</sup>, Victoria Bermejo<sup>1</sup>, Laura Sánchez<sup>2</sup>, Javier Sanz<sup>1</sup>, Susana Elvira<sup>1</sup>, Ignacio González-Fernández<sup>1</sup>, Antonio Vallejo<sup>2</sup>, Rocío Alonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ecotoxicología de la contaminación atmosférica. CIEMAT, Avda. Complutense 22, 28040, Madrid.

<sup>2</sup> Departamento de Química y Tecnología de Alimentos. E. T. S. I. Agrónomos, UPM, Madrid.

rocio.alonso@ciemat.es

**Palabras clave:** dehesas, ozono, dosis de N, GHG, óxido nítrico.

Las dehesas constituyen uno de los paisajes más característicos del suroeste de la península Ibérica caracterizados por una gran biodiversidad. El área de distribución de las dehesas está sometida a altas concentraciones de ozono ( $O_3$ ) troposférico, uno de los principales contaminantes atmosféricos en zonas rurales. El  $O_3$  troposférico contribuye al cambio climático por ser un gas de efecto invernadero, pero además es un potente agente oxidante que provoca efectos en la vegetación y en el funcionamiento de los ecosistemas. El aumento de los niveles de  $O_3$  está ocurriendo simultáneamente al cambio climático y al depósito atmosférico de compuestos nitrogenados. Se analizaron las interacciones entre la exposición al  $O_3$ , el aporte de N y las condiciones climáticas en la composición y funcionamiento de pastizales anuales. Para ello se utilizaron comunidades compuestas por 6 especies de 3 familias. El experimento se realizó en el campo de cámaras de techo descubiertas situado en la finca experimental de "La Higuera/CSIC" (Toledo). Las comunidades se expusieron a 4 tratamientos de  $O_3$  y 3 niveles de aporte de N. El  $O_3$  disminuyó la absorción de  $CO_2$ , afectando a la producción del pasto, y aumentó la respiración del suelo y las emisiones de  $N_2O$ . El aporte de N compensó los efectos del  $O_3$  en producción, pero solo para niveles medios de  $O_3$ , aumentando a su vez las emisiones de NO. Por otro lado, el  $O_3$  redujo la eficiencia de la fertilización nitrogenada. En relación con la estructura del pastizal, el  $O_3$  alteró la abundancia relativa de las especies y disminuyó la producción de semillas de las especies más sensibles (tréboles). Por el contrario, el N favoreció el desarrollo de gramíneas frente a las leguminosas. Así mismo, la escasez de precipitaciones favorece el dominio de gramíneas, frente a una mayor abundancia de leguminosas (más sensibles al  $O_3$ ) en los años húmedos. Las complejas interacciones de los factores analizados modifican la diversidad de los pastizales anuales.

## **Balance de CO<sub>2</sub>e y secuestro de Carbono por medio del aumento de la producción de Biomasa en suelos ácidos enmendados**

Ignacio Mariscal<sup>1</sup>, Sonia García-Marco<sup>1</sup>, Diego Abalos<sup>1</sup>, Antonio Vallejo<sup>1</sup>, Rafael Espejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

i.mariscal@upm.es

**Palabras clave:** CO<sub>2</sub>e, suelo ácido, enmienda cálcica, siembra directa.

Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción agraria en 2011 fueron estimadas en 5300 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) a nivel global. En nuestro estudio evaluamos las emisiones y secuestros producidos por la siembra directa (SD) frente al laboreo convencional (LC), junto a la aplicación o no de una enmienda cálcica en un suelo ácido degradado y bajo un clima mediterráneo. Para ello, medimos las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del suelo, la producción de biomasa y la variación de materia orgánica del suelo tras la aplicación de los tratamientos. Nuestro objetivo fue realizar un balance de CO<sub>2</sub>e, restando los secuestros a las emisiones de CO<sub>2</sub>e del suelo, de cada uno de los tratamientos de estudio a lo largo de un ciclo de cultivo para evaluar su impacto en la emisión de gases de efecto invernadero. El gas liberado por el suelo que más contribuyó a las emisiones de CO<sub>2</sub>e fue el propio dióxido de carbono (con más del 80% del CO<sub>2</sub>e emitidos), pero no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Las emisiones de N<sub>2</sub>O acumuladas a lo largo del estudio fueron significativamente mayores en el LC, debido principalmente, a su menor porosidad total y su mayor WFPS con respecto a la SD. Las emisiones de N<sub>2</sub>O también fueron significativamente mayores en las parcelas sin enmienda. Los suelos de la mayoría de las parcelas estudiadas secuestraron CH<sub>4</sub>. En las parcelas de SD se observó un mayor secuestro de CH<sub>4</sub> que en las parcelas bajo LC, debido a la mejora de las condiciones para la actividad de los organismos metanotróficos en SD (Le Mer y Roger, 2001). El balance final (emisiones menos secuestros) mostró una mayor retención de CO<sub>2</sub>e en las parcelas enmendadas frente a las no enmendadas, principalmente debido, al aumento de producción de biomasa, que fue el factor más determinante en nuestros cálculos. De esta forma, más del 70% de las parcelas fertilizadas (tanto bajo LC como SD) mostraron un secuestro de carbono mayor que los suelos no cultivados. En cuanto al secuestro de carbono orgánico en forma de materia orgánica del suelo, que es considerado un sumidero relativamente estable, fue menor al 20 % del secuestro producido por la síntesis de biomasa y no mostró diferencias significativas entre los tratamientos en un ciclo de cultivo.

## Synergies between mitigation and adaptation to climate change: the Ebro Delta case

Carles Ibáñez<sup>1</sup>, Xavier Aranda<sup>1</sup>, Nuno Caiola<sup>1</sup>, Maite Martínez-Eixarch<sup>1</sup>, Francesc Prenafeta<sup>1</sup>, Albert Rovira<sup>1</sup>, Robert Savé<sup>1</sup>, Rosa Trobajo<sup>1</sup>, Marc Viñas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)

carles.ibanez@irta.cat

**Palabras clave:** rice fields, methane, water management, carbon sequestration.

The project Life+ Ebro-ADMICLIM puts forwards pilot actions for adaptation to and mitigation of climate change in the Ebro Delta (Catalonia, Spain), an area vulnerable to sea level rise and subsidence. We propose an integrated approach for managing water, sediment and habitats (rice fields and wetlands), with the multiple aim of optimizing ground elevation (through inputs of inorganic sediment and organic matter), reducing coastal erosion, increasing the accumulation (sequestration) of carbon in the soil, reducing emissions of greenhouse gases (GHG), and improving water quality. Put it in another way, the idea is to jointly manage the inputs of inorganic and organic matter (i.e. sediment and plant residues respectively) of the ground, in order to optimize vertical accretion processes (soil formation) and organic matter decomposition (GHG emissions) in rice fields and in constructed wetlands. The main pilot adaptation actions focus on sediment inputs from the Ebro River into its Delta. The aim is to demonstrate the feasibility of permanently restoring the sediment flow, both from a water treatment plant on the Ebro and from the reservoirs along the lowest stretches of the Ebro. Pilot actions are also proposed for the rice fields and wetlands, to optimize carbon and nutrient sequestration and GHG emissions, mainly via the optimization of the hydrological management. The results will serve to establish guidelines for a program of adaptation and mitigation measures (with emphasis on the rice sector) in which it will be essential to design a strategy for voluntary reduction of GHG emissions commanding the support of the rice sector. Improved rates of GHG emissions and carbon sequestration through a change in management practices (for example, a more efficient water management system) would represent a significant improvement that could be applied in other coastal wetlands and rice fields in the European Union.

## Mitigación de GEI en Sistemas Ganaderos



# Variación temporal de la emisión de Gases de Efecto Invernadero en alojamiento avícola de puesta

Oier Alberdi<sup>1</sup>, Haritz Arriaga<sup>1</sup>, Fernando Estellés<sup>2</sup>, Salvador Calvet<sup>2</sup>, Pilar Merino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NEIKER

<sup>2</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología Animal - Universitat Politècnica de València.

oieralberdi@hotmail.com

**Palabras clave:** metano, dióxido de carbono, gallina, patrón horario, estacionalidad.

El sector avícola es uno de los más intensivos y cobra gran importancia debido a su gran volumen y a su amplia implantación mundial. España, en este contexto, se sitúa como tercer país ovoproductor a nivel de la Unión Europea con 830.000 tn y un 12,3% de la producción.

El estudio ha sido llevado a cabo en una explotación comercial del País Vasco, en una nave que alberga aproximadamente 53.000 gallinas Lohmann-Brown alojadas en jaulas en batería adaptadas a la Directiva 1999/74/CE. La temperatura y humedad relativa del aire ha sido registrada en las entradas y salidas. La extracción de la gallinaza se realizó 3 veces por semana. El flujo de ventilación se ha medido en las condiciones habituales y ha sido registrada de forma constante. La concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) se ha medido continuamente desde abril del 2012 a septiembre del 2013 mediante un analizador de gases fotoacústico (INNOVA 1412).

Se observa un patrón horario sinusoidal en todos los gases. La caracterización de estos patrones se ha realizado teniendo en cuenta las horas de máxima y mínima emisión, así como la amplitud entre ambas. La mayor diferencia respecto al patrón entre invierno y verano se ha hallado en CO<sub>2</sub>. Las emisiones absolutas entre invierno y verano no han sido relevantes en las emisiones de CO<sub>2</sub> y si en CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Se da un efecto de la estación en el patrón horario de emisión del CO<sub>2</sub>, siendo más atenuado para los demás gases. Las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, en cambio, no se ven afectadas de forma relevante y si las de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, aunque de forma inversa.

## Ruminant nutrition for modifying the ultimate methane yield ( $B_0$ ) of feces

Haritz Arriaga<sup>1</sup>, Rebeca Horrillo<sup>1</sup>, Patricia Criscioni<sup>2</sup>, Carlos Fernández<sup>2</sup>, Pilar Merino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NEIKER A.B.

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Valencia (UPV)

harriaga@neiker.net

**Palabras clave:** methane yield, ruminant, nutrition, fiber, feces.

Ruminant nutrition has been demonstrated to be an efficient strategy to modify  $CH_4$  emissions from manure (Hellwing et al., 2014). The objective of this trial was to assess the ultimate  $CH_4$  yield ( $B_0$ ) of feces collected from goats fed with different carbohydrates. Twelve multiparous Murciano-Granadina goats were split in 3 groups in an incomplete crossover design. Goats were fed with 2.4 kg DM day<sup>-1</sup> and 35:65 forage to concentrate ratio. Barley (B), which accounted for 60% of the concentrate, was replaced by soybean hulls (SH) and dry citrus pulp (CP). Cellulose and lignin contents increased significantly in SH diet (38.2% DM) regarding B and CP diets (< 20% DM). Fecal samples of each animal were recorded daily over a 5 days period. The ultimate  $CH_4$  yield was assessed after incubating the feces for 90 days at 38°C. Five replicates (11 g) were incubated for each treatment applying 1.6:1 sample to headspace ratio (Vedrenne et al., 2008). Digested sewage sludge was also added as inoculum. Biogas was monitored every 2-3 days by pressure measurement. Biogas concentration was analysed by GC (Agilent-7890A). ISO standard methodology was selected to estimate the  $B_0$  value.  $B_0$  values were not significantly different among treatments ( $P > 0.05$ ). Barley treatment averaged 106 ( $\pm 49$ ) L  $CH_4$  kg<sup>-1</sup> OM, whereas mean  $B_0$  for SH and CP treatments were 90 ( $\pm 28$ ) and 118 ( $\pm 28$ ) L  $CH_4$  kg<sup>-1</sup> OM, respectively. All values were lower than the default value reported by the IPCC (2006) for goats (180 L  $CH_4$  kg<sup>-1</sup> OM). Despite the  $CH_4$  yield of treatments were not significantly different,  $B_0$  values tended to decrease in high cellulose and lignin content feces. ADF values averaged 40.6% ( $\pm 0.5\%$ ), 31.0 ( $\pm 1.5\%$ ) and 25.7 ( $\pm 0.3\%$ ) in SH, B and CP feces, respectively. In accordance with Hindrichsen et al. (2006), the results suggested that the  $CH_4$  amount produced in the slurry might depend on the physico-chemical properties of the dietary fibre and on the total amount and quality of fibre in the slurry.

## Effect of SOC in carbon footprint estimation of sheep farming in northern Spain

Inmaculada Batalla<sup>1</sup>, Marie Trydeman Knudsen<sup>2</sup>, Lisbeth Mogensen<sup>2</sup>, Óscar del Hierro<sup>1</sup>,  
Miriam Pinto<sup>1</sup>, John E. Hermansen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NEIKER-Tecnalia

<sup>2</sup> Dept. of Agroecology. Aarhus University.

ibatalla@neiker.net

**Palabras clave:** carbon footprint, soil carbon sequestration, small ruminants, grazing, life cycle assessment.

Soil Organic Carbon Sequestration (SOC) has a major mitigation potential in the agricultural sector. Nevertheless, SOC is not well reflected in life cycle assessment (LCA) studies and, furthermore, there is no a clearly agreed method for its estimation. This work presents the effect of including SOC in the calculation of the carbon footprint of milk from sheep farming in Northern Spain. Four different approaches have been used and compared. When SOC is included in the carbon footprint of milk, emissions were reduced from 10 to 80% depending on the method chosen and the management system of milk production (grazing or not). The study highlights the need to include SOC in LCA studies and the importance of grazing as a mitigation strategy.

## The effect of slurry composition on methane potential emissions from fattening pig slurries: a review of three nutrition assays

Salvador Calvet<sup>1</sup>, Walter Antezana<sup>1</sup>, Alba Cerisuelo<sup>2</sup>, Fernando Estellés<sup>1</sup>, Pablo Ferrer<sup>1</sup>, Amanda Beccaccia<sup>3</sup>, Paloma García-Rebollar<sup>3</sup>, Carlos de Blas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología Animal - Universitat Politècnica de València.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Tecnología Animal. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

<sup>3</sup> Departamento de Producción Animal, E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

salcalsa@upvnet.upv.es

**Palabras clave:** methane emission, fattening pig, slurry composition, by products, nutritional strategy.

This study reviews the effects of pig slurry composition on the biochemical methane (CH<sub>4</sub>) potential (B<sub>0</sub>), using the information collected in three nutrition assays. A total of 84 animals were used to test the effect of 13 different diets. This included different types and sources of fibre (orange pulp and carob meal, study 1), different sources of protein (soybean meal, sunflower meal and wheat DDGS, study 2) and different inclusion levels of fat and fibre (calcium soap of palm fatty acids distillate and orange pulp, respectively, study 3). Faeces, urine and slurry production and composition were determined, as well as B<sub>0</sub> from slurry in an in-vitro assay during 100 days. Potential emissions per animal (CH<sub>4</sub>-animal) were also calculated according to the daily excretion of volatile solids (VS). Correlations and multiple linear regression analysis were obtained to explain the factors affecting the emissions. B<sub>0</sub> ranged between 256 and 430 g CH<sub>4</sub> per gram of VS and was conditioned by the type of diet. Slurry excretion was affected by diet and originated major variations of potential CH<sub>4</sub> emitted per animal and day (66-144 L CH<sub>4</sub>/day). Faeces and slurry pH were positively and strongly correlated with B<sub>0</sub> (r=0.72 and r=0.62, respectively, p<0.05). Nitrogen content of faeces was positively correlated with B<sub>0</sub> (0.61, p<0.05) and CH<sub>4</sub> produced per animal (r=0.77, p<0.01). No other relevant correlations with effluent characteristics were found. The following significant regression models were obtained: B<sub>0</sub> (mL/g VS)= -458+119.4\*pH (R<sup>2</sup>=0.52) and CH<sub>4</sub>-animal (L/day) = 78.5 - 0.82 \* Urine dry matter (g/kg) + 0.39 crude protein in faeces (g/kg) (R<sup>2</sup> = 0.75). Although no clear relationship was found between effluent composition and potential CH<sub>4</sub> emissions, diet composition was a critical factor. The inclusion of different types of fibre and fat changed potential emission per animal in a two-fold range because of changes in B<sub>0</sub> of slurry and the amount of excreta produced.

## **Influence of varying the level of fat and fermentable fibre through the inclusion of by-products from the food industry in growing pig diets on slurry characteristics, ammonia and methane emission**

Alba Cerisuelo<sup>1</sup>, Walter Antezana<sup>2</sup>, Pablo Ferrer<sup>2</sup>, Paloma García-Rebollar<sup>3</sup>, Carlos de Blas<sup>3</sup>, Salvador Calvet<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Tecnología Animal. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

<sup>2</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología Animal - Universitat Politècnica de València.

<sup>3</sup> Departamento de Producción Animal, E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

cerisuelo\_alb@gva.es

**Palabras clave:** ammonia emission, calcium soap of palm fatty acids, growing pigs, methane emission, orange pulp.

The effect of including a partially indigestible fat source (calcium soap of palm fatty acids distillate; CSP), alone or in combination with orange pulp (OP) in growing pig diets on slurry characteristics and ammonia (NH<sub>3</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) emissions was studied. Thirty pigs (58.0±7.99 kg) were fed 5 diets, a C diet based on wheat, barley and soybean meal, two diets with increasing inclusion levels of CSP (35 g/kg and 70 g/kg) and two diets including 200 g/kg of OP at each level of fat supplementation. After 14 days of adaptation, slurry excretion and composition was measured for 3 consecutive days. Additionally, the potential NH<sub>3</sub> emissions and biochemical CH<sub>4</sub> potential (B<sub>0</sub>) from slurry were measured using *in vitro* methodologies. The amount of slurry excreted was not affected by the level of CSP or the inclusion of OP. The measured initial slurry characteristics did not differ significantly among treatments, except for volatile fatty acids that increased with CSP addition. Ammonia emission from slurry (g NH<sub>3</sub>/kg slurry) was lower in diets formulated with higher levels of CSP and no different in diets including OP compared to those without OP. A trend for an interaction (P<0.10) was observed for NH<sub>3</sub> emission indicating that the inclusion of OP reduced NH<sub>3</sub> emission in diets with a moderate CSP content (35 g/kg) but not in diets with a high CSP content (70 g/kg). Regarding CH<sub>4</sub>, B<sub>0</sub> and the CH<sub>4</sub> produced per animal and day increased (P<0.05) with the level of CSP in diets and tended (P<0.10) to increase with the inclusion of OP. Therefore, the dietary modifications studied lead to differences on NH<sub>3</sub> and CH<sub>4</sub> emissions from slurry. A potential interaction between the level of fat and the inclusion of OP on NH<sub>3</sub> emissions has been detected, whereas only fat inclusion in diets increased potential CH<sub>4</sub> emissions.

## Utilization of an enzyme complex in fattening pigs: effects on growth performance, faeces composition and biochemical methane potential from faeces

Alba Cerisuelo<sup>1</sup>, Alberto Torres-Pitarch<sup>1</sup>, Verónica Mosest<sup>1</sup>, Pablo Ferrer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Tecnología Animal. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

<sup>2</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología Animal - Universitat Politècnica de València.

cerisuelo\_alb@gva.es

**Palabras clave:** enzymes, growing-finishing pigs, growth performance, methane emission.

A trial was conducted to evaluate the effects of the inclusion of a carbohydrase complex based on a xylanase and beta-glucanase enzyme combination in maize based pig diets on growth performance, faeces composition and biochemical methane (CH<sub>4</sub>) potential from faeces (BMP). A total of 80 pigs of 21.7 ± 3.53 kg were placed in 16 pens (5 animals / pen) and assigned to 2 dietary treatments, a control (C) diet based on maize and soybean meal and a diet incorporating the enzyme complex (E; 100 g/MT) to the basal C diet. A grower and a finisher diet with these characteristics were used to complete the fattening period (20 to 100 kg body weight; 85 days of study). Experimental diets (16.7% crude protein (CP), 14.9% neutral detergent fibre (NDF), 4277 kcal/kg dry matter) were provided to the animals from the beginning of the study. Individual body weight and feed intake per pen were measured every 15 days approximately until the end of the trial and the average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed conversion ratio (FC) were then calculated. In the last week of the study, a faecal sample was obtained directly from the rectum of one animal per pen and pooled per treatment. Faeces were then analysed for dry matter, organic matter (OM), crude protein, fibre fractions and energy. Additionally, BMP from faeces were analysed for 95 days using in vitro methodologies. Considering all the fattening period, the FC ratio was lower in the treatment including carbohydrases compared to C treatment. Faeces composition was similar between treatments and so was its energy content. Faeces biodegradability was also similar between treatments showing no differences on BMP (284 ml/gOM). Thus, in pigs, an increase in feed efficiency through the use of enzymes is not necessarily associated to a lower CH<sub>4</sub> emission per kg OM of faeces. Other factors related to energy balance might be related to feed efficiency.

## The effect of slurry composition on NH<sub>3</sub> potential emissions from fattening pig slurries: a review of three nutrition assays

Fernando Estellés<sup>1</sup>, Walter Antezana<sup>1</sup>, Pablo Ferrer<sup>1</sup>, Alba Cerisuelo<sup>2</sup>, Paloma Garcia-Rebollar<sup>3</sup>, Carlos de Blas<sup>3</sup>, Salvador Calvet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología Animal - Universitat Politècnica de València.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Tecnología Animal. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

<sup>3</sup> Departamento de Producción Animal, E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

feresbar@upv.es

**Palabras clave:** ammonia emission, fattening pig, slurry composition, by products, nutritional strategy.

This study reviews the effects of pig slurry composition on potential NH<sub>3</sub> emissions, using the information collected in three nutrition assays. A total of 84 animals were used to test the effect of 13 different diets. These included different types and sources of fibre, different sources of protein, and different inclusion levels of fat and fibre. Faeces, urine and slurry production and composition were determined, as well as potential ammonia (NH<sub>3</sub>) emission measured in vitro, which were expressed in grams per L of slurry (NH<sub>3</sub>\_vol), in grams of N-NH<sub>3</sub> per initial slurry N content (NH<sub>3</sub>\_TKN) and in grams per animal and day (NH<sub>3</sub>\_Animal). Correlations and multiple linear regression analysis were conducted. Despite variations on feed composition, potential NH<sub>3</sub> emissions did not present a strong variation, finding an average ( $\pm$  sd) result of  $1.87 \pm 0.41$  g/L of slurry. It was found that NH<sub>3</sub> emissions were negatively correlated ( $r < -0.6$ ,  $p < 0.05$ ) with the Faeces:Urine N excretion ratio. Neutral detergent insoluble crude protein content in faeces content was negatively correlated with NH<sub>3</sub> emissions ( $r < -0.6$ ,  $p < 0.05$ ). A positive correlation was found with faecal N content and cellulose and hemicellulose ( $r > 0.6$ ,  $p < 0.05$ ). However, no relevant relationship was found with slurry composition parameters (dry matter, organic matter, pH, total Kjeldahl nitrogen, ammonia nitrogen or volatile fatty acids). The following significant regression models were obtained:  $\text{NH}_3\text{-vol} = -0.922 + 0.18 \cdot \text{TKN (g/kg DM)} - 0.71 \cdot \text{Faeces-N:Urine-N ratio}$  ( $R^2 = 0.67$ );  $\text{NH}_3\text{-TKN} = 240.8 - 67.2 \cdot \text{Faeces-N:Urine-N ratio}$  ( $R^2 = 0.43$ );  $\text{NH}_3\text{-Animal} = 0.40 + 18.5 \cdot \text{N proportion in urine} + 0.021 \cdot \text{Crude protein in faeces} - 0.020 \cdot \text{Ether extract}$  ( $R^2 = 0.88$ ). It can be concluded that diets tested changed digestion parameters and nitrogen partition among faeces and urine, which was related to changes in NH<sub>3</sub> emissions. Thus, modifying nitrogen sources in diet resulted in the most effective strategy to reduce NH<sub>3</sub> emissions from slurry.

# The effects of temperament and stress responsiveness on methane emissions in cattle

Pol Llonch<sup>1</sup>, Miguel Somarriba<sup>1</sup>, Simon P. Turner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Scotland's Rural College

pol.llonch@sruc.ac.uk

**Palabras clave:** cattle, methane, mitigation, temperament, stress.

Temperament is the variation in behavioural responses to stressful events. Stress responsive cattle may have higher metabolism and thus use nutrients less efficiently and release more waste products such as methane. The aim of this study was to assess individual differences in temperament and stress reactivity and grade their impact on feed efficiency and methane emissions in beef cattle. Eighty four steers (castrated male beef cattle) (568.9±5.73 kg body weight; Charolais or Luing), were used. These were divided into two groups and each group was fed with one of two different diets: a mixed (50% Concentrate/50% Straw) based diet or a silage (8%C/92%S) based diet. Temperament was assessed on 3 different occasions using 2 standardized tests; the Crush Score and the Flight Speed. Serum cortisol, creatine kinase (CK), glucose (Glu) and free fatty acids (FFA) were determined before and after 30 minutes of transport to assess stress reactivity. Blood samples were taken at 0 h (immediately before transport), 30 min (immediately after transport), 3h, 6h and 9h later, relative to commencement of transportation. Methane (CH<sub>4</sub>) emissions (gCH<sub>4</sub> / kgDMI) were assessed using a 4 day trial in individual respiration chambers. Methane emissions from animals fed with silage were higher (p<0.001) than mixed diet but no apparent relationship was found between CH<sub>4</sub> and temperament (p>0.05). Both CK and cortisol serum concentration increased after transport (p=0.041 and p=0.0121, respectively). The area under the curve of serum cortisol was correlated with CH<sub>4</sub> emissions when fed with the mixed diet (r=0.93; p<0.001). No relationship (p>0.05) between CK and CH<sub>4</sub> emissions was shown. In conclusion, changes in behaviour and metabolism due to stress responsiveness may not affect CH<sub>4</sub> emissions but higher responses of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, represented by serum cortisol release, may increase methane emission in beef cattle fed with mixed (concentrate/straw) diets. The implications of stress on methane emissions highlight a potential route for breeding and management strategies to mitigate CH<sub>4</sub> emissions.



## Efecto de prácticas regenerativas sobre la huella de carbono en un sistema de ovino lechero; resultados preliminares

Nerea Mandaluniz<sup>1</sup>, Josune Arranz<sup>1</sup>, Eva Ugarte<sup>1</sup>, Roberto Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NEIKER-Tecnalia

nmandaluniz@neiker.net

**Palabras clave:** huella de carbono, impacto ambiental, ovino lechero, pastoreo, prácticas regenerativas.

Cada vez se oye más el impacto ambiental de la ganadería, con especial atención a las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono de los productos ganaderos. La publicación del informe de la FAO titulado “Livestock’s long Shadow” (Steinfeld et al., 2006) han generado controversia y debate sobre este tema, que se ha convertido en un elemento central de numerosas investigaciones, redes y congresos.

Son numerosas las opiniones que propugnan la intensificación de los sistemas de producción para mitigar los impactos ambientales (Steinfeld y Gerber, 2010), pero dichas evaluaciones son parciales ya que no consideran ni las emisiones por unidad de superficie, ni la competencia de uso de recursos potencialmente destinados a la alimentación humana (Gill et al., 2010).

Por lo que se refiere al sistema de ovino lechero del País Vasco, es un sistema que tradicionalmente se caracterizaba por escaso uso de inputs y una gestión ligada al territorio. Sin embargo, durante las últimas décadas estamos asistiendo a una notable intensificación, lo que implica una mayor dependencia de alimentación comprada mientras que se reduce el papel del pastoreo, tendencia similar a la observada en otros sistemas ovinos (Caballero, 2003; Milán et al. 2011; Riedel et al., 2007).

Conscientes de la capacidad de fijación de carbono que tienen los pastos permanentes, el proyecto LIFE REGEN FARMING promueve prácticas regenerativas para conservar los suelos agroganaderos, incrementar la capacidad de los pastos como sumideros de carbono, y reducir la huella de carbono del sistema ovino lechero. En este trabajo se presenta como caso de estudio un rebaño de ovino lechero en el que se están aplicando algunas prácticas regenerativas. Como resultados preliminares de este cambio de manejo, se muestra una reducción en la huella de carbono del sistema, que se discutirá en el documento.

# Meta-Análisis sobre las emisiones asociadas a diferentes estrategias de manejo de residuos orgánicos

Guillermo Pardo<sup>1</sup>, Raúl Moral<sup>2</sup>, Eduardo M. Aguilera<sup>3</sup>, Agustín del Prado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> BC3 - Basque Centre for Climate Change.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH), Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

<sup>3</sup> Universidad Pablo de Olavide, Sevilla.

guillermo.pardo@bc3research.org

**Palabras clave:** compostaje, óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>).

La gestión sostenible de residuos orgánicos debe implicar prácticas que minimicen las emisiones asociadas a impacto ambiental (gases de efecto invernadero: GEIs, amoníaco: NH<sub>3</sub>) a la vez que garanticen el valor agronómico del producto final. El presente trabajo analiza el conocimiento existente sobre emisiones asociadas a estrategias para el tratamiento de residuos orgánicos en forma sólida (almacenamiento convencional, compostaje en pila volteada, compostaje por aireación forzada, cobertura plástica, compactado, adición/sustitución de agentes estructurantes). Para ello, se ha realizado un meta-análisis con los datos recopilados a partir de 50 artículos de investigación que examinan pérdidas en forma de GEIs, NH<sub>3</sub> y nitrógeno (N) total. Los resultados indican que mejorar la estructura de la pila mediante adición/sustitución de agentes estructurantes reduce significativamente las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>) en un 53% y 71% respectivamente y aumenta las pérdidas por volatilización de NH<sub>3</sub> (35%). Con respecto al compostaje, solo los sistemas volteados mostraron potencial para reducir las emisiones de GEIs (N<sub>2</sub>O: 50% and CH<sub>4</sub>: 71%), aunque ambos métodos tienden a aumentar las pérdidas por volatilización de NH<sub>3</sub>. Las estrategias basadas en la restricción de oxígeno, como cubrir o compactar el residuo, no mostraron efectos significativos en las emisiones de GEIs, si bien redujeron sustancialmente las pérdidas en forma de N. Los resultados indican que las estrategias que minimizan las emisiones de GEI, suelen involucrar un riesgo de "pollution swapping" en forma de NH<sub>3</sub>, reforzando la necesidad de utilizar enfoques integrales al planificar o desarrollar estrategias de gestión de residuos orgánicos.

## Modelling the impact on GHG emissions of using underutilized feed resources in dairy goat systems in Spain

Guillermo Pardo<sup>1</sup>, David Yáñez-Ruiz<sup>2</sup>, Antonio I. Martín-García<sup>2</sup>, Ana Arco-Pérez<sup>2</sup>, Pablo Ferrer<sup>3</sup>, Raúl Moral<sup>4</sup>, Agustín del Prado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> BC3 - Basque Centre for Climate Change.

<sup>2</sup> Estación experimental del Zaidín. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC).

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

<sup>4</sup> Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH), Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

guillermo.pardo@bc3research.org

**Palabras clave:** GHG mitigation, dairy, goat, LCA, diet.

In Mediterranean countries, dairy goat production is limited by poor quality and scarcity of pastures especially during the drought periods. As a consequence, farmers are forced to use expensive cereal-based concentrates. By-products from agriculture and food processing industry may be of interest not only for reducing feeding cost but also to reduce environmental problems associated with by-products accumulation. In this study we explored the whole-farm (including secondary impacts) environmental impacts of replacing a typical dairy goat diet in south Spain with one including tomato waste or olive by-products silages. We investigated the effect of different dietary strategies on total GHG emissions (including embodied emissions from feed production) and productivity. To carry out this LCA-based study, we used a modelling framework comprising experimental data for enteric CH<sub>4</sub>, animal productivity and excretion, and different models. Amongst these, a model to calculate GHG and N emissions from soil waste composting and manure management was utilized. Preliminary results suggest that the new dietary strategies tested offer promising overall GHG reductions, including enteric CH<sub>4</sub> and secondary N<sub>2</sub>O emissions (from feed production stages) without productivity being compromised. However, these findings must be taken with caution as both olive and tomato by-products could have alternative and competing uses, other than feed, such as energy production and soil organic amendment.

## Efectos del cultivo de maíz para ensilado en las Emisiones de Gases de Efecto invernadero en las explotaciones lecheras de Galicia

Gregorio Salcedo<sup>1</sup>, Vanesa Sande<sup>2</sup>, Germán Alonso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Calidad e Innovación, Centro Integrado de Formación Profesional "La Granja", Consejería Educación y Deporte. Heras, Cantabria

<sup>2</sup>Máster de Producción de leche de la Universidad de Santiago de Compostela.

gregoriosalce@ono.com

**Palabras clave:** explotación, leche, emisiones, ensilado maíz.

El objetivo del presente trabajo es estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por kilo de leche corregido por grasa (ECM) y por hectárea a la salida de la granja de dos sistemas (Semiintensivo vs Intensivo) que cultiven maíz o no para ensilado, con el modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2014). Doce explotaciones gallegas fueron distribuidas en Intensivas y Semiintensivas y dentro de cada grupo, tres que cultiven o no maíz, denominados (InSI vs InNO y SeSI vs SeNO). El CH<sub>4</sub> por hectárea es mayor en InSI (P<0,05), sin diferencias en los Se. Los gramos de CH<sub>4</sub> por kg ECM no difieren entre sistemas y siembra de maíz, pero sí numéricamente superior (13,5% en SeNO (13,5%) y 5% en InNO. El CH<sub>4</sub> kg ECM está negativamente relacionado con la producción de leche en ambos sistemas (r=-0,73 P<0,01) y con la concentración de almidón de la dieta (r=-0,87 P<0,05) en Se, sin relaciones en los In, atribuido al mayor consumo de almidón vaca y día (3 kg en Se y 4,7 en In).

El N<sub>2</sub>O por hectárea es mayor numéricamente en InSI y la menor en SeNO; mientras, por kg ECM es mayor en SeSI (0,8 g kg) y la menor de 0,48 en InSI, sin diferencias en ambos sistemas cuando no cultivan maíz. La diferencias más significativas se registran en el CO<sub>2</sub> por ha y por kg ECM (P<0,001), las mayores en ambos casos fue en las In, independientemente si cultivan o no maíz. El CO<sub>2</sub>-eq kg ECM no es diferente entre sistemas productivos, pero sí un 12,6% numéricamente superior en Se respecto a In; para éstos últimos, la emisión por kg ECM se reduce un 7,7% en InSi respecto a InNO. El CO<sub>2</sub>-eq kg ECM se relaciona con la concentración de almidón (r=-0,71 P<0,05), contribuyendo el almidón del ensilado con el 21,5% las Se y el 32,6 las Intensivas. El DairyCant estima -5 g CH<sub>4</sub>; -0,15 g N<sub>2</sub>O y +52 g CO<sub>2</sub> por cada 100 g de CO<sub>2</sub>-eq kg ECM en las Intensivas. Las que cultivan maíz el CH<sub>4</sub> aumenta 4,6 g; +0,03 g N<sub>2</sub>O y -22 g CO<sub>2</sub>.

# Estimación preliminar del forraje producido en las explotaciones de leche en Cantabria en un escenario de cambio climático basado en proyecciones termoplumiométricas

Gregorio Salcedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Calidad e Innovación, Centro Integrado de Formación Profesional "La Granja", Consejería Educación y Deporte. Heras, Cantabria

gregoriosalce@ono.com

**Palabras clave:** clima, temperatura, precipitación, forraje, explotación lechera.

El objetivo de este trabajo es estimar la biomasa de hierba, maíz, raigrás y cereales de invierno (avena y triticale) en los períodos (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100) con el modelo de simulación DairyCant (Salcedo, 2014) dentro del proyecto AdaptaclimaII de 17 granjas lecheras de la Mancomunidad de Municipios Sostenibles de Cantabria de tres sistemas (7 Extensivas, Ex; 5 Semiintensivas, Se y 5 Intensivas, In). La biomasa es agrupada en función de: i) contribución de cada cultivo a la biomasa total por hectárea, asumiendo constante su superficie en el tiempo y, ii) la producción por hectárea de cada forraje. La materia seca es de  $8,41 \pm 1,6$  t los Ex,  $8,09 \pm 2,2$  t los Se y  $8,65 \pm 2,0$  t los In en el período (1973-2003), relacionándose negativamente con la temperatura media anual ( $r=-0,62$ ) y la evapotranspiración ( $r=-0,75$ ) y sin ellas, la precipitación. Los factores edáficos como textura; contenido en nutrientes y propiedades químicas no se observan relaciones con la producción de materia seca, atribuido al contenido similar de nutrientes. El primer caso, los modelos indican descensos de  $2,5 \pm 1,2\%$  en Ex, máximos de 4,2% en el 71-100 y mínimos de 1,43% en el 41-70. La biomasa aumenta en los Se ( $10,4 \pm 2,3\%$  ó 964 kg MS), donde la hierba verde consumida podría aumentar 200 kg, la ensilada 300; 290 el maíz; 131 el raigrás y 41 kg el cereal. En In la biomasa aumenta un  $5,6 \pm 2,5\%$  ó  $986 \pm 123$  kg en conjunto de períodos, con máximos de 11,9% en el período 71-100 y mínimos de 5,6% en el 11-40. Del total de biomasa, el 66% se debe a la hierba ensilada y al maíz. La sustitución de raigrás por cereal no mejora los rendimientos en In. El segundo, la temperatura se relaciona positivamente con la pradera, maíz y el raigrás y negativamente las precipitaciones en los mismos cultivos, sin relaciones los cereales. El aumento medio de biomasa en los tres períodos son de 845 y 640 la pradera; 930 y 823 el maíz; 450 y 181 el raigrás y 709 y 128 los cereales en los Se e In respectivamente.

# Methane conversion factor from liquid slurry storage – influence of temperature, storage time and animal category

Verónica Moset<sup>1</sup>, Henrik Bjarne<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aarhus University

VeronicaM.Hernandez@eng.au.dk

**Palabras clave:** factor de conversión de metano, Sistemas de gestión de estiércoles líquidos.

In the IPCC (2006) guide (Tier 2), CH<sub>4</sub> emissions from slurry are calculated from the ultimate CH<sub>4</sub> yield (B<sub>0</sub>), the amount of total volatile solids and the CH<sub>4</sub> conversion factor (MCF), which represents the ratio of B<sub>0</sub> which is emitted. Despite that MCF is reported to vary highly with temperature in liquid slurry systems; IPCC (tier 2) recommends using a single MCF based on annual average temperature, which is significantly reduced only in case of natural crust cover. Other factors like storage time and animal category are not considered. Important differences in the average storage time of liquid slurry are found among different countries in Europe (from 3 to 10 months), mainly due to differences among the periods in which spreading slurry on fields is permitted.

In the present work the relationship between MCF and storage temperature was evaluated at different storage times by using different slurries. For this purpose, 6 different dairy slurries coming from different diets and three different pig slurries coming from animals at different physiological states were collected and examined. We determined CH<sub>4</sub> emissions at 4 storage temperatures (10°C, 15°C, 20°C and 35°C) and B<sub>0</sub> in each slurry. The MCF was calculated in this work by using the CH<sub>4</sub> emission and B<sub>0</sub> ( $MCF = CH_4 \text{ emission} / B_0$ ) at each temperature and the results were compared with the IPCC (2006) default values (Tier 2). The MCF in our work is almost constant for dairy cow slurry and much lower than the default values provided by the IPCC when temperature is lower than 35°C. However MCF increase exponentially at 35°C almost reaching IPCC default values, important differences among diets were found at this temperature range. The MCF determined in the pig slurries was similar to the values suggested by IPCC at any temperature tested. In the case of slurry coming from piglets from 7 to 10 kg, the experimental MCF obtained in our work was higher than the values provided by the IPCC at all temperature tested.

## **La abundancia de arqueas metanogénicas en el rumen no determina la producción de metano sino la expresión del gen metil coenzima M reductasa**

David R. Yáñez-Ruiz<sup>1</sup>, Leticia Abecia<sup>1</sup>, Elisabeth Jiménez<sup>1</sup>, Antonio I. Martín-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación experimental del Zaidín. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC).

david.yanez@eez.csic.es

**Palabras clave:** metano, rumen, arquea, expresión génica.

En los últimos años se ha intensificado el estudio de los efectos de diversas estrategias alimenticias para reducir la producción de metano entérico en rumiantes mediante la cuantificación de la biomasa de arqueas metanogénicas del rumen, lo que ha llevado a resultados muy diversos y en gran medida contradictorios. La principal limitación es que no se conoce en profundidad la diversidad total de arqueas del rumen y no se dispone de un marcador preciso que mida su actividad metanogénica. Así, trabajos recientes *in vitro* apuntan a la metil coenzima M reductasa (*mcrA*), que participa en el último paso de reducción de CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>, como un posible indicador de la actividad metanogénica. Sin embargo, no se dispone de un gen de referencia adecuado para el estudio de su expresión, ni se ha estudiado en condiciones *in vivo*.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la expresión génica del gen *mcrA* en el rumen de cabras alimentadas con heno de alfalfa (HA) o heno de alfalfa y concentrado (C). Para ello se usaron 8 cabras de raza murciano-granadina fistuladas en el rumen en dos periodos de 30 días de las que se recogieron muestras de contenido ruminal durante los días 29-30 mientras se medía la producción de CH<sub>4</sub>. El ADN extraído se empleó para la cuantificación de arqueas y el ARN para la cuantificación de la expresión génica del gen *mcrA* empleando como gen de referencia el N5,N10-methenil-H4MPT ciclohidrolasa (*mch*). La producción de metano (por kg de MO fermentable en rumen, MOFR) fue mayor ( $P > 0.001$ ) en la dieta HA (51.9 l/kg) que para la dieta C (43.8 l/kg). La abundancia relativa de arqueas no varió entre tratamientos, mientras que la expresión del gen *mcrA* fue mayor ( $P > 0.001$ ) en los animales alimentados con la dieta AH (344.1 vs. 66.3). Estos resultados apuntan a que la determinación de la expresión del gen *mcrA* puede ser una herramienta útil para evaluar distintas estrategias alimenticias encaminadas a reducir la producción de metano en rumiantes.

# Is climate change mitigation possible in Mediterranean dehesas? Scattered trees and extensively-managed livestock effects on herbaceous biomass

Aida López<sup>1</sup>, Sonia Roig<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Madrid

aida.lopez@upm.es

**Palabras clave:** yield of herbaceous layer, cattle, sheep, carbon sequestration.

Dehesas are good examples of Mediterranean 'High Nature Value farming' systems representing an important carbon sink. As other agroforestry systems, the extent of C sequestered will depend on the amounts of C in standing biomass of pastures, among others. The presence of scattered tree layer, along with an adequate extensively-management has an important effect on yield of the high-diversity pastures within dehesas. Our work focuses on the influence of trees and extensively-managed livestock on herbaceous biomass of a Dehesa in Central Spain. We analyzed the total yield and also each functional families (grass, legume and forbs) yield within the pastures of Mediterranean dehesas. We used 144 subplots distributed in two different directions and three distances from 4 trees selected randomly in different grazing management zones (cattle, sheep and wildlife) during a humid year. Plots subjected to livestock grazing exhibited higher biomass ( $3304.21 \text{ kg ha}^{-1}$ ) than those without grazing ( $1912.92 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Tree canopy also increased the herbaceous yield showing under tree canopy values for total yield of  $3112.07 \text{ kg ha}^{-1}$ , 10% than outside the influence of the trees. Extensively-managed livestock and the presence of scattered trees modified positively the herbaceous yield, as well as floristic composition, having a positive influence in the ability of soils to store C and N, and may have important consequences in carbon sequestration capacity in the dehesa system. We should monitor management practices looking for adequate tree density and livestock regimes - adequate stocking rates and grazing species- as main tools of carbon sequestration in agroforestry systems.



## La inclusión de residuos de tomate en la dieta de caprino reduce la producción de metano

David R. Yáñez-Ruiz<sup>1</sup>, Ana Arco-Perez<sup>1</sup>, Antonio I. Martín-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación experimental del Zaidín. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC).

david.yanez@eez.csic.es

**Palabras clave:** rumen, metano, tomate, subproductos.

La producción de metano (CH<sub>4</sub>) en el rumen está determinada por la dieta que recibe el animal y la población microbiana del rumen. Diversas estrategias alimenticias pueden emplearse para reducir la producción de CH<sub>4</sub> en el rumen: mejora de la calidad del forraje, incremento el contenido en almidón, lípidos ricos en ácidos grasos poliinsaturados y aditivos antimetanogénicos. Sin embargo, casi todas implican un coste adicional para el ganadero, que de por sí ya sufre la dificultad de alimentar al rebaño con dietas que cubran las necesidades de producción y le permitan tener un negocio rentable, ya que los costes de alimentación representan alrededor del 70 % del total de la granja. En este sentido, en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC, Granada) hemos trabajado en los últimos años en el uso de subproductos agro-industriales como parte de la dieta de rumiantes. Entre estos subproductos se encuentra los destríos de invernadero de tomate. Este trabajo presenta los resultados más relevantes en cuanto al uso de residuos de tomate en la alimentación de caprino, la respuesta digestiva y la producción de CH<sub>4</sub>. Dos estrategias principales se han experimentado para el uso de este subproducto que contiene un alto contenido en agua (80-90 %): inclusión en bloques multi-nutrientes y en ensilado. La inclusión en bloques (50 % de la dieta) ha mostrado una reducción de la producción de CH<sub>4</sub> del 29 y 27 %, respectivamente, en ensayos in vitro e in vivo, respectivamente. Sin embargo, esta opción no es práctica para suministrar el subproducto a un número elevado de animales. Por otro lado, la inclusión en ensilado a junto con paja de cereal (80 % tomate y 20 % paja) asegura que el producto puede conservarse de manera óptima durante meses en cualquier época del año. La inclusión de este ensilado como parte del forraje en caprino ha mostrado tener también un importante efecto antimetanogénico tanto in vitro (18 %) como in vivo (15 %).

## Ammonia and nitrous oxide emissions from grazing cattle in Kenya

Mercedes Ibañez<sup>1</sup>, Marko Kvakic<sup>2</sup>, Eugenio Díaz-Pinés<sup>3</sup>, Klaus Butterbach-Bahl<sup>2,3</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Lleida, Departamento HBJ-ESTSEA (Av. Alcalde Rovira Roure, 191 25198 Lleida, Spain)

<sup>2</sup> International Livestock Research Institute (ILRI), PO Box 30709, Nairobi, Kenya

<sup>3</sup> Karlsruhe Institute of Technology – Institute of Meteorology and Climate Research, Atmospheric Environmental Research (KIT/IMK-IFU) Kreuzteckbahnstr. 19, 82467 Garmisch-Partenkirchen, Germany

<sup>4</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040, Madrid, Spain)

a.sanz@upm.es

**Palabras clave:** livestock, grazing, ammonia emissions, GHG, Africa.

Fertilized crops and livestock management are the main anthropogenic sources of ammonia (NH<sub>3</sub>). Ammonia emissions imply a N loss from cropping systems and have negative effects on ecosystems and human health. In Africa, it is believed that a substantial proportion of NH<sub>3</sub> emissions results from widespread livestock management, whereas inorganic fertilizers might be of low importance. However, there is a lack of information on the mechanisms underlying the NH<sub>3</sub> emissions derived from livestock management. Use of passive sampling approaches may enhance our knowledge on NH<sub>3</sub> emissions by allowing systematic ecosystem investigations at a low cost; however, these techniques have not been critically evaluated for the Tropics. The main goals of our study are 1) to assess the livestock influence on the emissions of NH<sub>3</sub> in tropical ecosystems and 2) the evaluation of experimental techniques for estimation of NH<sub>3</sub> emissions, which could be further implemented in Africa without investment in sophisticated analytical equipment.

The study was carried out in October 2014 at the farm of ILRI (Nairobi, Kenya). Ammonia fluxes from a fenced plot occupied by a herd of cows during daytime was estimated by both 1) the micrometeorological mass balance integrated horizontal flux (IHF) method and 2) the Eddy-covariance (EC) technique (using a sonic anemometer and a highly sensitive fast response NH<sub>3</sub> trace gas monitor). Passive flux samplers (PFS) internally coated with oxalic acid were installed at different heights in 1 central and 3 background masts. PFS were exchanged every 2 days and NH<sub>3</sub> trapped was measured colorimetrically. Soil N<sub>2</sub>O emissions were also estimated by manual chambers every 48 h along with inorganic N contents in the topsoil.

Contrary to our expectations, NH<sub>3</sub> cow's presence did not triggered NH<sub>3</sub> emissions. Both IHF and EC showed very low NH<sub>3</sub> emission values along the experiment, although sensitivity varied among methods (about 100 and 30 ng NH<sub>3</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> as obtained by the IHF method and EC, respectively). Heavy rainfall events (>120 mm) may be responsible for lowered NH<sub>3</sub> volatilization. Low soil nitrate concentrations, (<0.5 mg kg<sup>-1</sup>), suggested predominant N leaching after rainfall. Soil N<sub>2</sub>O emissions were negligible, showing a maximum of only 4.5 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> during the first day. These preliminary results represent the first dataset of NH<sub>3</sub> emissions under controlled conditions in tropical Africa, and provide the basis for further assessments of NH<sub>3</sub> emissions and evaluations of techniques under different ecosystems and management scenarios.

## **Inventario de Análisis de Ciclo de Vida del cerdo Ibérico en montanera: Características relevantes del sistema**

Miguel Ángel García<sup>1</sup>, Elisabeth Dafne Carmona<sup>1</sup>, Miriam Martínez<sup>2</sup>, José Manuel Perea-Muñoz<sup>3</sup>, Isabel Blanco-Penedo<sup>2</sup>, Rafael Olea<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Cerdos, FMVZ-UNAM

<sup>2</sup> Subprograma de Bienestar Animal, IRTA.

<sup>3</sup> Departamento de Producción Animal, UCO.

i.blanco.penedo@gmail.com

**Palabras clave:** análisis de ciclo de vida (ACV), cerdo ibérico, montanera, dehesa.

Como avance para el proyecto “Caracterización y eficiencia de agroecosistemas para una producción de cerdos Ibéricos más sustentable” coordinado por IRTA que evaluará entre otros, los aspectos ambientales de las producciones de cerdo ibérico en Extremadura, se recopiló los elementos productivos, sobre el origen, uso y composición de alimentos así como las características del ambiente en donde se depositan los residuos orgánicos a fin de establecer el impacto que provocan en el ambiente los nutrientes que no son reincorporados al ecosistema. Para lograr este objetivo se utiliza una herramienta conocida como Análisis de ciclo de vida (ACV). De acuerdo a la norma ISO14040 parte de la elaboración de un ACV, consiste en la construcción del Inventario de Ciclo de Vida, el cual se construyó con los datos obtenidos mediante encuestas y visitas a 8 fincas localizadas en la región de Extremadura. De las fincas visitadas, el 88% realizaron “Montanera” (fase en la que los animales permanecen libres en extensos territorios alimentándose de bellota y pasto), la cual duró en promedio 80 días entre los meses de octubre y enero. La fecha de inicio y final de la montanera depende de factores como el régimen de lluvia anual, y la densidad de encinas por hectárea (36.5/ha) que modifican la cantidad de materia seca disponible, siendo en promedio de 120 kg por hectárea. En su censo cuentan con 139 madres, con 2.2 partos al año y 9 lechones por evento, de los cuales 7 serán destetados y pasarán a la etapa de transición alimentándose exclusivamente para cubrir sus necesidades de mantenimiento, y comenzarán la montanera sobre los 110 Kg y 15 meses, para finalizar la montanera con 160 kg. El sistema de montanera ha de integrar los recursos genéticos y forrajeros de un agroecosistema regional específico “La dehesa” para producir un producto de alto valor y con denominación de origen. Con los primeros resultados y a través del ACV se ha podido detectar que el sistema de montanera varía en manejo, por su dependencia a insumos externos al agroecosistema para mantener la piara y formas de producción del cerdo ibérico. Estos primeros resultados del Inventario, nos permiten anticipar que el ACV que se aplicará en el proyecto deberá ser construido de acuerdo a su grado de dependencia de insumos y genética, que fueron los principales factores de variabilidad entre las fincas en estudio.

## Aspectos Socio-Económicos e Inventarios de GEI

## **Evolución histórica de las emisiones de GEI y almacenamiento de C en el sector agroforestal español, 1900-2008**

Eduardo M. Aguilera<sup>1</sup>, Gloria Guzmán<sup>1</sup>, Juan Infante<sup>1</sup>, Roberto García<sup>2</sup>, David Soto<sup>1</sup>, Antonio Cid<sup>1</sup>, Manuel González de Molina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Pablo de Olavide

<sup>2</sup> Universidad de Jaén

emagufer@upo.es

**Palabras clave:** GHG emissions, carbon sequestration, LULUCF, spanish agriculture, environmental history.

El sector agroforestal español experimentó profundas transformaciones durante el siglo XX y principios del XXI. En el primer tercio del siglo XX se expandió la superficie cultivada y aumentaron los rendimientos, un proceso que se interrumpió con la Guerra Civil y la autarquía franquista. Desde los años 60 se aceleró la industrialización agrícola, y los sistemas de base solar (fertilización orgánica, tracción animal) dieron paso a otros basados en los combustibles fósiles (maquinaria, combustible, insumos químicos, regadíos). Los incrementos en la productividad sirvieron para alimentar una población humana creciente y crecientemente carnívora, y para la exportación de productos hortofrutícolas y aceite de oliva. A pesar de estos incrementos, en los años 70 y 80 comenzaron a importarse masivamente productos para alimentación animal. En este proceso, las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico y N<sub>2</sub>O en pastoreo, dominantes en la ganadería extensiva, perdían importancia frente a la producción de piensos y la gestión de estiércol en los sistemas ganaderos modernos, dominados por monogástricos frente a rumiantes, y por explotaciones "sin tierra" frente a las basadas en pastos. Por último, los cambios en la funcionalidad del monte, que pasó de suministrar principalmente leña y pastos a una orientación maderera y al abandono, propiciaron la acumulación de carbono en la biomasa forestal.

En esta investigación en curso estamos estimando mediante análisis de ciclo de vida la emisión de GEI y el balance de carbono en el sector agroforestal español entre 1900 y 2008, en 12 cortes con medias de 5 años en torno a los cambios de década. Las emisiones "en campo" se han calculado aplicando factores ajustados a las condiciones agroclimáticas y a los cambios en la dieta animal y en los sistemas de gestión de estiércol. Por otro lado, se han considerado los importantes cambios de eficiencia que han tenido lugar en la producción de los principales insumos industriales, como fertilizantes y metales.

# Climate change mitigation and socio-economic factors accountability in agrarian systems under transformation

Amaia Albizua<sup>1</sup>, Unai Pascual<sup>1</sup>, Esteve Corbera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Basque Centre for Climate Change (BC3).

<sup>2</sup> L'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA) de la Universidad Autònoma de Barcelona.

amaia.albizua@bc3research.org

**Palabras clave:** sustainable livelihoods, agrarian ecosystem services, irrigation.

Agriculture impacts and it is simultaneously impacted by climate change under an increasing food demand context. Irrigation is presented as a potential measure to adapt to climate change and increase crop production. However, irrigated systems are considered a higher emitting source of N<sub>2</sub>O if compared to rain-fed systems.

This paper explores the application of a Sustainable Livelihood (SL) approach to account for socio-economic factors and ecosystem services awareness when assessing climate change mitigation in agrarian systems under transformation. We combined quantitative and qualitative methods (semi-structured interviews and survey) to assess the case of the irrigation Canal de Navarre.

We explored the degree to which land management intensification translates into different livelihood strategies that influence stakeholders' perception about agrarian ecosystem services and their vulnerability to multiple stressors. We considered five capitals (natural, physical, human, financial and social), and assessed how they are shaped by social relations, institutions and organizations, and how they bundle to determine diverse livelihoods strategies. Those strategies have as outcomes different levels of livelihood security and environmental sustainability. We also examined the different perspectives on ecosystem services and their related benefits and costs hold by each livelihood strategy.

We conclude that enhancing certain kind of livelihoods through modern irrigation transformation may deny the sustainability of other types of strategies delivered by some stakeholders. Moreover, it may also endanger not only climate change mitigation but broader transfer of agrarian ecosystem services. Uncovering such trade-offs will contribute to better design policy measures which are deemed effective, legitimate and fair.

## Huella 3, una propuesta de análisis híbrido para el cálculo de huella de carbono de organizaciones y productos

Sergio Álvarez<sup>1</sup>, Agustín Rubio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

sergio.alvarez@upm.es

**Palabras clave:** alcance 3, análisis Input-Output, análisis del Ciclo de Vida.

La ciencia de la huella de carbono está ante el reto del desarrollo de modelos híbridos que permitan integrar las investigaciones de alcance global/regional con aquellas cuyo alcance son los productos y las organizaciones. Las primeras han sido muy útiles en evaluar cómo el comercio internacional ha distorsionado la responsabilidad de los países en el cambio climático reduciendo la eficacia de las políticas de mitigación. Las segundas han desarrollado protocolos para valorar el impacto ambiental asociado al ciclo de vida de un producto o una organización (ISO/TS 14067, ISO/TR 14069). El éxito de ambas huellas radica en que amplían las estrategias posibles para la mitigación. Las desventajas se originan porque ambas propuestas por separado nos dan una visión fraccionada, y a veces no compatible, de las cargas ambientales. El presente trabajo desarrolla una propuesta de modelo híbrido que potencia los aspectos positivos de las diferentes propuestas metodológicas. La propuesta, denominada "Huella 3", es implementada en la Escuela de Ingeniería de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, caso de estudio ampliamente conocido por los autores. Según el cálculo realizado, la huella de carbono total para el año en estudio es de 1.089 t CO<sub>2</sub>e, siendo las denominadas emisiones de alcance 3 las que generar un mayor impacto en el medio. Los resultados son mostrados según diferentes áreas de análisis para dar cumplimiento con los estándares de organización y de producto. La discusión se desarrolla valorando diferentes aspectos positivos y negativos. Entre los positivos destaca la practicidad y la validez del método para su implementación en cualquier tipo de actividad así como el establecimiento de límites del sistema objetivos -clave para alcanzar la comparabilidad-. Entre los aspectos negativos destaca el alto nivel de agregación en las categorías de análisis. Los avances desarrollados permitirán la búsqueda de consensos entre las actuales divergencias metodológicas.

# The importance of how we report the results of climate impacts of food production

Inmaculada Batalla<sup>1</sup>, Miriam Pinto<sup>1</sup>, Olatz Unamunzaga<sup>1</sup>, Gerardo Besga<sup>1</sup>, Óscar del Hierro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NEIKER-Tecnalia

ibatalla@neiker.net

**Palabras clave:** functional unit, carbon footprint, multicriteria assessment, sheep farming.

Carbon footprint (CF) has become a popular indicator to communicate climate change impacts of agricultural production. CF expresses intensity of kg CO<sub>2</sub> per unit of product. Nevertheless, CF can generate conflict with other category of environmental impacts depending on how results are reported, where high yield farms could have fewer emissions per unit produced. There is a need to consider wider information taking into account the multifunctional functions of agriculture, especially in terms of policy implications.

Although improving efficiency and lowering costs are key factors to reduce environmental impacts of food production, a holistic point of view is imperative to consider, and social and economic aspects need to be included in Life Cycle Assessment (LCA) studies. The aim of this work is present how the functional unit influence in the results and how metrics influence in the interpretations.

Four different perspectives have been used to express intensity of CO<sub>2</sub> emissions in 12 sheep milk farms in Northern Spain: productive (from 2.11 to 5.35 kg CO<sub>2</sub> eq /kg Energy Corrected Milk), economic (from 0.84 to 13.4 kg CO<sub>2</sub> eq /Net Margin), human resources (from 39,142.34 to 314,799.5 kg CO<sub>2</sub> eq / Manpower Unit) and land occupation (from 964.11 to 6,882.43 kg CO<sub>2</sub> eq /ha). Lower emissions have been found for more intensive farms per litre of milk produce and the highest ones per land occupation or manpower unit.

The way results are report is important to address a sustainable strategy of livestock production. It is necessary to enlarge system boundary and strengthen role of alternative production systems (organic, traditional productions) and several functions given to primary sector nowadays which are potential paths to mitigation and adaptation options.



# Elaboración de la cartografía de usos del suelo para el estudio de la dinámica del carbono en ecosistemas de montaña: El caso de Alinyà

Esther Íñiguez<sup>1</sup>, Glòria Domínguez<sup>1</sup>, M. Teresa Sebastià<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitat de Lleida - Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

esther.iniguez@ctfc.cat

**Palabras clave:** cartografía, usos del suelo, cambio climático, dinámica del carbono.

En este estudio se describe la metodología seguida para la realización de la cartografía de usos del suelo en Alinyà (Pirineo oriental) utilizada como herramienta para el estudio de la dinámica del carbono en ecosistemas de montaña, en el marco del proyecto europeo CAMELEON (ERA-NET Circle-2 MOUNTAINS). Como área de estudio se seleccionó un cuadrante (ETRS89-LAEA: 360300-362100 Este /215500-216800 Norte) de 23400 ha, situado en el valle de Alinyà. Sobre esta zona se llevó a cabo la cartografía de usos del suelo, histórica y futura, a escala 1:50000; para ello se aplicó una metodología basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el desarrollo de líneas base de escenarios socioeconómicos para el análisis de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. En el caso de la cartografía histórica de usos del suelo (años 1960, 1990), se llevó a cabo un proceso de actualización retrospectiva utilizando como material base el mapa de hábitats de Cataluña (CERBIV-La Generalitat de Catalunya, 2006), el cual fue reclasificado y actualizado a partir de las fotografías aéreas (Institut Cartografic de Catalunya), siguiendo un proceso de fotointerpretación y digitalización basada en criterios morfológicos. Finalmente, la cartografía futura de usos del suelo (años 2015 y 2035) fue realizada a partir de la tendencia de cambio de uso del suelo establecida en colaboración con agentes locales mediante entrevistas individuales y grupos de trabajo, en los que se tuvieron en cuenta los cambios socioeconómicos previstos en la zona y las proyecciones de precipitación y temperatura estimadas a 5 y 20 años. Se utiliza estas cartografías para calcular los cambios en los sumideros de carbono de esta región.

## Identificando y cuantificando los GEI del sector agrícola desde una perspectiva holista

Elena Pérez<sup>1</sup>, Stefano Balbi<sup>1</sup>, Agustin del Prado<sup>1</sup>, Patricia Gallejones<sup>1</sup>, Chandanathil Pappachan Geevan<sup>2</sup>, Guillermo Pardo<sup>1</sup>, Rosa Manrique<sup>4</sup>, Cuitlahuac Hernandez-Santiago<sup>3</sup>, Ferdinando Villa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Basque Centre for Climate Change (BC3).

<sup>2</sup> Centre for Environmental and Social Concerns (India)

<sup>3</sup> Universidad del Mar (Mexico)

<sup>4</sup> University of Bologna (Italy)

elena.perezminana@bc3research.org

**Palabras clave:** sistemas agrícolas, servicios ecosistémicos, GEI, integración de modelos.

A pesar de los diversos beneficios asociados a sistemas agrícolas, la mayoría sólo se gestionan para optimizar rendimiento. El efecto de esta gestión aunque, a corto plazo, asegura la producción de alimentos requeridos por la humanidad, va acompañado de un deterioro creciente, a veces irreversible, de los ecosistemas de los que dependen. La mejor forma de disminuir/detener este deterioro es con un estudio analítico que aclare las interdependencias existentes entre los servicios ecosistémicos (SE) en los que la producción agrícola se basa.

La reducción de los GEI del sector es un buen ejemplo. Para incrementar el rendimiento del cultivo, anteriormente se recomendaba a los agricultores que hicieran uso de fertilizantes basados en nitrógeno (N), sin consideración a las emisiones asociadas al N y sus derivados. Esta forma de proceder puede acarrear otros impactos ambientales, tales como la reducción de la calidad del agua que corre por la zona.

Semantic meta-modeling, a través de la integración de diversos modelos, ofrece mecanismos para aclarar y gestionar el efecto de la intervención humana en las interacciones que se producen entre diversos SE. ARIES, una plataforma de este tipo, sirve para implementar aplicaciones espacialmente explícitas, que registran y cuantifican el efecto de determinadas prácticas agrícolas, y de las condiciones ambientales de los SE claves asociados a la zona geográfica de interés (Llanada Alavesa): producción de cultivos, calidad del agua, regulación del clima, calidad del aire...

En Álava, el modelo mostró: la posibilidad de gestionar el costo asociado a la reducción de las emisiones por NH<sub>3</sub>, la concentración de lixiviación de nitratos y la pérdida de P, utilizando estiércol como fertilizante. La posibilidad de mejorar la captura de C en el suelo, si el sistema de labranza convencional se reemplaza por uno de mínima labranza. Los resultados indican que el cambio no afecta significativamente el rendimiento (trigo de invierno).

# Exploring strategic management of agricultural soils for greenhouse gas mitigation: Stabilisation wedges in NE Spain

Berta Sánchez<sup>1</sup>, Ana Iglesias<sup>1</sup>, Jorge Álvaro-Fuentes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Agricultural Economics and Social Sciences, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

<sup>2</sup> Department of Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEAD-CSIC), Zaragoza

berta.sanchez@upm.es

**Palabras clave:** mitigation strategies, stabilization wedges, soil organic carbon management.

In 2004, Pacala and Socolow provided an analysis and clarification of how current mitigation options could contribute to the stabilizing atmospheric CO<sub>2</sub>, creating the concept of stabilization wedges. The stabilization wedges were globally derived for the major carbon-emitting activities by means of decarbonisation of the supply of electricity and fuel and from biological carbon sequestration by forest and agricultural management (Pacala and Socolow 2004; Grosso and Cavigelli 2012). A portfolio of agricultural practices now exists to contribute to reach agricultural mitigation targets. Many of these practices are based on well tested agronomic and technical know-how, with proven benefits for farmers and the environment. However, there are limitations in the process of policy development: (a) agricultural activities are based on biological processes and thus, these practices are location specific and climate, soils and crops determine their agronomic potential; (b) since agriculture sustains rural communities, the potential implementation have to be also regionally evaluated and (c) the aggregated regional potential of the combination of practices has to be defined in order to inform abatement targets. This paper considers agricultural soil management practices that may contribute to the abatement of greenhouse gas emissions and their potential implementation to reach policy targets. Here, we evaluate the abatement practices at farm level in NE Spain, a region that exemplifies agricultural systems in the Mediterranean region. We provide a wedge approach to illustrate the regional abatement potential of the selected practices. We estimate that the practices implementation could provide wedges of about 1,371,412 tCO<sub>2</sub>e, which represents 75% reduction of total emissions from crop cultivation in the region. Our research aims to contribute to shape realistic mitigation options at regional level and to provide a clear-cut way to link science to policy.

# Impacts of climate change in agricultural markets: A multi-scenario analysis

Lucian Stanca<sup>1</sup>, María Blanco<sup>1</sup>, Pilar Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

lucian.emmanuel.stanca@gmail.com

**Palabras clave:** bio-economic modelling, Climate change, Agricultural market uncertainty, Future food security

Human existence is inherently dependent on agriculture. The anthropogenic induced climate change seems to have an important impact on agriculture; nevertheless, this effect is uncertain. In order to unfold the range of the uncertainty we need to employ scenarios, which represent future greenhouse gases emissions levels as well as their socio-economic drivers. Due to the dynamics of the progress in science, technology and economy there is a need for continuous incorporations of this reality into the scenarios to create them as plausible as possible, in order to obtain essential information about, for instance, policies implications or costs associated to climate change. The scenarios must serve to produce robust results to facilitate policy decision making and not to be just a matter of a scientific exercise.

The fifth Assessment Report (AR5) of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) introduced a new set of scenarios, replacing the Special Report on Emissions Scenarios (SRES) scenarios used in the last two reports of IPCC. The assessment of climate change policies in the Impact, Adaptation and Vulnerability (IAV) analysis was one of the main reasons that motivated the development of the new scenarios. This switch is considered as an improvement of the old scenarios, and not a brake in the process of unveiling the uncertainty linked to climate change.

The objective of this work is to establish comparison lines between the old (SRES) and the new scenarios framework (SSPs with RCPs) using the most employed scenarios in economic impacts studies of climate change. In the light of the differences between the scenarios, the analogies can only be approximate. To assess the economic effects of climate change on agriculture a 'structural approach' methodological framework is employed. The projections assessments are based on Global Circulation Models (GCMs) outputs, biophysical and socioeconomic models, with socioeconomic future developments based on old and new scenarios.

# Structural change in the Agro-Food System towards relocation of food & feed production and consumption as a lever to mitigate nitrogen environmental losses

Julia Le Noë<sup>1</sup>, Gilles Billen<sup>1</sup>, Josette Garnier<sup>1</sup>, Luis Lassaletta<sup>2</sup>, Sanz- Alberto Sanz-Cobena<sup>3</sup>, Eduardo M. Aguilera<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Paris, France PBL

<sup>2</sup> Netherlands Environmental Assessment Agency, 3720 A H Bilthoven, The Netherlands

<sup>3</sup> ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

<sup>4</sup> Universidad Pablo de Olavide

Julia.lenoe@gmail.com

**Palabras clave:** Nitrogen cycle perturbation, trade, multi-scale study, structure of the agro alimentary system, nitrogen losses

International trade of agricultural commodities is an increasing factor of nitrogen (N) losses from agricultural soils, including nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission. Although the budget of GHG emission by waterway transport is negligible, such trade leads to an unbalanced N cycle in agricultural systems with uncoupling between crop and livestock farming, and between food and feed production and consumption. In this situation, recycled animal manures are inefficiently applied to croplands thus enhancing losses of reactive N to the environment as well as increasing the demand of synthetic N inputs. We have assessed the magnitude of long distance trade compared with internal N flows in agriculture, for the cases of France and Spain, two countries differing in their overall balance of agricultural trade. In both countries regional specialisation has been assessed from Eurostat data at NUTS3 level (i.e. French departments and Spanish provinces). FAO data were also used since they provide insight into international exchanges. For France, the availability of data on inter-regional trade (the Sitram database) allowed a more detailed analysis of trade of major agricultural commodities between departments. The maps we draw reveal that the specialization and the decoupling of livestock and crops production lead to intensive exchanges of agricultural products. Indeed the net food and feed trade to Spain amounts 100% of the national production and net export of cereals from France represents 30% of the national production. Based on simplified model of the agro-food-system, we derived an alternative “Bio-Local-Demitarian” scenario involving a more healthy diet, more local connections between food production and consumption, and between crop and livestock farming. Comparison of the N cycle for the current situation of selected French and Spanish regions with that of the “Bio-Local-Demitarian” scenario highlights the implication of the structure of the agro-food system in the N cycle efficiency. This suggests that the relocation of production and consumption of food and feed might have a significant abating effect on N losses as well as on the GHG budget compared to technical improvements of agricultural practices in the current structure of the agro-food system.

## Analysis of the cost and benefits of mitigation of reactive nitrogen emission in the contrasting agricultural systems of Spain, France and the Netherlands

Luis Lassaletta<sup>1</sup>, Hans van Grinsven<sup>1</sup>, Lex Bouwman<sup>1</sup>, Sietske van der Sluis<sup>1</sup>, Fernando Estellés<sup>2</sup>, Agustín del Prado<sup>3</sup>, Gilles Billen<sup>4</sup>, Josette Garnier<sup>4</sup>, Alberto Sanz-Cobena<sup>5</sup>

<sup>1</sup> PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 3720 A H Bilthoven, The Netherlands

<sup>2</sup> ICTA, Universitat Politècnica de Valencia, Camino de Vera s/n 46022, Valencia, Spain

<sup>3</sup> Basque Centre For Climate Change (BC3), Alameda Urquijo, 4, 4<sup>o</sup>-1a/48008 Bilbao, Spain

<sup>4</sup> Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), UMR 7619 Metis, 4 place Jussieu, Paris, France

<sup>5</sup> ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Av. Complutense s/n, 28040, Madrid, Spain

[luis.lassaletta@pbl.nl](mailto:luis.lassaletta@pbl.nl)

**Palabras clave:** NH<sub>3</sub>, mitigation scenarios, yield, emissions ceilings.

Ammonia emissions in Spain have risen over 13% from 1990 to 2012 (332 and 380 Gg/year respectively,) and together with the Netherlands Spain is one of countries that may surpass, in the upcoming assessment, the threshold established in the Gothenburg Protocol for 2010. A recent study has shown how several alternative management practices could significantly reduce the NH<sub>3</sub> emissions and, in some cases, without any reduction of yields. In this work we go further and we provide an assessment of the costs and benefits of 11 different mitigation scenarios also taking into account the effects on nitrate leaching and nitrous oxide emissions for the Spanish cropping systems in 2008. Differences between irrigated and rainfed systems were considered. Considered costs were those associated with actual mitigation and yield loss. Considered benefits were those associated with reduced use and a decreased of environmental impacts due to the reduction emissions of reactive N. The results show how in 7 of the 11 studied scenarios the final benefit is higher than the business as usual situation (BAU). In all of these 7 cases there are net benefits for the farmer and for society in view of reduced damage associated to reactive N emissions. We conclude that there is ample scope to reduce reactive N emissions with very low or no agricultural penalty and with substantial benefits for society. In 6 of these scenarios the associated NH<sub>3</sub> reduction will also result in an accomplishment of emissions ceilings for ammonia under the EU NEC directive. In the finale paper the results for Spain as an example of farming in Mediterranean climate regime will be compared with France and the Netherland as example of two agriculture systems operating in a temperate climate regime.

# Review of agriculture N<sub>2</sub>O emissions estimates using Sankey data visualisation techniques

Richard Claxton<sup>1</sup>, Chris Dore<sup>1</sup>, Beatriz Sánchez<sup>1</sup>, Juan José Rincón<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aether Ltd.

juanjose.rincon@aether-es.com

**Palabras clave:** Sankey, N<sub>2</sub>O, balance of N flows.

The agricultural systems entail a variety of interrelated processes which produce greenhouse gases emissions and other atmospheric pollutants. The study proposes a holistic method using Sankey diagrams to assess the estimate of these emissions. This method has been applied to the nitrogen emissions estimates under the agriculture sector in the United Kingdom, so only the non-energy processes and breeding are covered. Sankey diagrams are a specific type of flow diagram, in which the width of the arrows is shown proportionally to the flow quantity. This visual approach provides a detailed analysis and visual check on the balance of nitrogen flows through each stage of the agriculture cycle i.e. identifying any nitrogen artificially 'lost' or 'gained' due to the methodological approaches used. The datasets employed are those existing datasets used in the UK agriculture emissions inventory: Inventory of GHG emissions from UK agriculture – Rothamsted Research, November 2013 – and NH<sub>3</sub> inventory from National Ammonia Reduction Strategy Evaluation System (NARSES) 2012 – Rothamsted Research, November 2013. A first stage Sankey diagram for the UK agriculture nitrogen balance (below) highlights three important transfer stages: Livestock N inputs/outputs: animal waste management systems (AWMS) N inputs/outputs; crop and soil N input/output. It also points out key findings and questions to be addressed: an input/output imbalance of +43 ktonnes of N has been identified for AWMS; an input/output imbalance has been identified for agricultural soils. The results of this assessment have enabled a list of recommendations and actions to be compiled. These are aimed at developing a better understanding of these imbalances by completing further research and exploring the reliability of crucial data sets. Next actions would therefore focus on determining any missing factors from the N balance and identifying priority research areas. The work undertaken suggests that there may also be inconsistencies between the GHG emissions inventory and NARSES around the N inputs and outputs from AWMS. In addition, it suggests that some of the current emissions inventory methodologies could be updated to be consistent with the approaches presented in the most up to date versions of the Guidance for both GHGs and air quality pollutants. In conclusion, the analysis through Sankey diagrams can provide a detailed methodology for evaluating the flow and balance of primary elements within national inventory systems. It allows for evaluation of the internal consistency in the Agriculture sector, which will help to prioritise the efforts for the improvements needed in the estimates. In addition, the simplicity and friendly visual communication would help to engage with policy makers and stakeholders on greenhouse gas and air pollutant emissions and removals.

Mitigación de GEI en Sistemas Agroforestales  
de América Latina



## Efecto del contenido energético de los alimentos sobre la producción de metano y pérdida de energía en ganado de leche del sistema familiar en el estado de Querétaro, México

Sergio Gómez<sup>1</sup>, María de Lourdes<sup>1</sup>, Ericka Ramírez<sup>1</sup>, José Juan Méndez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México

gomez.sergio@inifap.gob.mx

**Palabras clave:** producción de leche, sistema familiar, emisiones de metano, densidad energética.

En México los inventarios de gases de efecto invernadero se estiman aplicando las fórmulas del Nivel 1 sugeridas por el IPCC (2006); debido a la gran variabilidad que existe en los sistemas de producción animal, es importante generar estimaciones de acuerdo a las fórmulas del Nivel 2. El objetivo del estudio fue comparar la producción de metano ( $\text{CH}_4$ ) y pérdida de energía usando la metodología del IPCC (2006) y usando el contenido energético analizado de los alimentos consumidos por animales de las diferentes fases productivas en 10 hatos del sistema familiar de producción de leche. El estudio se realizó en municipios del estado de Querétaro, localizado en el centro de México. Se tomaron datos técnicos y muestras de los ingredientes alimenticios y se determinó el contenido de materia seca (MS) y energía bruta (EB). El número de muestras analizadas fue: Alfalfa, 27; alimento concentrado, 14; heno de avena, 9; ensilaje de maíz, 15; grano de maíz, 69; rastrojo de maíz, 15; pollinaza, 24. Se estimó el consumo de MS y EB por animal/día usando todos los valores mínimos (EB<sub>min</sub>), promedio (EB<sub>pro</sub>) y máximos (EB<sub>max</sub>) de todos los ingredientes. Estos resultados se incluyeron en la ecuación propuesta por el IPCC para estimar el factor anual de emisión (FE) de  $\text{CH}_4$  usando como referencia el factor de conversión para ganado de leche de 6.5%. Además se estimó la pérdida de energía bruta (EB) como  $\text{CH}_4$ /día (PEBCH<sub>4</sub>) y pérdida de energía bruta (EB)/kg de leche/día (PEBL), en promedio por animal y por hato. Los datos fueron sujetos a ANOVA. En el promedio por animal, el FE fue similar entre IPCC, EB<sub>mín</sub> y EB<sub>pro</sub>, pero superior con EB<sub>máx</sub> ( $P < 0.01$ ). La PEBCH<sub>4</sub> fue más baja en IPCC y se incrementó paulatinamente en EB<sub>mín</sub>, EB<sub>pro</sub> y EB<sub>máx</sub> ( $P < 0.01$ ). La PEBL en IPCC fue similar a EB<sub>mín</sub>, pero inferior a EB<sub>pro</sub> y EB<sub>máx</sub> ( $P < 0.03$ ). En el promedio por hato, el FE fue similar entre grupos. La PEBCH<sub>4</sub> fue más baja en IPCC comparada con EB<sub>mín</sub>, EB<sub>pro</sub> y EB<sub>máx</sub>. La PEBL fue similar entre IPCC, EB<sub>mín</sub>, EB<sub>pro</sub> y EB<sub>máx</sub>. Los resultados sugieren que se subestimó la producción de  $\text{CH}_4$  y pérdidas de energía al usar los valores por defecto del IPCC comparados con los valores máximos de densidad energética analizada en los ingredientes consumidos. Esta es la primera estimación hecha en México sobre producción de  $\text{CH}_4$  y eficiencia energética asociada a la pérdida de  $\text{CH}_4$  en hatos de producción de leche del sistema familiar.

## **Efecto del nivel de humus de lombriz sobre el rendimiento y extracción de nitrógeno de forrajes producidos en canoas durante un ciclo anual**

Sergio Gómez<sup>1</sup>, María de Lourdes<sup>1</sup>, José Juan Méndez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México

gomez.sergio@inifap.gob.mx

**Palabras clave:** humus de lombriz, forraje, materia seca, nitrógeno.

Una práctica común en México es la aplicación de abonos orgánicos en suelos agrícolas como medio para restaurar la fertilidad y proveer nutrientes a las plantas. Pero no se cuenta con valores locales respecto a la disponibilidad de nutrientes extraídos por los forrajes a partir de abonos orgánicos a largo plazo. El objetivo del estudio fue evaluar la producción de materia seca (MS) y contenido de nitrógeno (N) en forrajes producidos en un ciclo anual en canoas adicionadas de niveles crecientes de humus de lombriz (HL: 0, 2, 4, 6 y 8%). El trabajo se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal localizado en Querétaro, México. Las canoas se construyeron de madera (0.8x0.25x0.25 m de largo x ancho x altura), revestidas con plástico impermeable. En cada canoa se agregaron 50 kg de suelo. La adición de HL se hizo en base a peso fresco. Se tuvieron tres ciclos de producción de forraje durante un año. En el ciclo 1 y 3 se sembró maíz (200 kg/ha) y se cosechó a los 100 días. En el ciclo 2 se sembraron forrajes de invierno (triticali, trigo y avena) asociados (150 kg/ha) y se cosechó a los 90 días. Se tuvo un tratamiento control fertilizado (CF) con urea a una dosis de 240 y 160 kg/ha, para maíz y forrajes de invierno, respectivamente, aplicada al inicio y a los 50 días del ciclo. Las canoas se mantuvieron debajo de un domo con techo de plástico y se regaron cada semana. A la cosecha se pesaron los forrajes y se determinó MS y N. Los datos fueron sometidos a ANOVA y regresión lineal. Los resultados se expresan en rendimiento/ha. El CF presentó un mayor rendimiento de MS ( $P < 0.05$ ) y extracción de N ( $P < 0.01$ ) respecto al nivel 0 de HL (54.8 vs 66.0 ton de MS/ha; 464 vs 743 kg de N/ha). También de manera consistente se encontró que la extracción de N en el CF fue mayor ( $P < 0.05$ ) respecto a la adición de niveles crecientes de HL (558 vs 744 kg de N/ha). El rendimiento de MS ( $P < 0.05$ ) y la extracción de N ( $P < 0.01$ ) presentaron una respuesta cuadrática respecto al nivel de inclusión de HL con respuestas máximas a un nivel de 6% de HL. En resumen, el rendimiento de MS y la extracción de N, fueron mayores en el tratamiento fertilizado sin adición de HL. Las respuestas a los niveles crecientes de HL fueron cuadráticas con los mayores beneficios con la adición de 6% de HL en un ciclo anual de producción de forraje.

## Investigación en mitigación de gases de efecto invernadero en Costa Rica

Ana Gabriela Pérez, Cristina Chinchilla<sup>1</sup>, Ronny Barboza<sup>1</sup>, José Manuel Monge<sup>1</sup>, Jorge Elizondo<sup>2</sup>, Germán Vidaurre<sup>3</sup>, Sergio Abarca<sup>4</sup>, Marco Fallas<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA), Universidad de Costa Rica

<sup>2</sup> Estación Experimental Ganado Lechero Alfredo Volio Mata

<sup>3</sup> Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

<sup>4</sup> Instituto de Investigaciones y Transferencia de Tecnología Agropecuaria-Ministerio de Agricultura y Ganadería

<sup>5</sup> Corporación Ganadera Nacional

ana.perezcastillo@ucr.ac.cr

**Palabras clave:** Costa Rica, ganadería, mitigación Emisiones de N<sub>2</sub>O

Costa Rica ha establecido como meta país el alcanzar la Carbono-neutralidad para el año 2021 y ha seleccionado líneas de acción en varios sectores, entre ellos el agropecuario, que aporta un poco más del 30 % al total de emisiones de CO<sub>2</sub>e por año. Entre las acciones más importantes se destacan el diseño de la Estrategia de mitigación nacionalmente aceptada (NAMA) de Ganadería y el Programa de Investigación y Transferencia de Tecnológica Agropecuaria (PITTA) en Ganadería baja en emisiones, iniciativas que integran al sector gubernamental, privado y académico. Para contribuir con este objetivo país, el Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica (UCR) ha implementado entre sus objetivos de investigación el cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en sistemas agropecuarios y el estudio de los factores que contribuyen de forma significativa a estas emisiones, a fin de desarrollar acciones de mitigación y promover la eco-competitividad de este sector frente al cambio climático. La consolidación de estas capacidades se ha logrado gracias al apoyo de la Vicerrectoría de Investigación de la UCR y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), que ha permitido tanto la capacitación del recurso humano como la adquisición de un analizador láser en tiempo real de NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> y un analizador láser de <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> y <sup>13</sup>CH<sub>4</sub>, y próximamente, un analizador láser de <sup>15</sup>N<sub>2</sub>O. Como parte de las investigaciones en esta temática, durante el 2014 investigamos una estrategia de mitigación para la fertilización en el cultivo de la piña en cooperación con la empresa privada. En el 2015 se estudian tecnologías de mitigación asociadas a prácticas de fertilización en ganadería de leche, con el apoyo técnico y fondos del OIEA. Además, como parte de un consorcio Latinoamericano apoyado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, se evaluará una estrategia de adaptación/ mitigación de un sistema de pastoreo alternativo en ganadera de doble propósito con el uso de soya variedad UCR-CIGRAS-06. Los resultados de las investigaciones en ganadería llegarán al usuario final con el apoyo de socios estratégicos del ámbito gubernamental y privado. Como punto de partida para definir otros experimentos en praderas bajo pastoreo para ganadería de leche, que son la esencia de los proyectos financiados por el OIEA, se llevó a cabo una incubación aeróbica para evaluar el potencial máximo de emisión de suelos volcánicos (al 85% de la capacidad máxima de retención de agua) utilizados en la producción lechera bajo diferentes tratamientos de N y C durante 21 días. Como conclusión del ensayo se determinó que la disponibilidad del carbono en estos suelos va a incidir marcadamente en las emisiones de N<sub>2</sub>O y que los máximos de emisión se dan en las primeras 36 h independientemente de la fuente de N (amonio o nitrato).

# Efecto de la fertilización mineral y orgánica en el cultivo de café sobre la emisión de óxido nitroso al ambiente y productividad del cultivo en la provincia de Loja (Ecuador)

Daniel Capa<sup>1</sup>, Javier Pérez<sup>2</sup>, Alberto Masaguer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agropecuarias, Producción Vegetal, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Agraria, E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

edcapa@utpl.edu.ec

**Palabras clave:** emisiones óxido nitroso, cultivo de café, sostenibilidad, productividad.

El cultivo de café es de gran importancia a nivel mundial, sin embargo en Ecuador se aprecia un uso inapropiado de fertilizantes, pérdida de nutrientes y emisiones de gases efecto invernadero; por lo que es importante estudiar dosis de fertilización mineral y orgánica. El objetivo fue evaluar la fertilización mineral y orgánica en diferentes dosis en un monocultivo de café, en la emisión de N<sub>2</sub>O y la productividad. En la provincia de Loja (Ecuador) se establecieron 21 parcelas y se aplicó 3 tratamientos de fertilización mineral y tres orgánicos con dosis: BAJAS, MEDIAS y ALTAS (143, 325, 487 NPK Kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente para el año 1 y 425, 650, 875 NPK Kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para el año 2), se usó urea, roca fosfórica y muriato de potasio en la fertilización mineral y humus (Bioabor) en la orgánica y un testigo. La evaluación fue de 2 años consecutivos. Los resultados indican que la emisión de N<sub>2</sub>O acumulada ha aumentado en todos los tratamientos de manera considerable y con mayores flujos en el mineral ALTO, sin mostrar diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con el mineral MEDIO, estos dos tratamientos presentan diferencias estadísticas con el resto de tratamientos. Los tratamientos: mineral BAJO, orgánica BAJO, orgánica MEDIO, orgánico ALTO y Testigo no presentan diferencias significativas entre sí. El 1er año de producción el tratamiento mineral ALTO obtuvo mayor producción, no presentó diferencia con el mineral MEDIO, no obstante fueron significativamente mayores que los otros tratamientos. En el 2º año la producción fue mayor en todos los tratamientos, el mineral ALTO y MEDIO obtuvieron mejores rendimientos, sin diferencias entre ellos, sin embargo el mineral MEDIO no presentó diferencias con el orgánico ALTO. Se considera que los mejores tratamientos en cuanto a cuidado ambiental serían el mineral BAJO, orgánico BAJO, sin embargo a nivel de producción y rentabilidad los mejores serían el mineral ALTO, mineral MEDIO y orgánico ALTO.

## Análisis de la mitigación de GEI en planteo ganadero a corral

María Laura Guzmán<sup>1</sup>, Ricardo Luis Sager<sup>1</sup>, Adriana Bengolea<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

guzman.laura@inta.gob.ar

**Palabras clave:** sistema intensivo, concentración de gases, gluten feed.

El metano liberado por la digestión y estiércol bovinos son las principales fuentes de emisión de GEI, por la cual la producción ganadera da una oportunidad de mitigación. Con el objeto de comprender la dinámica de producción de GEI de engorde a corral bovino; A) se monitoreó la concentración de gases en: corrales con y sin animales, trampa de sólidos, laguna anaeróbica y laguna aeróbica. Se utilizó una cámara estanca de 2 l sobre piso midiendo  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , (Reike Keiki RH -515). En las trampas de sólidos y lagunas se utilizó una cámara estanca flotante de 1 l conectada al detector, B) se evaluó un complejo polienzimático desodorizante en las trampas de sólidos comparando mediciones pre y post aplicación y C) Se midieron "in situ" la concentración  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{SH}_2$ , a través de microfistula ruminal, una sonda conectada al detector (Eagle 2) con una TMR a base de Gluten Feed húmedo (GFh). Se realizó la lectura continua por 3 minutos y se registraron los picos de concentración por 7 días. Como resultado se pudo observar que en A) los corrales y laguna aeróbica sólo se detectó  $\text{CO}_2$ , con diferencias significativa entre corrales con o sin animales. En las trampas de sólido y laguna de sedimentación, se registraron  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , con las mayores concentraciones en las trampas. De las observaciones apareadas B), se observó diferencias significativas en  $\text{NH}_3$  y Compuestos Orgánicos Volátiles con menor concentración pos producto y  $\text{SH}_2$  mayor. En C) los niveles ruminales elevados obtenidos de  $\text{NH}_3$  (2.2 ppm) y  $\text{SH}_2$  (82.5 ppm) están directamente relacionados a la concentración de proteína bruta y sulfatos aportados por el GFh y la baja concentración de  $\text{CH}_4$  (15.8%vol.) determina una baja emisión por producto (0.55 kg  $\text{CH}_4$ /kg carne). La complejidad de interacción entre ración, emisión de gases y productividad animal, puede tener efectos sinérgicos o antagónicos en otros vectores, siendo el uso del conocimiento y tecnologías determinante para la sustentabilidad de los agroecosistemas.

## Perspectivas de la agricultura y pecuaria brasileña en la emisión de gases de efecto invernadero

Segundo Urquiaga<sup>1</sup>, Bruno J. Rodrigues<sup>1</sup>, Cláudia P. Jantalia<sup>1</sup>, Márcio dos Reis Martins<sup>1</sup>, Robert M. Boddey<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Agrobiología

segundo.urquiaga@embrapa.br

**Palabras clave:** agroganadería tropical, sustentabilidad agrícola, fijación biológica de nitrógeno.

La agroganadería brasileña contribuye con cerca del 24% del Producto Interior Bruto, y responde por 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país. El desarrollo agrícola del país se inició fuertemente en los 70, pasando luego a ser exportador de alimentos, con grandes perspectivas de contribuir para la seguridad alimentaria del mundo del futuro. Actualmente existe la necesidad de validar los factores de emisión de GEI propuestos por el IPCC (2006). El compromiso voluntario del país en la COP15 fue de disminuir en 20 años entre el 36.1 y el 38.9% las emisiones esperadas de GEI, siendo esta disminución de 1000 Mt CO<sub>2</sub> eq (correspondiendo a la agroganadería disminuir entre 133 a 166 Mt CO<sub>2</sub> eq). En la agricultura, Brasil es uno de los países que más aprovecha la contribución de la Fijación biológica de N<sub>2</sub> (FBN), que actualmente representa más de 70% del N exportado del campo con los productos agrícolas, donde la contribución del N-fertilizante es de menos de 20%.

Las investigaciones vienen demostrando que los factores de emisión de GEI propuestos por el IPCC (2006) son muy altos para las condiciones brasileñas. En el caso del uso de fertilizantes nitrogenados, se está demostrando que los factores de emisión directa de N-N<sub>2</sub>O oscilan alrededor del 0.31%, mucho menos del propuesto por el IPCC (1%). También se demuestra que el secuestro de C en el suelo es extremadamente dependiente del balance positivo de N, para lo cual se debe optimizar la FBN en rotaciones de cultivos. En el caso de la actividad pecuaria, el mayor impacto ambiental se debe a la liberación de CH<sub>4</sub> entérico y al N<sub>2</sub>O derivado de las excretas, especialmente del N-orina. Considerando que la producción pecuaria brasileña se desarrolla de forma extensiva, con época lluviosa y seca, se vienen demostrando que para Brasil, el factor de emisión promedio de N<sub>2</sub>O varía apenas entre 0.2 y 0.5%, mucho más bajo de lo indicado por el IPCC. Actualmente, nuevos sistemas conservacionistas están en estudio y difusión.

## Listado de autores y autoras

Abalos, D. 17,46  
Abarca, S. 83  
Abecia, L. 63  
Agüera-Vega, J. 33  
Aguilera, E.M. 58,69,77  
Agulló, E. 21,35,37,38  
Alberdi, O. 49  
Albizua, A. 70  
Alburquerque, J.A. 24  
Almagro, M. 18  
Alonso, G. 60  
Alonso, R. 45  
Altimir, N. 32  
Álvarez, S. 71  
Álvaro-Fuentes, J. 19,23,28,42,75  
Amorós, M.A. 26  
Andreu, G. 17,22,29  
Antezana, W. 52,53,55  
Aranda, V. 41  
Aranda, X. 27,47  
Arco-Pérez, A. 59,65  
Arranz, J. 57  
Arriaga, H. 49,50  
Arrúe, J.L. 19,28  
Báez, M.D. 20  
Balbi, S. 74  
Balboa, M.A. 34  
Barboza, R. 83  
Bareche, J. 23  
Batalla, I. 51,72  
Batlles, C. 27  
Beccaccia, A. 52  
Bengolea, A. 85  
Bermejo, V. 45  
Besga, G. 72  
Biel, C. 27  
Bielsa, A. 19  
Billen, G. 77,78  
Bjarne, H. 62  
Blanco, M. 76  
Blanco-Penedo, I. 67  
Blanco-Roldán, G.L. 33  
Boddey, R.M. 86  
Bouwman, L. 78  
Bravo, J.A. 15  
Bustamante, M.A. 21,35,37,38  
Butterbach-Bahl, K. 44,66  
Caiola, N. 47  
Calero, J. 41  
Calvet, S. 36,49,52,53,55  
Calvete-Sogo, H. 45  
Cangani, M.T. 22,29  
Cantero-Martínez, C. 19,23,28  
Capa, D. 84  
Carbonell, R. 40  
Carmona, E.D. 67  
Cayuela, M.L. 24  
Cerisuelo, A. 52,53,54,55  
Chinchilla, C. 83  
Cid, A. 69  
Clavero, M.A. 11  
Claxton, R. 79  
Connolly, J. 32  
Corbera, E. 7,70  
Criscioni, P. 50  
De Blas, C. 52,53,55  
De Lourdes, M. 81,82  
Del Prado, A. 25,43,58,59,74,78  
Díaz, E. 18  
Díaz-Pinés, E. 13,44,66  
Domínguez, G. 73  
Dore, C. 79  
Elizondo, J. 83  
Elvira, S. 45  
Espejo, R. 46  
Espinosa, M.F. 26  
Estavillo, J.M. 30  
Estellés, F. 49,52,55,78  
Fallas, M. 83  
Fanlo, R. 28  
Fernández, C. 50  
Fernández, M.J. 9  
Fernández-Díez, K. 30  
Ferreiro, N. 12  
Ferrer, P. 52,53,54,55,59  
Fonturbel, M.T. 34  
Fuertes-Mendizábal, T. 30  
Funes, I. 27  
Gallejones, P. 25,74  
García, M.A. 67  
García, M.I. 20  
García, R. 69  
García-Franco, N. 18  
García-Marco, S. 22, 46  
García-Martínez, S. 35  
García-Rebollar, P. 52,53,55  
García-Ruiz, R. 41

Garnier, J. 77,78  
 Gil-Ribes, J.A. 33  
 Gilsanz, C. 20  
 Gómez, S. 81,82  
 González de Molina, M. 69  
 González, A. 28  
 González- Fernández, I. 45  
 González-Murúa, C. 30  
 González-Sánchez, E.J. 33  
 Gouriveau, F. 32  
 Gracia, M. 27  
 Grau, A. 35  
 Grau, B. 27  
 Guardia, G. 17,22,29  
 Guerrero, C. 10  
 Guzmán, G. 69  
 Guzmán, M.L. 85  
 Hermansen, J.E. 51  
 Hernández, F. 26  
 Hernandez-Santiago, C. 74  
 Herralde, F. de 27  
 Herrera, I. 31  
 Hierro, O. del 51,72  
 Horrillo, R. 50  
 Huérfano, X. 30  
 Ibáñez, C. 47  
 Ibañez, M. 66  
 Ibáñez, S. 30  
 Iglesias, A. 75  
 Iglesias, D.J. 26  
 Inclán, R.M. 11  
 Infante, J. 69  
 Íñiguez, E. 73  
 Jantalia, C.P. 86  
 Jiménez, E. 63  
 Justes, E. 39  
 Kiese, R. 44  
 Knudsen, M.T. 51  
 Kvakic, M. 66  
 Lago, C. 31  
 Lassaletta, L. 77,78  
 Le Noë, J. 77  
 Lechón, Y. 31  
 Llonch, P. 56  
 Llurba, R. 32  
 López, A. 64  
 López, S. 36  
 López-Cano, I. 24  
 Lu, H. 44  
 Mandaluniz, N. 57  
 Manrique, D. 11  
 Manrique, R. 74  
 Marín-Martínez, A. 21,35,37,38  
 Mariscal, I. 46  
 Márquez, F. 33  
 Márquez, J. 40  
 Martínez, M. 67  
 Martínez, P. 76  
 Martínez-Eixarch, M. 47  
 Martínez-Mena, M. 18  
 Martín-García, A.I. 59,63,65  
 Martins, M. R. 86  
 Masaguer, A. 84  
 Méndez, J.J. 81,82  
 Menéndez, S. 30  
 Merino, A. 34  
 Merino, P. 49,50  
 Mogensen, L. 51  
 Molina, A. 27  
 Monge, J.M. 83  
 Montero, G. 14  
 Moral, R. 21,35,37,38,58,59  
 Morante, R. 11  
 Moreno, H. 36  
 Moreno, M. 40  
 Moreno-Robisco, M.V. 11  
 Moset, V. 54,62  
 Mosquera, M.R. 12  
 Mutke, S. 14  
 Nogué, I. 23  
 Olea, R. 67  
 Omil, B. 34  
 Ordóñez, R. 40  
 Ortiz, C. 9,13  
 Osca, J.M. 36  
 Pappachan Geevan, C. 74  
 Pardo, G. 25,43,58,59,74  
 Paredes, C. 21,35,37,38  
 Pascual, U. 70  
 Perea-Muñoz, J.M. 67  
 Pérez, A.G. 83  
 Pérez, E. 74  
 Pérez, J. 84  
 Pérez, R. 11  
 Pérez-Espinosa, A. 21,35,38  
 Pérez-Murcia, M.D. 21,35,37,38  
 Pinto, M. 51,72  
 Plaza-Bonilla, D. 19,23,39



Prenafeta, F. 47  
Primo-Millo, E. 26  
Ramírez, E. 81  
Recio, J. 43  
Repullo, M.A. 40  
Ribas, A. 32  
Rigueiro, A. 12  
Rincón, J.J. 79  
Río, M. del 14  
Rodrigues, B.J. 86  
Rodríguez, J.A. 42  
Roig, A. 24  
Roig, S. 64,15  
Rovira, A. 47  
Rubio, A. 9,13,71  
Ruiz, J.J. 35  
Ruiz, R. 57  
Ruiz-Peinado, R. 14,15  
Sager, R.L. 85  
Salcedo, G. 60,61  
San Bautista, A. 36  
Sánchez, B. 75  
Sánchez, B. 79  
Sánchez, J. 31  
Sánchez, L. 45  
Sánchez, M.D. 11  
Sánchez-García, M. 24  
Sánchez-Monedero, M.A. 24  
Sande, V. 60  
Sanz, J. 45  
Sanz-Cobena, A.  
17,21,22,29,37,38,43,66,77,78  
Savé, R. 27,47  
Sebastià, M.T. 32,73  
Serrada, R. 15  
Smith, P. 5  
Somarriba, M. 56  
Soto, D. 69  
Stanca, L. 76  
Studdert, G.A. 23  
Tellez-Rio, A. 22  
Torres-Pitarch, A. 54  
Trobajo, R. 47  
Turner, S.P. 56  
Ugarte, E. 57  
Unamunzaga, O. 72  
Uribe, C. 11  
Urquiaga, S. 86  
Vallejo, A. 6,17,22,29,45,46  
van der Sluis, S. 78  
van Grinsven, H. 78  
Vayreda, J. 27  
Vega, J.A. 34  
Vicente, J.L. 41  
Vidaurre, G. 83  
Villa, F. 74  
Viñas, M. 47  
Yáñez-Ruiz, D. 59,63,65

# remedia

## IV workshop

Abriendo la red

[www.redremediaworkshop.org](http://www.redremediaworkshop.org)

El IV Workshop REMEDIA ha sido financiado por el INIA en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación, 2013-2016. Así mismo se ha contado con recursos procedentes del FEDER en el marco del “programa Operativo de Crecimiento Inteligente”.



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



Unión Europea  
FEDER  
Programa Operativo de  
Crecimiento Inteligente