

**GIAAMA**



**Grupo de  
Investigación  
Aplicada en  
Agroquímica  
y Medio  
Ambiente  
Universidad  
Miguel  
Hernández**

*Mesa Redonda: Agricultura para una economía  
baja en carbono*

*Uso y manejo de materiales orgánicos  
y compost en agricultura intensiva:*

*Implicaciones agronómicas,  
económicas y medioambientales en  
términos de emisión de gases de efecto  
invernadero*



***Raul Moral Herrero***

Murcia, 30 noviembre 2010

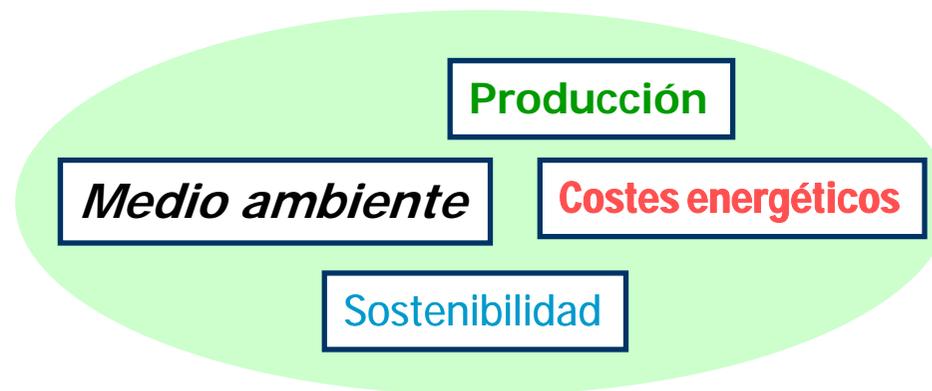
GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**El manejo agrícola está cambiando rápidamente**

**→ Punto de vista sistémico**



**Compost y compostaje** como operaciones clave en sistemas de manejo avanzados



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**Compost de alta calidad:** demandado por muchos sectores pero solo costeable por sectores agrícolas específicos:

- **Sector de cultivo sin suelo (germinación y cultivo)**
- **Agricultura ecológica**
- **Cobertera en frutales**





**Compost de alta calidad:** demandado por muchos sectores pero solo costeable por sectores agrícolas específicos:

■ **Sector de cultivo sin suelo (germinación y cultivo)**

■ **Agricultura ecológica**

■ **Cobertera en frutales**



**Sustitución de turba**

- Rol turberas como sumidero de C.
- Actividad no sostenible.
- Demanda creciente no satisfecha.
- Legislación restrictiva.



**Ej.** UK propone reducciones del 10% en el uso de turba como mejorador de suelo y medio de cultivo antes de 2010 para favorecer la reutilización de residuos orgánicos.

**Compost de alta calidad:** demandado por muchos sectores pero solo costeable por sectores agrícolas específicos:

- Sector de cultivo sin suelo (germinación y cultivo)
- **Agricultura ecológica**
- Cobertera en frutales

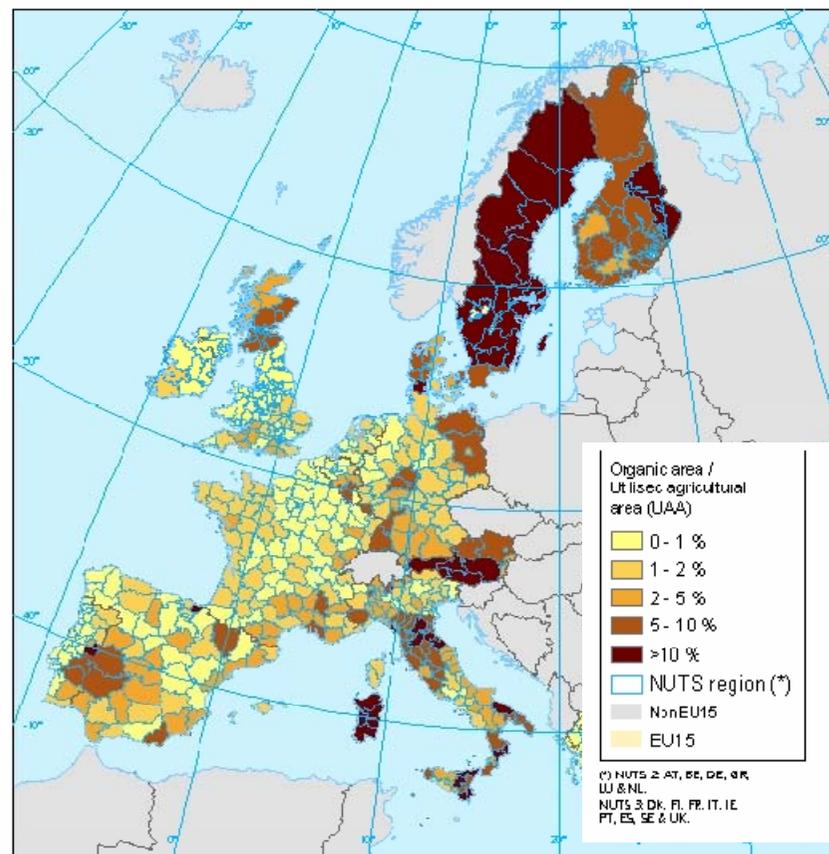




**Compost de alta calidad:** demandado por muchos sectores pero solo costeable por sectores agrícolas específicos:

- Sector de cultivo sin suelo (germinación y cultivo)
- **Agricultura ecológica**
- Cobertura en frutales

- Europa representa más del 23% de la superficie ecológica mundial (European Commission, 2005)



**Compost de alta calidad:** demandado por muchos sectores pero solo costeable por sectores agrícolas específicos:

- Sector de cultivo sin suelo (germinación y cultivo)
- Agricultura ecológica
- **Cobertera en frutales**



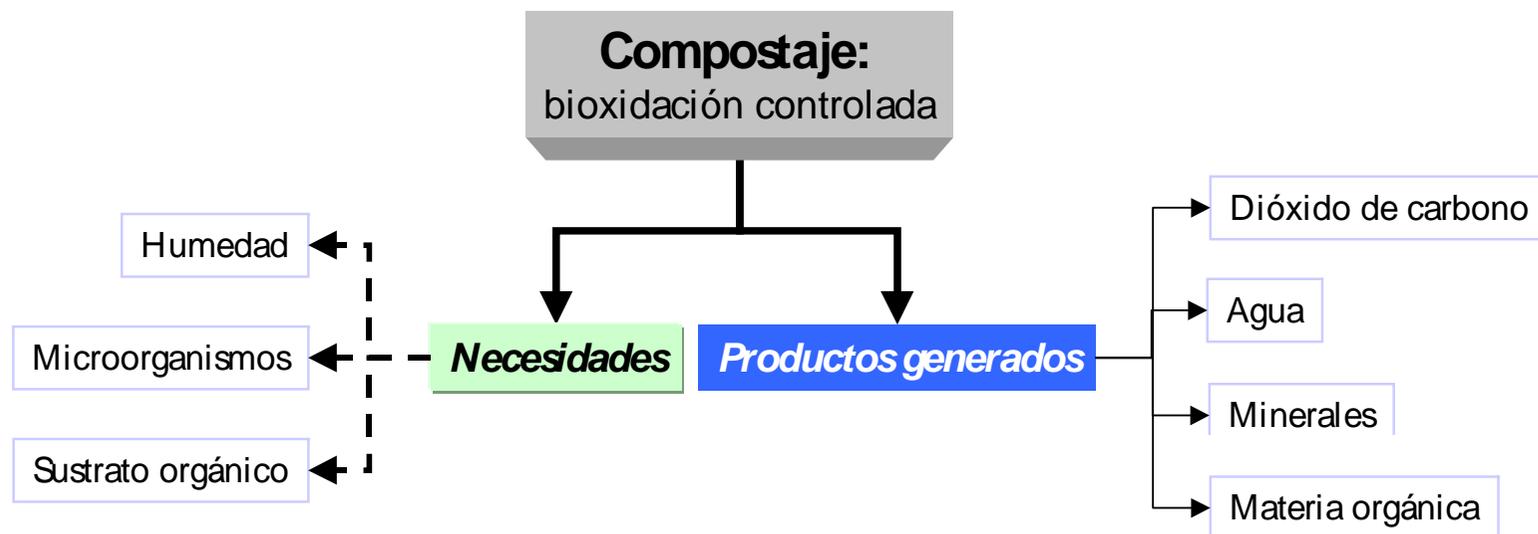
GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

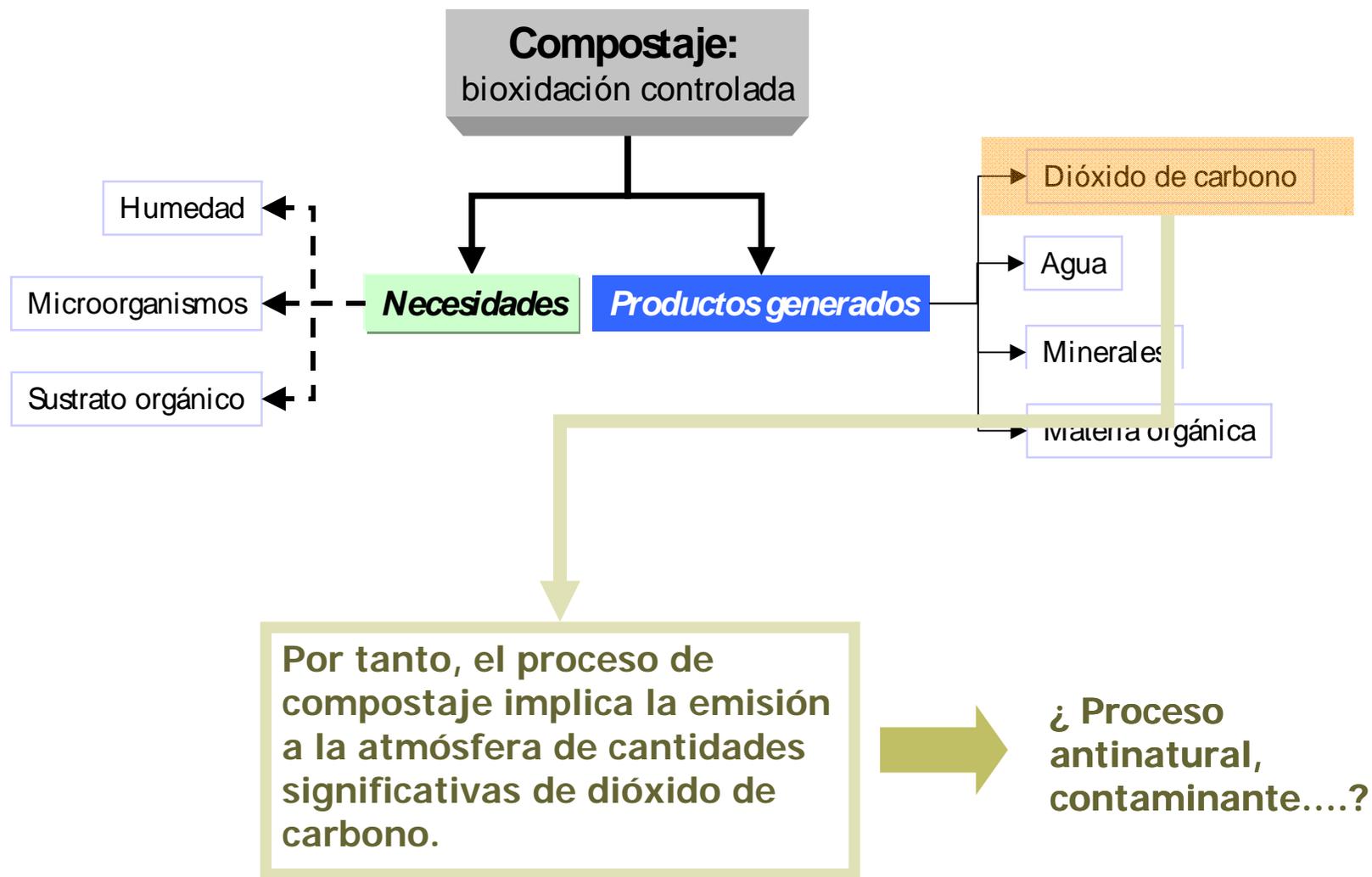
**¿Por qué existe una relación entre efecto invernadero y compostaje?**

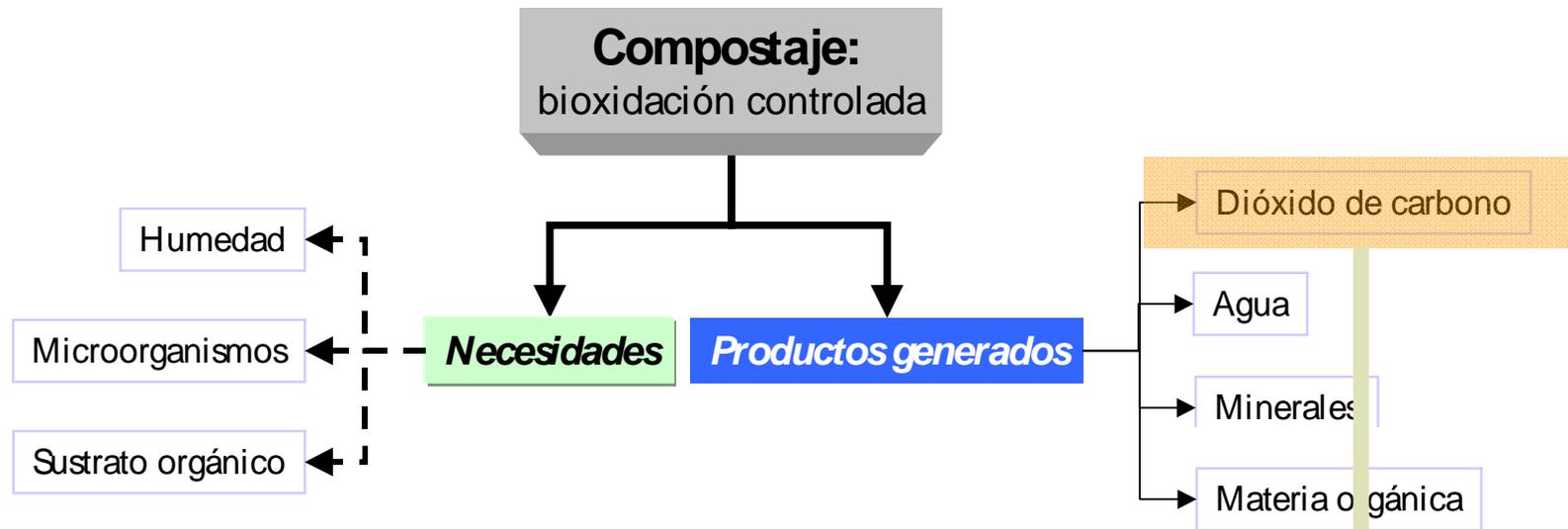




El **compostaje** es un proceso biooxidativo controlado, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos, que requiere una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido.

Implica el paso por una etapa termofílica y una producción temporal de fitotoxinas, dando al final como productos de los procesos de degradación, **dióxido de carbono**, agua y minerales, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y dispuesta para su empleo en agricultura sin que provoque fenómenos adversos.





***Fenómeno similar al natural*** en el suelo cuando se incorporan restos de cosecha, residuos orgánicos frescos y en menor grado compostado.

***Absolutamente necesario*** para que la biota del suelo pueda desarrollar su actividad, pues esta forma de biodegradación es la fuente mayoritaria de materia y energía en organismos heterótrofos.



- La **emisión de gases y su repercusión en el calentamiento global** es uno de los aspectos que más controversia plantea en la valorización de residuos orgánicos mediante **compostaje**, habiendo supuesto en el pasado inmediato un freno en la extensión de este método de estabilización.
- Fundamentalmente, **si el proceso de compostaje se desarrolla en condiciones óptimas**, los principales gases emitidos son el **CO<sub>2</sub>** y el **NH<sub>3</sub>**



¿Son minimizables estas emisiones gaseosas en un sistema de compostaje optimizado?



## Dinámica del Carbono

- Durante la fase activa del compostaje, el **carbono orgánico** desciende debido a su descomposición por parte de los microorganismos. Esa pérdida en forma gaseosa del C como CO<sub>2</sub> reduce el peso de la pila de compostaje y desciende su relación C/N.
- La tasa de degradación de la materia orgánica desciende a medida que las fuentes de carbono fácilmente disponibles se van agotando, siendo mayoritarias las reacciones de síntesis de nuevos compuestos así como de polimerización frente a las reacciones de degradación en la etapa de maduración.



La pérdida de CO<sub>2</sub> no es minimizable



## Dinámica del Carbono

- Pérdidas de materia y C

### Pérdidas de masa:

- 15-67% para estiércoles vacunos (Eghball et al., 1997; Larney et al., 2006; Larney and Hao, 2007; Steward et al., 2000),
- 10-52 % para gallinazas (Hansen et al., 1989; Paredes et al., 1996; Tiquia et al., 2002),
- 21-55 % para estiércoles porcinos (Changa et al., 2003; Garrison et al., 2001).

### Pérdidas de C:

- cercanas al 67 % para estiércoles vacunos (Eghball et al., 1997; Hao et al., 2004; Larney et al., 2006; Larney and Hao, 2007),
- al 72 % en estiércoles porcinos (Tiquia et al., 2000)
- al 52 % en gallinaza (Paredes et al., 1996).

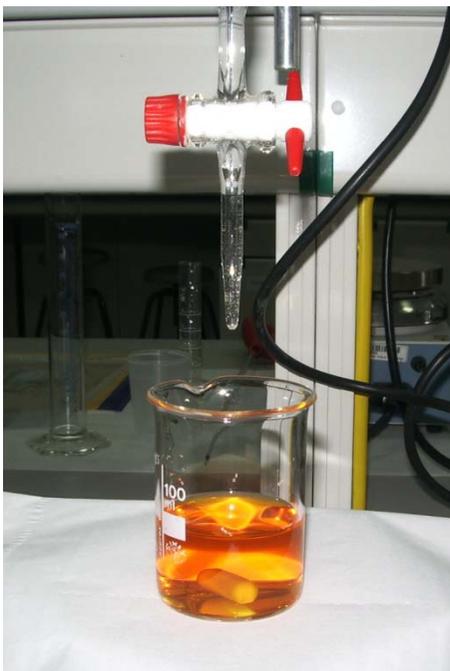


## Dinámica del Nitrógeno

- Otro elemento que participa en dinámicas de emisión atmosférica es el **nitrógeno** presente en el material a compostar.
- El **amoníaco (NH<sub>3</sub>)** es la principal molécula nitrogenada emitida a la atmósfera desde la pila (aunque no la única como veremos) y se origina en las primeras etapas de mineralización de la materia orgánica mediante el proceso de amonificación. A continuación, el NH<sub>3</sub> formado puede seguir distintos procesos, dependiendo de las condiciones de la pila:
  - ❖ puede ser disuelto como NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e inmovilizado por los microorganismos que lo utilizan como fuente de nitrógeno (de forma que pasa a formar parte de nuevo de la fracción orgánica)
  - ❖ puede ser volatilizado a la atmósfera cuando el pH y la temperatura son elevados
  - ❖ puede ser transformado en nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) cuando las condiciones de aireación son adecuadas y la temperatura está por debajo de 40°C.

## Dinámica del Nitrógeno

### Amoniaco



Este compuesto se genera tanto en condiciones **aeróbicas** como **anaeróbicas**:

**Condiciones aeróbicas:** Cuando la relación C/N es baja (exceso de nitrógeno) → la fuente carbonada limita el desarrollo microbiano y el exceso de nitrógeno se pierde en forma de amoníaco.

**Factores favorecedores:** T<sup>a</sup> elevada y pH en el rango alcalino.

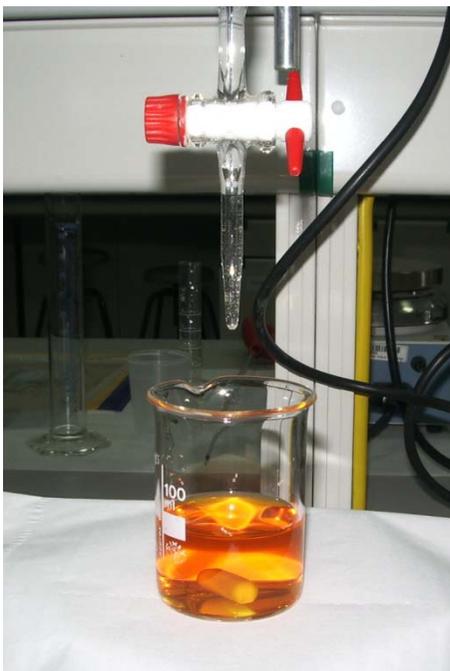
**Prevención:** suponiendo aporte de oxígeno adecuado, uso en sustratos iniciales materiales ricos en C, como virutas de madera o restos de poda.

## Dinámica del Nitrógeno

### Amoniaco

Este compuesto se genera tanto en condiciones **aeróbicas** como **anaeróbicas**:

**Condiciones anaeróbicas:** el proceso de biotransformación se torna anaeróbico, y en estas circunstancias, también se forma amoniaco siendo su liberación a la atmósfera igualmente dependiente de valores elevados de temperatura y pH.



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

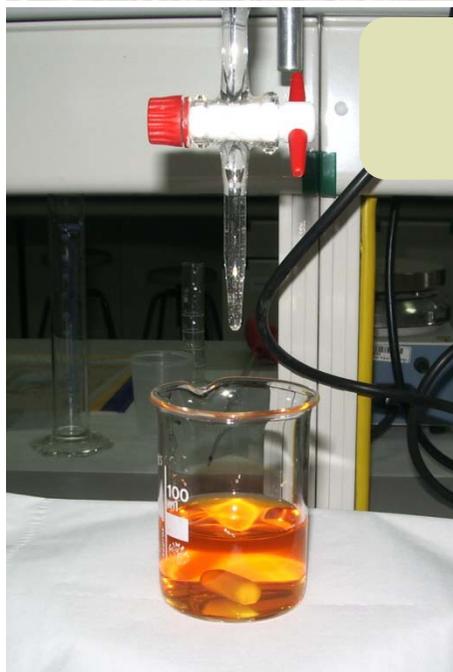
## Dinámica del Nitrógeno



Amoniaco



La pérdida de  $\text{NH}_3$  es minimizable mediante diferentes metodologías y tecnologías



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

¿Que pasa cuando el compostaje deja de ser **compostaje**?



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Las condiciones de **compostaje** (tecnología empleada, condiciones de operación, características de la mezcla inicial y de sus componentes, e incluso las condiciones ambientales de cada estación) tienen una gran influencia en la mineralización de la materia orgánica durante el compostaje y por tanto en la emisión de gases.



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

¿ Que pasa cuando el proceso transcurre en **anaerobiosis** ?



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Cuando el proceso de compostaje deja de ser un proceso aeróbico controlado, se generan en la pila a compostar **zonas de anaerobiosis más o menos generalizadas**.

Este hecho está usualmente asociado a:

- una inadecuada aireación
- un encharcamiento o saturación de agua en los poros de la pila



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Cuando el proceso de compostaje deja de ser un proceso aeróbico controlado, se generan en la pila a compostar **zonas de anaerobiosis más o menos generalizadas.**

Estas situaciones favorecen la aparición de microorganismos anaerobios, cuya actividad genera **otros gases** de gran impacto sobre el calentamiento global de la atmósfera

Metano ( $\text{CH}_4$ )

Oxido de dinitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ )





## Metano (CH<sub>4</sub>)

La materia orgánica se degrada en ausencia de oxígeno en dos etapas:

### 1) Fermentación ácida (bacterias facultativas)



### 2) Fermentación metánica (bacterias anaeróbicas)



En la primera, los microorganismos hidrolíticos anaerobios forman, a partir de la materia orgánica, ácidos grasos, los cuales sirven de alimento en la segunda etapa, a las bacterias metánicas, que transforman éstos en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>.





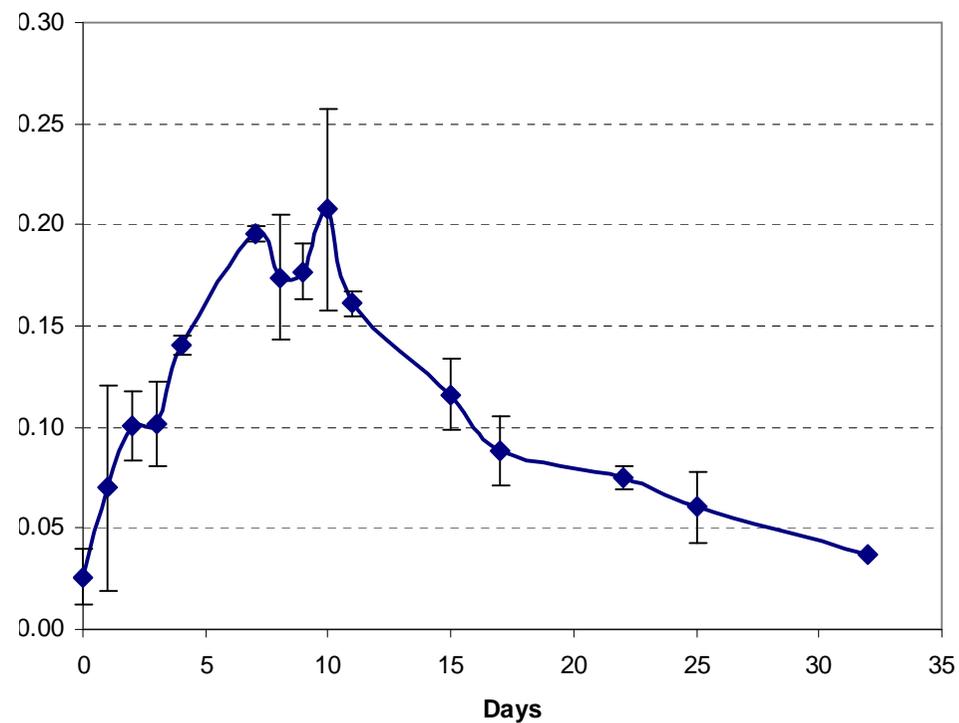
## Metano (CH<sub>4</sub>)



Ej. Emisión de metano generada en el compostaje-almacenamiento de estiércol vacuno en condiciones ambientales, sin ningún tipo de manejo, volteo, etc.

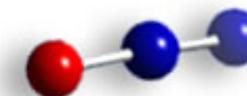


**C-CH<sub>4</sub> flow**  
Polytunnel canopy measurements

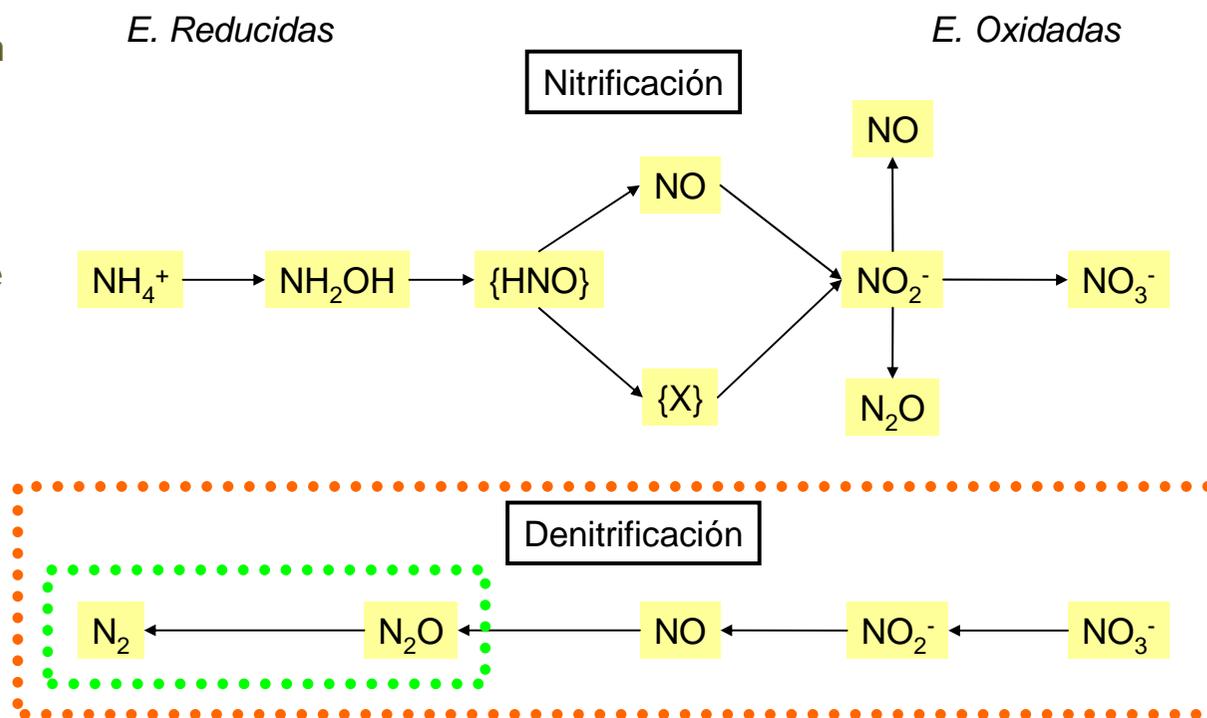




## Denitrificación y el óxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O)



El **conjunto de reacciones** que involucran al nitrógeno en los materiales orgánicos y por tanto en los procesos de compostaje es **amplio y complejo**, distinguiéndose diferentes dinámicas en función de la existencia de condiciones reductoras u oxidantes en el medio, estando éstas a su vez condicionadas por la tipología del proceso, al inducir diferentes **condiciones de aerobiciadad**.



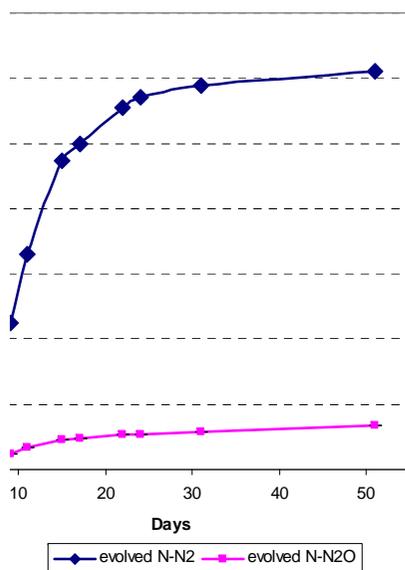


## Denitrificación y el óxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O)

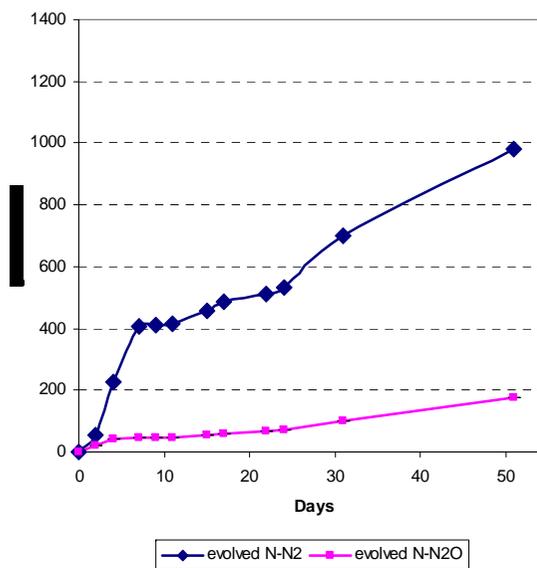
**Manejo inadecuado:**  
aumento de la emisión de gases asociados a procesos anaeróbicos (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)



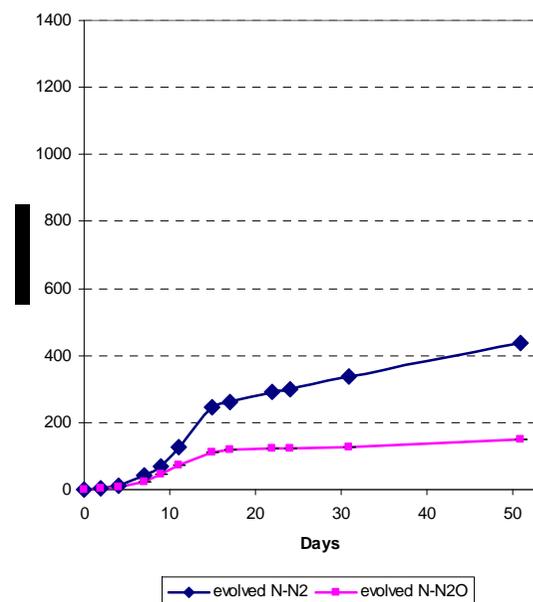
Parte inferior



Parte central



Superficie



N<sub>2</sub>

N<sub>2</sub>O





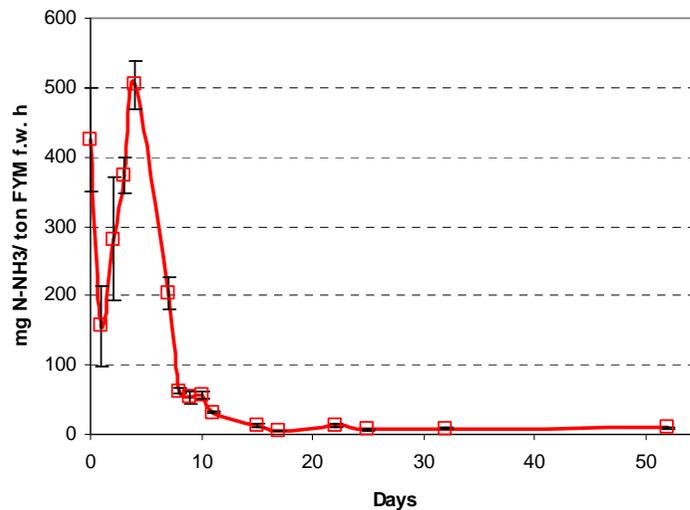
## Denitrificación y el óxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O)

**Manejo inadecuado:**  
aumento de la emisión de gases asociados a procesos anaeróbicos (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)

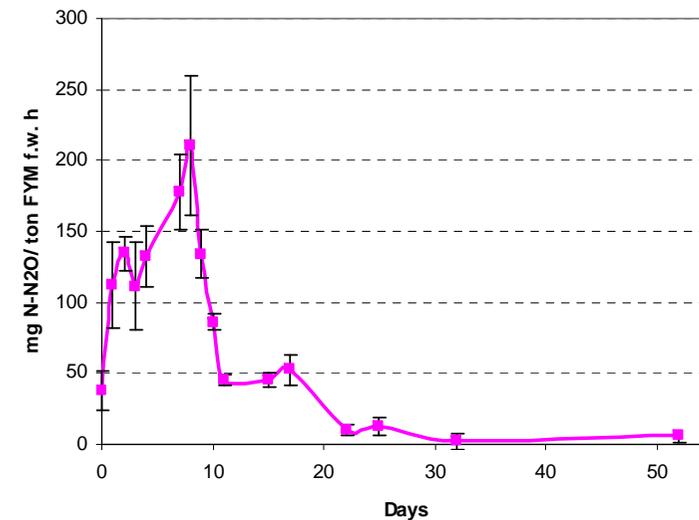


### Flujo de emisión

N-NH<sub>3</sub> flow  
Polytunnel canopy measurements



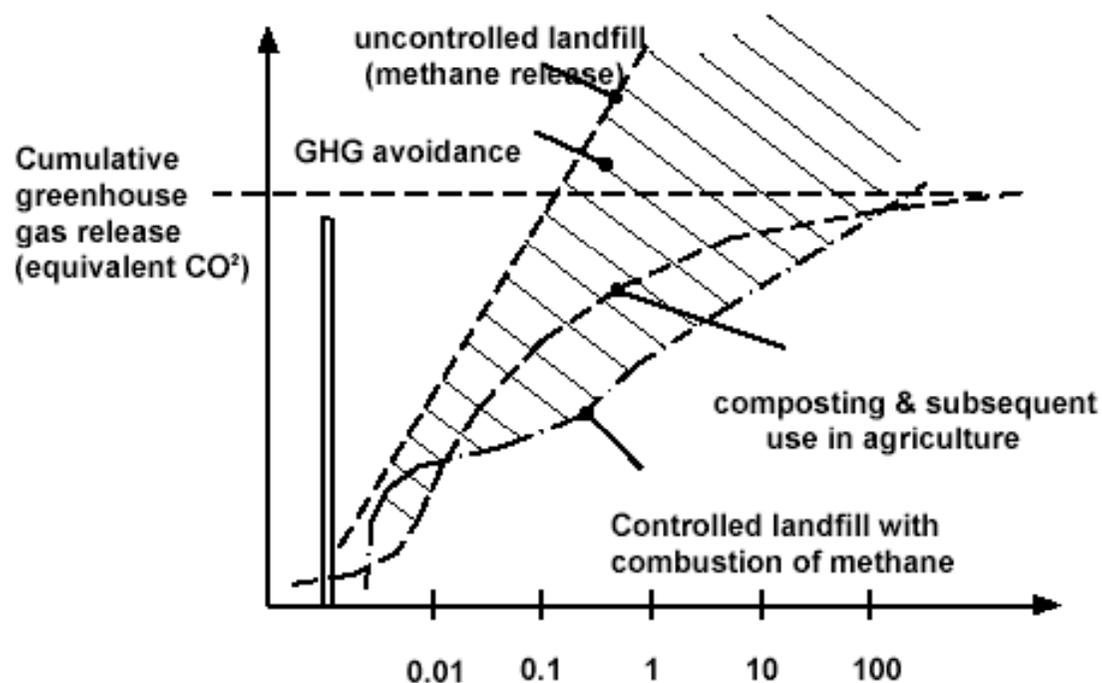
N-N<sub>2</sub>O flow  
Polytunnel canopy measurements



## Compostaje frente a otras alternativas de gestión

Uno de los principales inconvenientes ambientales de la valorización de residuos orgánicos mediante **compostaje**: emisión de gases de efecto invernadero, principalmente  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$ .

Sin embargo, otros tipos de gestión como la **incineración, la digestión anaeróbica incontrolada, el depósito en vertedero**, etc. liberan cantidades similares o superiores de C:





## Compostaje frente a otras alternativas de gestión

Además esos otros sistemas de manejo de los residuos como su vertido en vertederos, la digestión anaeróbica, etc., generan otros gases de mayor impacto sobre el calentamiento global, como *metano y óxido de dinitrógeno*.

### POTENCIALES DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO

| GAS                | FÓRMULA          | POTENCIAL DE CALENTAMIENTO IPCC 1995 |
|--------------------|------------------|--------------------------------------|
| Dióxido de carbono | CO <sub>2</sub>  | 1                                    |
| Metano             | CH <sub>4</sub>  | 21                                   |
| Óxido nitroso      | N <sub>2</sub> O | 310                                  |

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE ESPAÑA  
AÑOS 1990-2005, COMUNICACIÓN A LA COMISIÓN EUROPEA  
Decisiones 280/2004/CE y 2005/166/CE  
Ministerio de Medio Ambiente (2007)

GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

## Compostaje frente a otras alternativas de gestión

### ■ ¿ Antagonismo o sinergia entre digestión anaeróbica y compostaje?

Los procesos tecnológicos de degradación de la materia orgánica se pueden dar en condiciones aeróbicas (compostaje) o anaeróbicas (biometanización).

En todo caso, el material tratado debe ser estabilizado, siendo este rol exclusivo del compostaje, que reproduce de forma acelerada los procesos propios de las condiciones naturales (presencia de oxígeno, insolación y humedad)

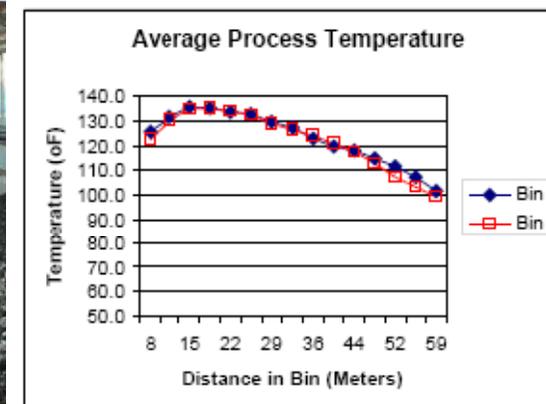
- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

- **Proceso controlado**

A nivel de temperatura, aireación, humedad y homogeneidad



Aumenta la calidad del compost y evita emisiones de  $N_2O$  y  $CH_4$





- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

- **Medidas de atenuación y control de emisiones:**

- **Elaboración de mezclas a compostar con adecuadas-altas relaciones C/N e ingredientes específicos**

- Prácticas de manejo que eviten elevadas humedades en la mezcla y falta de aireación.
- Uso de biofiltros, siendo especialmente útiles en las primeras 2 semanas de compostaje, donde se acentúa su emisión.
- Stripping, lavado químico de los gases y retención de amonio

• **Use of high C/N additives with**

**manures:** significant reduction of N losses to atmosphere. Raviv et al. (2004) observed values of N loss in composting of separated cow manure using:



grape marc  
18% N ↑



orange peels  
5% N ↑



wheat straw  
2% N ↑

- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

- **Medidas de atenuación y control de emisiones:**

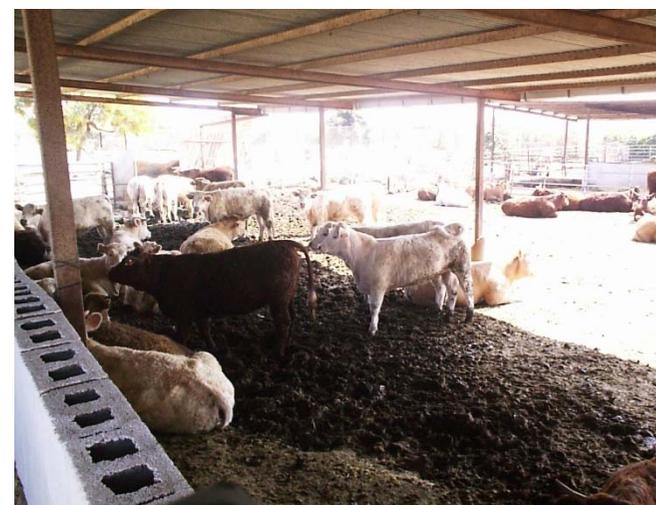
- **Elaboración de mezclas a compostar con adecuadas-altas relaciones C/N e ingredientes específicos**

- Prácticas de manejo que eviten elevadas humedades en la mezcla y falta de aireación.

- Uso de biofiltros, siendo especialmente útiles en las primeras 2 semanas de compostaje, donde se acentúa su emisión.

- Stripping, lavado químico de los gases y retención de amonio

■ Larney and Hao (2008) proposed the addition of **phosphogypsum**, observing a reduction of total N loss from cattle manure composting



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

- **Medidas de atenuación y control de emisiones:**

-  Elaboración de mezcla a compostar con adecuadas-altas relaciones C/N e ingredientes específicos
-  **Prácticas de manejo que eviten elevadas humedades en la mezcla y falta de aireación.**
-  Uso de biofiltros, siendo especialmente útiles en las primeras 2 semanas de compostaje, donde se acentúa su emisión.
-  Stripping, lavado químico de los gases y retención de amonio





- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

- **Medidas de atenuación y control de emisiones:**

-  Elaboración de mezcla a compostar con adecuadas-altas relaciones C/N e ingredientes específicos
-  Prácticas de manejo que eviten elevadas humedades en la mezcla y falta de aireación.
-  **Uso de biofiltros, siendo especialmente útiles en las primeras 2 semanas de compostaje, donde se acentúa su emisión.**
-  Stripping, lavado químico de los gases y retención de amonio



- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

- **Medidas de atenuación y control de emisiones:**

-  Elaboración de mezcla a compostar con adecuadas-altas relaciones C/N e ingredientes específicos
-  Prácticas de manejo que eviten elevadas humedades en la mezcla y falta de aireación.
-  Uso de biofiltros, siendo especialmente útiles en las primeras 2 semanas de compostaje, donde se acentúa su emisión.
-  **Stripping, lavado químico de los gases y retención de amonio**

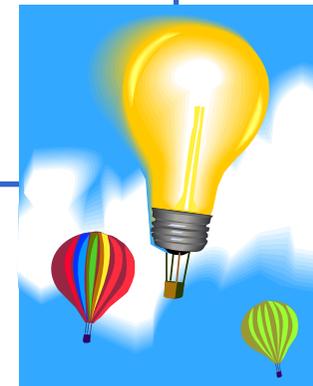


**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**¿ Que pasa cuando un compost de buena calidad se incorpora al suelo, a nivel de balance de gases ?**



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

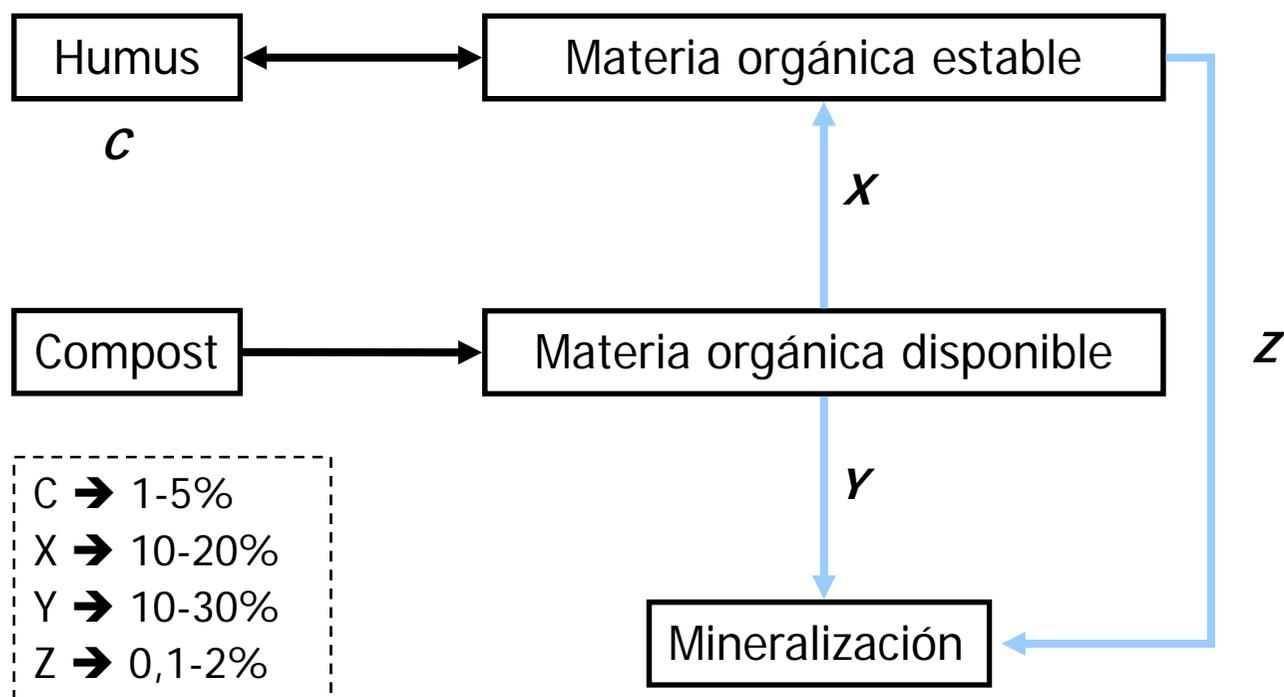
#### **Compost humificado y estabilizado**

Un **manejo adecuado de la fracción orgánica** en el suelo puede liderar el proceso de **reconstrucción de la fertilidad natural** de los suelos y contribuir al secuestro de C en el suelo.



- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

Compost humificado y estabilizado





**Compost humificado y estabilizado**

**Tasa promedio de mineralización orgánica en compost:**

- 18% del C
- 13% N adicionado vía compost.

Menor mineralización nitrogenada en los composts procedentes del sector terciario, a base de lodos de depuradora y residuos urbanos, frente a los procedentes de la agricultura y la ganadería.

Mineralization rates of C and N in manure-compost.

| Compost type (raw material)                           | Incubation (time, °C) | Mineralisation (% total C or N) | Observations                            | Source                       |
|---|-----------------------|---------------------------------|---|------------------------------|
| Goat manure + straw                                   | 16 weeks<br>22 °C     | 13,4 % N                        | High C/N ratio, immobilisation          | Herbert et al. (1991)        |
| Beef cattle Feedlot manure                            |                       | 2-39% C                         | --                                      | Larney and Hao (2008)        |
| Farmyard manure                                       | 52 weeks<br>28 °C     | 25 % N<br>34 % N                | Clay soil<br>Sandy soil<br>60 t m.f./ha | Cheneby et al. (1994)        |
| Cattle manure   | --                    | 5 % N                           | --                                      | Castellanos and Pratt (1981) |
| Cattle manure + straw                                 | 16 weeks<br>22 °C     | 14,2 % N                        | High C/N ratio, immobilisation          | Herbert y col. (1991)        |
| Poultry manure  | --                    | 28 % N                          | --                                      | Castellanos and Pratt (1981) |
| Poultry manure  | 16 weeks<br>22 °C     | 0-14 % N                        | --                                      | Herbert et al. (1991)        |
| Poultry manure  | 120 days              | 7-9% N<br>1-5% N                | Sandy soil<br>Silt-loam soil            | Preusch et al. (2002)        |
| Poultry manure + cotton waste + olive-mill wastewater | 10 weeks<br>28 °C     | 24,3 % C                        | 48 t/ha                                 | Bernal et al. (1998a)        |
| Cattle manure + municipal solid waste                 | 32 weeks<br>30 °C     | 15 % N                          | --                                      | Hadas and Portnoy (1997)     |
| Exhausted grape marc + cattle manure                  | 20 weeks<br>25 °C     | 15,8 % C<br>13,6 % C            | Sandy soil<br>Clay-loam soil            | Bustamante (2007)            |
| Exhausted grape marc + poultry manure                 | 20 weeks<br>25 °C     | 20,9 % C<br>21,9 % C            | Sandy soil<br>Clay-loam soil            | Bustamante (2007)            |
| Pig slurry  | --                    | 1-4,7% N                        |   | Zwart (2001)                 |
| Pig slurry + poultry manure + sweet sorghum bagasse   | 10 weeks<br>28 °C     | 13,1 % C                        | 48 t/ha                                 | Bernal et al. (1998a)        |

## Compost humificado y estabilizado

Tasa promedio de mineralización orgánica en compost:

- 18% del C
- 13% N adicionado vía compost.

¿Que pasa con el resto del carbono?

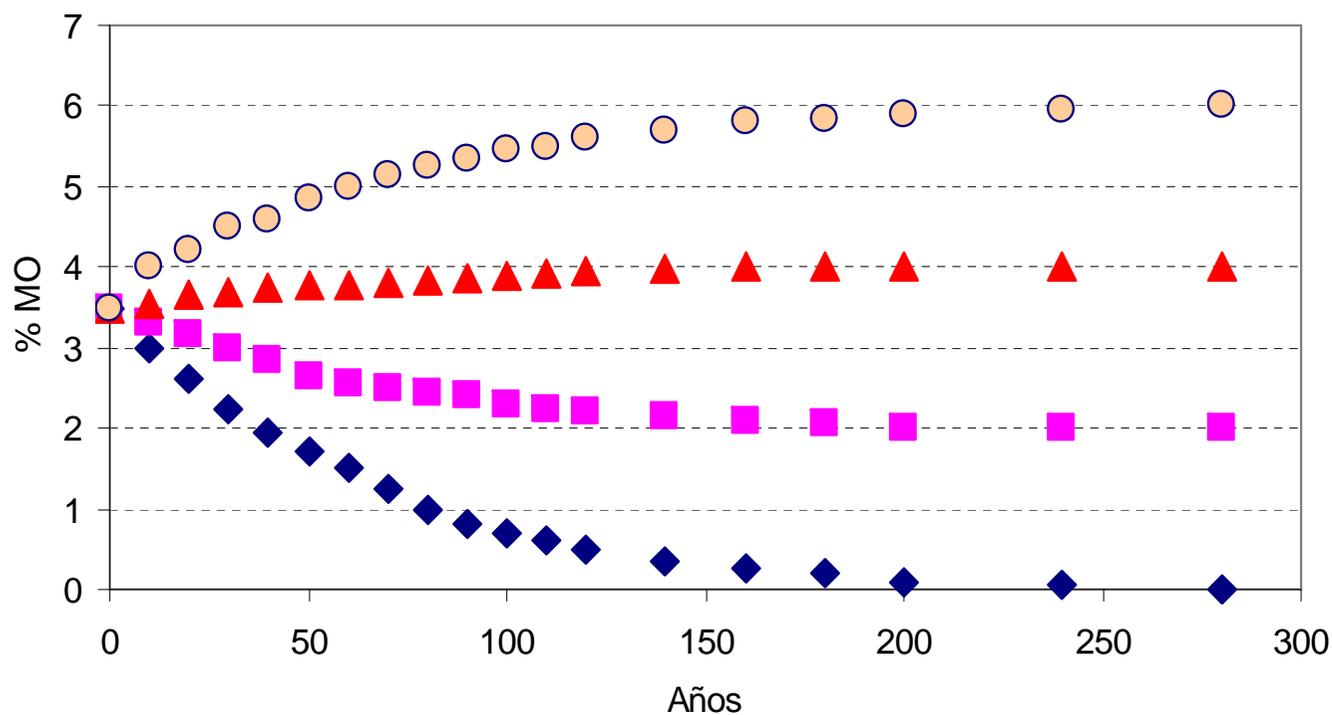
El resto permanece en el suelo →  
**Secuestro de C**

Mineralization rates of C and N in manure-compost.

| Compost type (raw material)                           | Incubation (time, °C) | Mineralisation (% total C or N) | Observations                            | Source                       |
|---|-----------------------|---------------------------------|---|------------------------------|
| Goat manure + straw                                   | 16 weeks<br>22 °C     | 13,4 % N                        | High C/N ratio, immobilisation          | Herbert et al. (1991)        |
| Beef cattle Feedlot manure                            |                       | 2-39% C                         | --                                      | Larney and Hao (2008)        |
| Farmyard manure                                       | 52 weeks<br>28 °C     | 25 % N<br>34 % N                | Clay soil<br>Sandy soil<br>60 t m.f./ha | Cheneby et al. (1994)        |
| Cattle manure   | --                    | 5 % N                           | --                                      | Castellanos and Pratt (1981) |
| Cattle manure + straw                                 | 16 weeks<br>22 °C     | 14,2 % N                        | High C/N ratio, immobilisation          | Herbert y col. (1991)        |
| Poultry manure  | --                    | 28 % N                          | --                                      | Castellanos and Pratt (1981) |
| Poultry manure  | 16 weeks<br>22 °C     | 0-14 % N                        | --                                      | Herbert et al. (1991)        |
| Poultry manure  | 120 days              | 7-9% N<br>1-5% N                | Sandy soil<br>Silt-loam soil            | Preusch et al. (2002)        |
| Poultry manure + cotton waste + olive-mill wastewater | 10 weeks<br>28 °C     | 24,3 % C                        | 48 t/ha                                 | Bernal et al. (1998a)        |
| Cattle manure + municipal solid waste                 | 32 weeks<br>30 °C     | 15 % N                          | --                                      | Hadas and Portnoy (1997)     |
| Exhausted grape marc + cattle manure                  | 20 weeks<br>25 °C     | 15,8 % C<br>13,6 % C            | Sandy soil<br>Clay-loam soil            | Bustamante (2007)            |
| Exhausted grape marc + poultry manure                 | 20 weeks<br>25 °C     | 20,9 % C<br>21,9 % C            | Sandy soil<br>Clay-loam soil            | Bustamante (2007)            |
| Pig slurry  | --                    | 1-4,7% N                        |   | Zwart (2001)                 |
| Pig slurry + poultry manure + sweet sorghum bagasse   | 10 weeks<br>28 °C     | 13,1 % C                        | 48 t/ha                                 | Bernal et al. (1998a)        |

- **Compostaje avanzado:** amistoso con el medio ambiente

Compost humificado y estabilizado

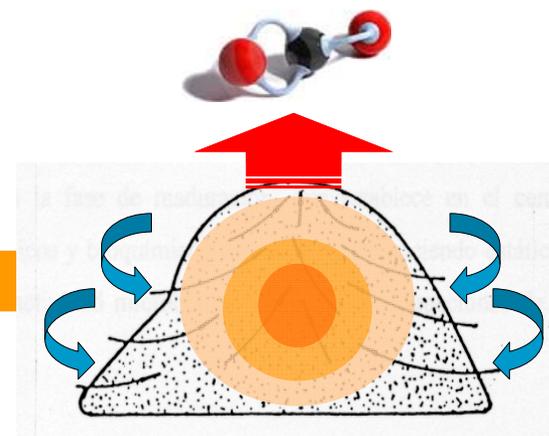
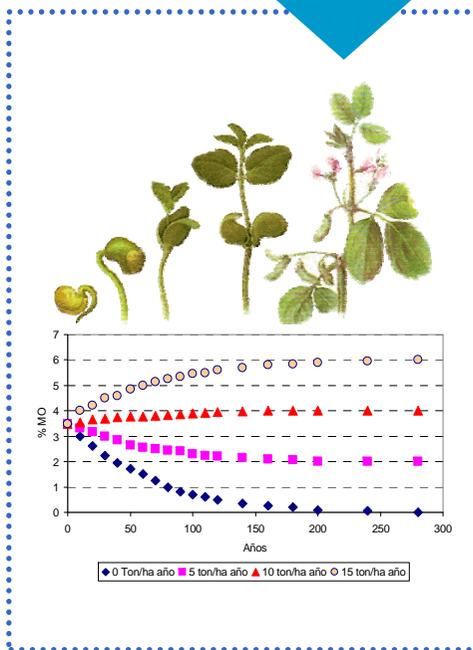
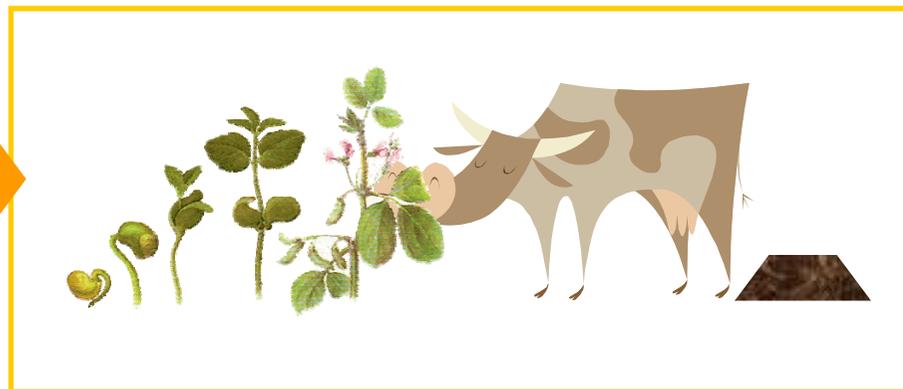


◆ 0 Ton/ha año   ■ 5 ton/ha año   ▲ 10 ton/ha año   ○ 15 ton/ha año

GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*





*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

WORLD  
SOIL  
RESOURCES  
REPORTS

REPORTS

102

Carbon sequestration  
in dryland soils



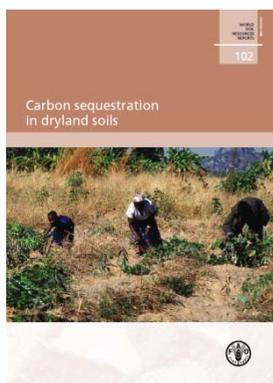


TABLE 11  
Summary of findings on carbon stocks and rates of accumulation and/or loss in four dryland agrosystems

|   | Nigeria                   | India                   | Kenya          | Argentina        |
|---|---------------------------|-------------------------|----------------|------------------|
| Stocks of soil C before cultivation (tonnes/ha)   | 8-23                      | 15-20                   | 33-41          | 50-70            |
| Current stocks of soil C after cultivation (tonnes/ha)  | 6-12                      | 13-22                   | 18-28          | 37-41            |
| Effect of conventional tillage practices on soil C (tonnes/ha/year)                                 | - 0.05 to - 0.01          | - 0.07 to +0.06         | - 0.3 to - 0.1 | - 0.17 to - 0.19 |
| Effect of FYM, organic additions, retained plant residues and fallows in rotations (tonnes/ha/year) | + 0.1 to + 0.3            | + 0.2 to + 0.4          | + 0.4 to + 0.9 | -                |
| Effect of trees (tonnes/ha/year)  | + additional 0.05 to 0.15 | + additional 0.5 to 0.7 | -              | -                |
| Effect of using inorganic fertilizers as sole source of nutrients on soil C (tonnes/ha/year)        | - 0.12 to + 0.08          | - 0.01                  | - 0.3          | -                |
| Effects of no-tillage (NT)  |                           |                         |                |                  |
| NT alone  |                           |                         |                | + 0.02           |
| NT + green manures or FYM   |                           |                         |                | +0.1 to 0.25     |
| NT + inorganic fertilizers  |                           |                         |                | +0.04            |

<sup>1</sup> Effects of conventional tillage are averages for the last 100 years for each site except Kenya where rates are calculated from when each settlement commenced (30 – 50 years).

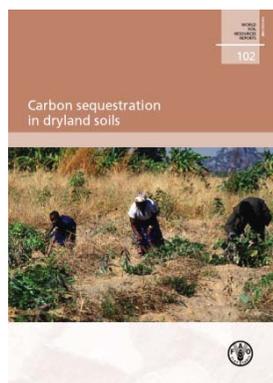


TABLE 44  
Anticipated economic benefits from carbon trading (1 tonne C = US\$15).

| Management practice   | C sequestration (tonnes/ha) | Annual gains poor HH (US\$15) | Annual gains average HH (US\$15) | Annual gains rich HH (US\$15) | % of annual crop value |
|---|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Compost (2 tonnes)  | 0.02                        | 0.73                          | 1.93                             | 2.28                          | 0.2                    |
| Conversion of croplands to grasslands + tree protection         | 0.10                        | 3.65                          | 9.63                             | 11.39                         | 0.9                    |
| Cattle manure (4 tonnes) + chem.fertilizer                      | 0.12                        | 4.38                          | 11.55                            | 13.66                         | 1.1                    |
| Sheep manure (10 tonnes)  | 0.17                        | 6.20                          | 16.36                            | 19.36                         | 1.6                    |
| Rotation 10-year fallow – Leucaena (2 tonnes) and 6 years crops | 0.25                        | 9.12                          | 24.07                            | 28.46                         | 2.3                    |
| Agricultural intensification.                                   | 0.43                        | 15.68                         | 41.39                            | 48.96                         | 4.0                    |

HH = households.

Source: Tschakert (fieldwork).

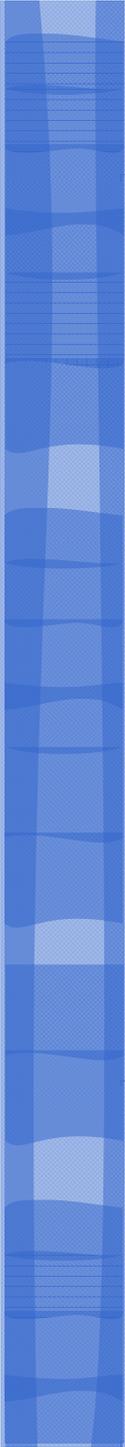
GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

¿ Se puede cuantificar  
en € el coste  
**económico** pero  
también  
**medioambiental**  
de las alternativas  
de gestión de  
residuos?





GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**Caso práctico: Sustitución de turbas y perlitas en germinación y cultivo intensivo de tomate**

*Hechos contrastados:*

- *Funciones fundamentales de la MO en la funcionalidad del sistema suelo-planta*
- *pobreza de materia orgánica de los suelos*
- *Elevado coste de los fertilizantes*
- *agotamiento de los recursos tradicionales, no renovables, capaces de reponerla*



Consecuencia: compost de residuos de industrias agroalimentarias y ganaderas "**yacimiento**" inagotable.

*Problema asociado: problemas de calidad y homogeneidad*



Solución: Normativa española y comunitaria.

Espíritu: Obtención compost calidad

**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

## **Compost de calidad con valor añadido**

- **Valor en el mercado**
- **Tecnología blanda**
- **Tecnología barata**
- **Retorno que reduce el coste integral del tratamiento de residuos**

## El compost: material alternativo a la turba en semillero

### Calidad del compost

#### Parámetros de calidad del compost



#### Parámetros físicos

#### Parámetros químicos

#### Parámetros biológicos

- ✓ Buena capacidad de aireación
- ✓ Granulometría homogénea
- ✓ Buena capacidad de retención de agua
- ✓ Humedad adecuada
- ✓ Ausencia de olor desagradable
- ✓ Ausencia de partículas extrañas

## El compost: material alternativo a la turba en semillero

### Calidad del compost

#### Parámetros de calidad del compost



Parámetros físicos

Parámetros químicos

Parámetros biológicos

- ✓ Estabilidad y adecuado contenido en materia orgánica
- ✓ Mineralización y contenido en nutrientes
- ✓ Ausencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos

## El compost: material alternativo a la turba en semillero

### Calidad del compost

#### Parámetros de calidad del compost



Parámetros físicos

Parámetros químicos

Parámetros biológicos

- ✓ Ausencia de patógenos
- ✓ Ausencia de semillas de malas hierbas
- ✓ Ausencia de compuestos fitotóxicos

## El compost: material alternativo a la turba en semillero

### Calidad del compost

#### Parámetros de calidad del compost



Parámetros físicos

Parámetros químicos

Parámetros biológicos

**Supresividad:**  
una propiedad  
adicional

- Algunos composts tienen la capacidad de reducir la incidencia de hongos fitopatógenos.
- A esta característica se la conoce como **supresividad natural**.
- No la poseen todos los composts y en el caso de que la posean, pueden mostrar distintos grados de supresividad.

## El compost: material alternativo a la turba en semillero

### Calidad del compost

#### Parámetros de calidad del compost



Parámetros físicos

Parámetros químicos

Parámetros biológicos

**Supresividad:**  
una propiedad  
adicional

- La supresividad natural puede deberse a las propiedades químicas o biológicas del compost o a la unión de ambos efectos.
- Algunos de los agentes fitopatógenos en los que se ha estudiado la supresividad natural de los composts son **Fusarium oxysporum**, **Rhizoctonia solani** o **Pythium spp.**

GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

## El compost: material alternativo a la turba en semillero

**Supresividad:**  
una propiedad  
adicional

**Ejemplos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis***



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

## El compost: material alternativo a la turba en semillero

**Supresividad:**  
una propiedad  
adicional

*Ejemplos de supresividad de  
composts de residuos  
agroindustriales frente a *Fusarium  
oxysporum* f. sp. *melonis**



**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

**¿Uso de compost como sustitutivo parcial de turba en semilleros?**





**Estimación de las necesidades de turba en semilleros de tomate**

**MARM 2009**

| Datos de 2007 | tipo cultivo | Superficie (Ha) | % manejo   | Densidad (planta/m2) | nº Plantas       | volumen turba/planta    |
|---------------|--------------|-----------------|------------|----------------------|------------------|-------------------------|
|               | Secano       | 262             | 0,8        | 3,0                  | 7860000          | 314400                  |
|               | Regadío      | 24557           | 74,9       | 2,7                  | 663039000        | 26521560                |
|               | Invernadero  | 7972            | 24,3       | 2,5                  | 199300000        | 7972000                 |
|               | <b>TOTAL</b> | <b>32791</b>    | <b>100</b> | <b>2,7</b>           | <b>870199000</b> | <b>34807960 L turba</b> |

**FAO 2009**

| Datos de 2007 | Superficie (Ha) |
|---------------|-----------------|
| <b>TOTAL</b>  | <b>54100</b>    |

|            | tipo cultivo | Superficie (Ha) | % manejo  | Densidad (planta/m2) | nº Plantas | volumen turba/planta    |
|------------|--------------|-----------------|-----------|----------------------|------------|-------------------------|
| estimación | Secano       | 432             | MARM 2009 | 3,0                  | 12967766   | 518711                  |
|            | Regadío      | 40515           | MARM 2009 | 2,7                  | 1093910216 | 43756409                |
|            | Invernadero  | 13153           | MARM 2009 | 2,5                  | 328813699  | 13152548                |
|            |              |                 |           |                      | 1435691681 | <b>57427667 L turba</b> |



**Promedio consumo anual turba tomate (Fuentes: MARM y FAO)**

**46.117.814 L turba**



**Coste adquisición turbas para semilleros de tomate**

| coste turba: | fuelle                      | observaciones   | euro/L       | densidad (kg/L) |
|--------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 220 euros    | Raal semilleros             | envase 6000 L   | 0,037        | 0,1-0,15        |
| 8 euros      | Centro mayorista jardineria | 80 L            | 0,100        |                 |
| 7-8 ptas     | Fuente propia               | litro           | 0,042        |                 |
|              |                             | <b>promedio</b> | <b>0,060</b> |                 |



GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

## **Costes uso NO INTERNALIZADOS precios de las turbas para semilleros de tomate**

- **Costes ambientales:**
  - restauración de las turberas agotadas
  - emisión gases extracción, procesado y embalaje de la turba
  - emisión gases transporte turba
  - emisiones fabricación fertilizantes adicionados a la turba
  - manejo y gestión de las turbas no utilizadas en las plantas de cepellón

GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**Costes uso NO INTERNALIZADOS precios de las turbas para semilleros de tomate**

Sumidero natural C



Extracción, preparación y fertilización turba



Transporte consumidor final



GIAAMA

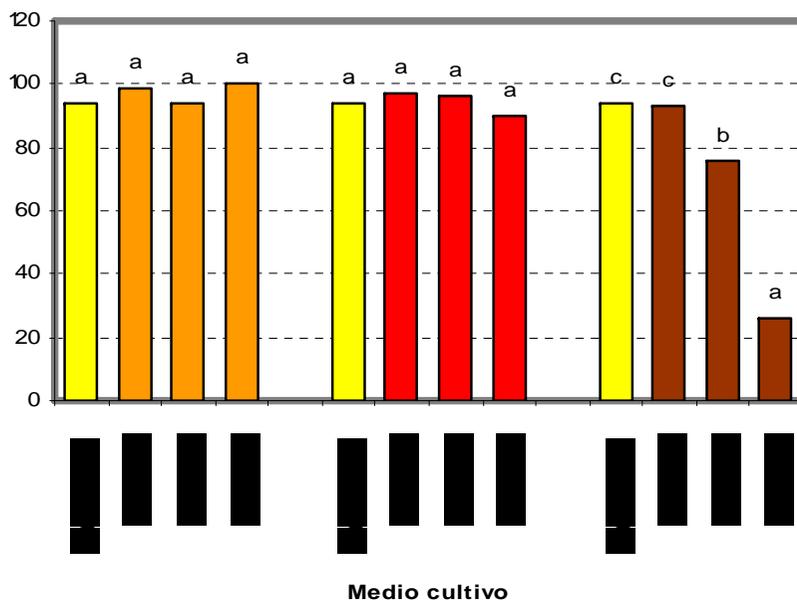


*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

Uso de compost como sustitutivo parcial de turba para tomate

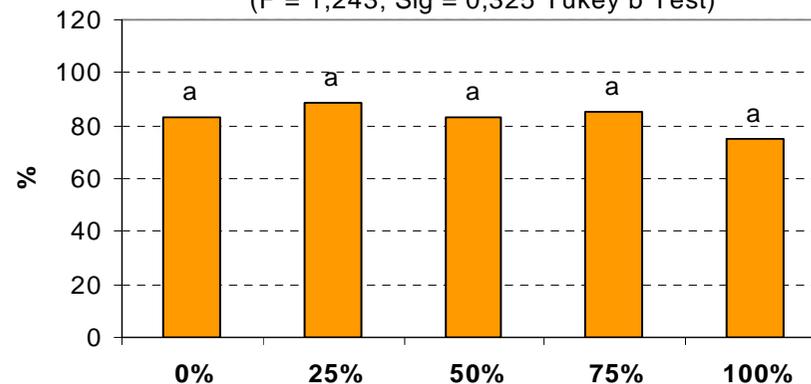
Tomate: Germinación



Germinación Tomate

Compost C5

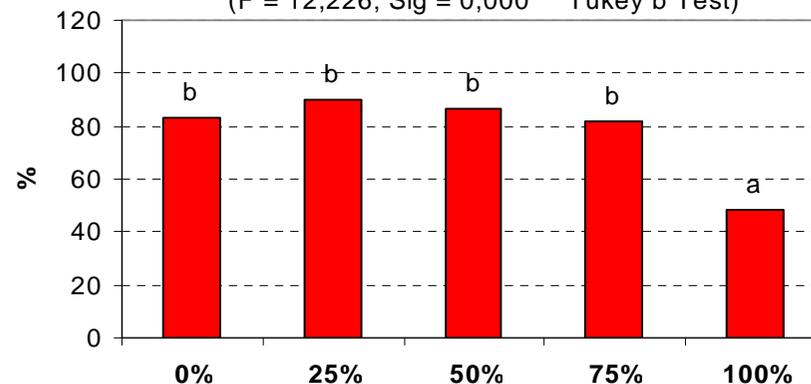
(F = 1,243; Sig = 0,325 Tukey b Test)



Germinación Tomate

Compost C6

(F = 12,226; Sig = 0,000\*\*\* Tukey b Test)

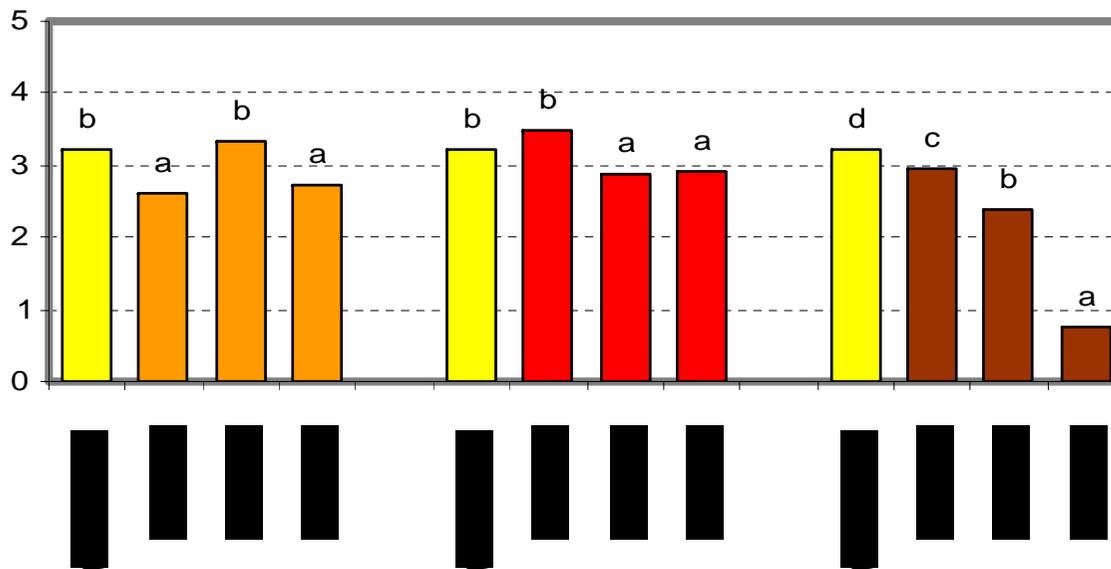




Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

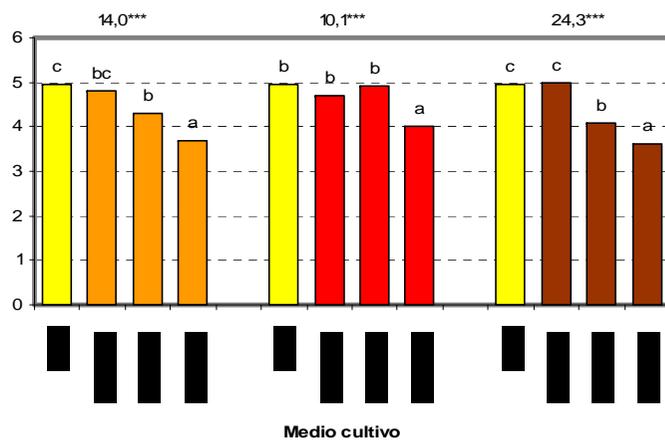
Uso de compost como sustitutivo parcial de turba para tomate

Tomate, Peso fresco plántula, g



Medio cultivo

Tomate: Color raíz



Medio cultivo

**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

Uso de compost como sustitutivo parcial de turba para tomate

| <b>sustitución compost:</b> | <b>% sustitución en volumen</b> |
|-----------------------------|---------------------------------|
| escenario conservativo      | 10                              |
| escenario medio             | 20                              |
| escenario riesgo            | 30                              |

**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono**

**Uso de compost como sustitutivo parcial de turba para tomate**

**sustitución compost:**

escenario conservativo  
escenario medio  
escenario riesgo

**necesidades de turba**

41506032  
36894251  
32282470

**ahorro L turba**

4611781  
9223563  
13835344

**necesidades L compost**

4611781  
9223563  
13835344

**sustitución compost:**

escenario conservativo  
escenario medio  
escenario riesgo

**ahorro euros compra turba**

274766  
549532  
824298

**coste compost**

?  
?  
?



Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

Uso de compost como sustitutivo parcial de turba para tomate

Beneficios indirectos:

Menores emisiones en transporte

Menor costes en transporte

| coste y emisión gases transporte: |                        | turba                          | compost                         | Factores conversion                  |                 |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| km porte                          |                        | 3.000                          | 300                             |                                      |                 |
| consumo camión (20-60 L/100 km)   |                        | 1.200                          | 120                             | 40                                   | L/100 km        |
| emisión CO2 (kg CO2 porte)        |                        | 3.221                          | 322                             | 2,68                                 | kg CO2/l diesel |
| emisión CO2 (g CO2 L)             |                        | <b>37,6</b>                    | <b>3,8</b>                      |                                      |                 |
| carga (L)                         |                        | 85.578                         | 85.578                          | 85578                                | L/camion        |
| carga (kg)                        |                        | 10.697                         | 32.092                          | 0,125 kg/L turba y 0,375kg/L compost |                 |
| coste económico transporte        |                        | <b>513</b>                     | <b>154</b>                      | 1,44-1,80                            | euro ton/100 km |
| coste unitario transporte por L   |                        | 0,006                          | 0,002                           | euros/L                              |                 |
| <b>sustitución compost:</b>       |                        | <b>ahorro transporte turba</b> | <b>Coste transporte compost</b> | <b>Diferencial</b>                   |                 |
|                                   | escenario conservativo | 27.671                         | 8.301                           | <b>19.369</b>                        |                 |
|                                   | escenario medio        | 55.341                         | 16.602                          | <b>38.739</b>                        |                 |
|                                   | escenario riesgo       | 83.012                         | 24.904                          | <b>58.108</b>                        |                 |

**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

**¿Uso de compost como sustitutivo parcial de perlita en cultivo tomate invernadero?**



**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

Uso de compost como sustitutivo parcial de perlita para tomate

**Estimación anual plantas tomate manejo intensivo**

| Plantas en invernadero | % superficie en perlita |
|------------------------|-------------------------|
| 199.300.000            | 50%                     |

**Estimación necesidad perlita**

| Volumen saco (litros) | Plantas/saco | Volumen L planta |
|-----------------------|--------------|------------------|
| 60                    | 6            | 10               |



| Volumen perlita (L) | Tasa de reciclaje | ciclos año | Necesidades anuales   |
|---------------------|-------------------|------------|-----------------------|
| 996500000           | 4 ciclos cultivo  | 2          | 498.250.000 L perlita |



**Promedio consumo anual perlitas tomate**

Casi medio millón de litros de perlita

GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

Uso de compost como sustitutivo parcial de perlita para tomate

Promedio consumo anual perlitas tomate

Casi medio millón de litros de perlita



**Perlita:** [vidrio volcánico amorfo](#) con contenido de [agua](#) relativamente alto. Alta tasa de expansión después de volatilización del agua (850–900°C) desde 1100 kg/m<sup>3</sup> a 30–150 kg/m<sup>3</sup>.

**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono**

**Uso de compost como sustitutivo parcial de perlita para tomate**

**Promedio consumo anual perlitas tomate**

Casi medio millón de litros de perlita



GIAAMA



## Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero

Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono

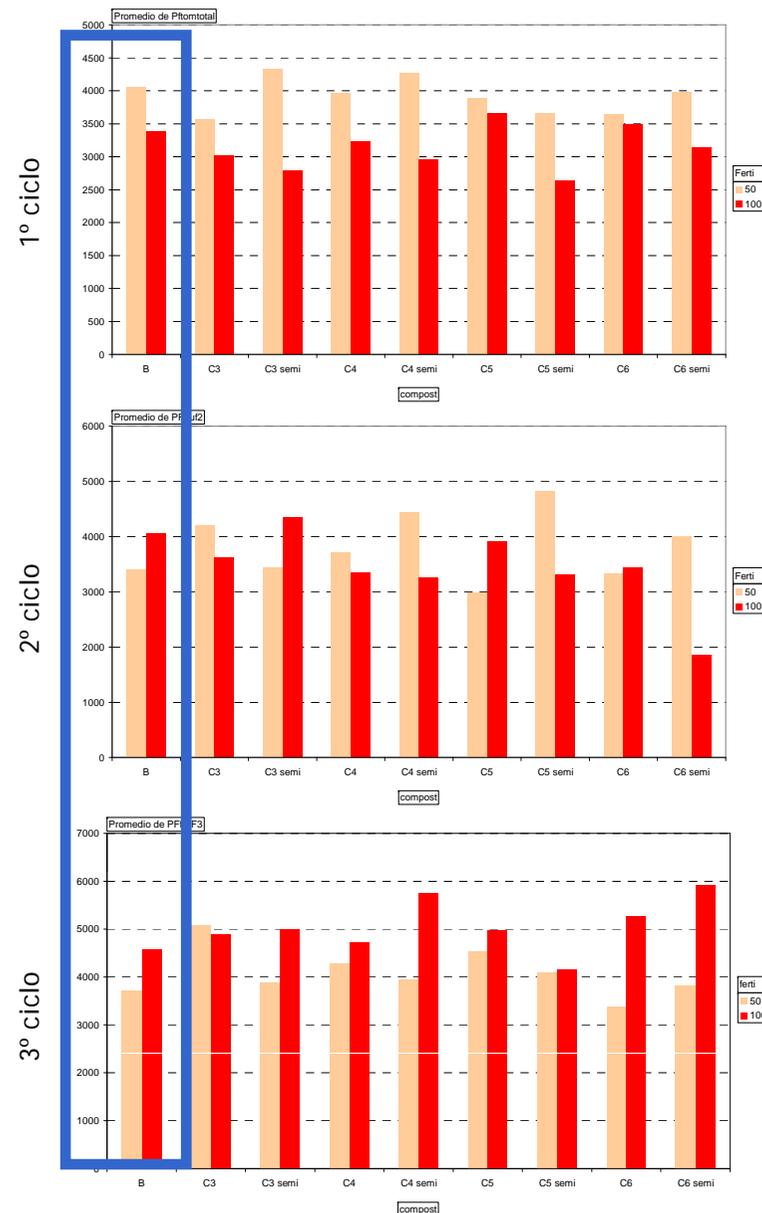
Uso de compost como sustitutivo parcial de perlita para tomate

### Experimentos GIAAMA:

- 🌱 Sustitución parcial o total de perlita
- 🌱 Uso fertirrigación tradicional o semifertirrigación



- 🌍 Producción equiparable en medio con compost
- 🌍 Primeros ciclos mayor producción con semifertilización, incluso en perlita (sobrefertilización basal)



**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

**Alternativa: agricultura para una economía baja en carbono**

**Uso de compost como sustitutivo parcial de perlita para tomate**

| <b>sustitución compost:</b> | <b>% sustitución en volumen</b> | <b>necesidades de perlita</b> | <b>ahorro L perlita</b> | <b>necesidades L compost</b> |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| escenario conservativo      | 25                              | 249125000                     | 747375000               | 747375000                    |
| escenario medio             | 50                              | 498250000                     | 498250000               | 498250000                    |
| escenario riesgo            | 75                              | 747375000                     | 249125000               | 249125000                    |

The logo for GIAAMA features the acronym in a bold, green, sans-serif font. Below the text are three circles: a dark teal one on the left, a light teal one in the middle, and a grey one on the right.

*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

## Costes uso NO INTERNALIZADOS perlita para cultivo de tomate

- **Costes ambientales:**

- emisión gases extracción de la perlita en mina
- emisión gases transformación perlita (900°C para eliminar agua)
- transporte perlita. Minas en Argentina y otros países no europeos
- emisiones fabricación fertilizantes adicionados mediante fertirrigación
- manejo y gestión de las perlitas agotadas



## ¿ Incremento en el uso de residuos orgánicos ?

■ **Aspectos económicos directos**, aumento costes fertilizantes inorgánicos

■ **Aspectos económicos indirectos**, internalización de costes medioambientales:

■ Gestión de residuos-envases: Ej. Perlitas, plástico

■ Impuestos verdes: ej. Francia, ecotasas

■ Emisión GHG en transporte

■ **Aspectos normativos**, potencial prohibición del uso de turbas en uso agrícola. Ej. UK reducción del 10% ya verificada a 2010

■ **Aspectos culturales**, aumento agricultura ecológica



## ¿ Incremento en el uso de residuos orgánicos ?

■ Balance favorable a nivel de emisiones de GHG

■ Aumento del secuestro de C en los suelos

■ Mejora de la sostenibilidad y fertilidad de los sistemas agrícolas

■ Reducción de costes, si se internalizan aquellos hasta ahora no contemplados



**¿Cual puede ser la fuerza motriz que lidere este cambio hacia este uso?**

GIAAMA



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

## ¿ Incremento en el uso de residuos orgánicos ?

any reference to **growing media** on [Gardeners' World](http://www.bbc.co.uk/gardenersworld/) BBC program is always prefixed with '*peat-free*'.

*Todas las referencias de medios de cultivo usados en el programa más famoso de jardinería del mundo están etiquetados como medios que no contienen turba (etiqueta *peat-free*)...*

ers' World - Gardeners' World Homepage - Windows Internet Explorer  
http://www.bbc.co.uk/gardenersworld/  
Ver Favoritos Herramientas Ayuda  
BC - Gardeners' World - Gardeners' W...  
BBC Text only Help Search Explore the BBC  
Gardeners' World BBC TWO  
Home About the show Presenters Video Blog Episode guide  
A clip from the latest show  
CLICK TO PLAY  
Programme information  
Next on  
2009, The League of Extraordinary Gentlemen  
BBC Two 20:00 4 Dec 2009  
Last on  
2009, Women and Gardening  
Latest from the blog  
Internet | Modo protegido: desactivado

**GIAAMA**



*Implicaciones agronómicas, económicas y medioambientales del uso de compost en agricultura en términos de emisión de gases de efecto invernadero*

# Muchas gracias por su atención

Datos de contacto:

**GIAAMA**



**Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente**  
Universidad Miguel Hernández

**Raul Moral Herrero**

Escuela Politécnica Superior de Orihuela  
Universidad Miguel Hernández de Elche  
E-03312 Orihuela (Alicante), España

[www.umh.es](http://www.umh.es)

☎ 966749652

☎ 966749711

[raul.moral@umh.es](mailto:raul.moral@umh.es)