

Jesús M<sup>º</sup> Mangado Urdániz  
(INTIA - Producción agraria)

Tradicionalmente la eficiencia de cualquier proceso productivo se medía por su resultado económico, siendo una estrategia para lograrla el disminuir el coste de producción. La sociedad actual demanda ampliar los criterios de eficiencia al campo ambiental, considerando tanto los costes energéticos de esos procesos como las emisiones de gases de efecto invernadero imputables a los productos resultantes, la llamada "huella de carbono".

24

En este marco, el Instituto Navarro de Infraestructuras y Tecnologías Agroalimentarias (INTIA) ha estudiado los costes económicos, energéticos y la huella de carbono que supone la producción de dos cultivos forrajeros muy extendidos: la pradera pluri-anual y el maíz forrajero, conservados mediante ensilado bajo dos técnicas diferentes, en silo zanja y rotopacas. Este trabajo se ha centrado en las condiciones agroclimáticas del área atlántica de Navarra y es razonablemente extensible a la cornisa cantábrica.

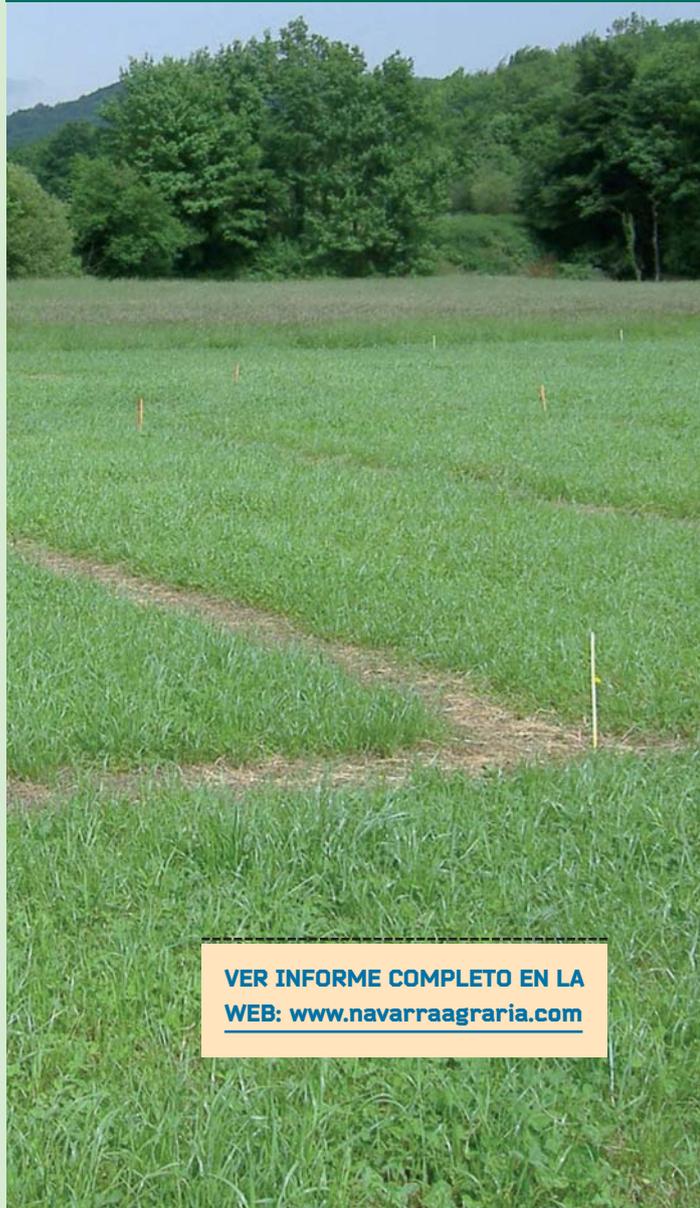
El objetivo es desarrollar una metodología de cálculo y aportar datos actualizados de estos costes y emisiones en situaciones reales, así como contemplar estrategias para su control y reducción en las explotaciones ganaderas y, con ello, ayudar a mejorar su sostenibilidad económica y ambiental.

Las condiciones agroclimáticas de la cornisa cantábrica permiten, en términos generales, tanto la producción forrajera de praderas en primavera y otoño como la de cultivos forrajeros de verano en condiciones de secano (sin irrigación).

El corte y conservación mediante ensilado de los cultivos estudiados se ha hecho en las condiciones siguientes:

♦ **Maíz forrajero:** cultivo anual de verano, con un pe-

## Producción de forrajes en el área Atlántica: Costes económicos, energéticos y huella de carbono



VER INFORME COMPLETO EN LA  
WEB: [www.navarraagraria.com](http://www.navarraagraria.com)



Maíz forrajero en zona Atlántica, en fase de cosechado con picadora.

río vegetativo de 4 meses (final de Mayo a principio de Octubre), cosechado con picadora autopropulsada y ensilado en silo zanja con cubierta de lámina de plástico.

♦ **Pradera: polifita de raigrás inglés + raigrás híbrido + trébol blanco**, de 5 años de duración. El trabajo se centra sobre el primer corte anual, que según datos experimentales supone el 47,5 % de la producción anual, ensilado en rotopacas de 1,25 m de diámetro de la base y 1,2 m de altura y encintado con tres capas de lámina de plástico.

## CONDICIONES DEL ESTUDIO REALIZADO EN NAVARRA

A continuación se presentan los itinerarios técnicos de cada producción y cultivo. **Los costes que se han estudiado son los del material vegetal almacenado, conservado mediante ensilado.**

- ♦ **Labores y materias primas de siembra.** En el caso del cultivo anual (maíz) se imputa a la producción vegetal la totalidad de sus costes y materias primas. En el caso del cultivo plurianual (5 años) se imputa a la producción anual la quinta parte de estos costes y a la producción del primer corte el 47,5 % del coste anual.
- ♦ **Labores anuales.** En el cultivo anual no se dan este tipo de labores. En el cultivo plurianual son las labores realizadas cada año para la producción vegetal anual. Se imputa al corte considerado en este trabajo el 47,5 % de los costes de estas labores. La materia prima empleada en fertilización (estiércol) procede de la propia explotación ganadera y se considera nulo su coste intrínseco.

- ♦ **Labores y materias primas de cultivo.** En el cultivo anual no se dan este tipo de labores. En el cultivo plurianual se consideran las labores específicas para la producción del corte objeto de estudio y se imputan a él la totalidad de sus costes.

- ♦ **Labores de ensilado.** Estas labores son específicas de la producción vegetal obtenida por lo que se imputa a ella la totalidad de sus costes.

- ♦ **Otros.** En el cultivo anual se consideran la obra civil del silo zanja, la lámina de plástico para cubrir la masa ensilada y la renta de la tierra. En el cultivo plurianual se considera la banda plástica para el encintado de las rotopacas y la renta de la tierra.

### Costes económicos: sistema de cálculo

Los criterios con los que se ha llevado a cabo el estudio son:

- ♦ Las labores de siembra, cultivo y ensilado se valoran por el coste de esas labores realizadas por contratistas externos a la explotación.
- ♦ Las materias primas (semillas, fertilizantes, fitosanitarios) se valoran a precios de mercado. El estiércol utilizado se considera como reutilizado dentro de la explotación ganadera, por lo que no se valora económicamente.
- ♦ La obra civil del silo zanja se amortiza en 25 años sin valor residual. La inversión inicial se estima en 48 €/m<sup>2</sup>. El plástico utilizado en ambos casos se valora a precio de mercado. Al cultivo de maíz se le imputa la mitad del valor de la renta de la tierra ya que se considera que este cultivo entra en rotación anual con otro cultivo forrajero intercalar (raigrás italiano u otros). En el caso de la pradera se imputa al corte

considerado el 47,5 % del valor anual de la renta de la tierra.



*Silo zanja con cubierta plástica.*

### Costes energéticos

Los costes energéticos de un producto son los debidos tanto al uso de energía directa (combustibles fósiles, lubricantes, electricidad) consumida durante el proceso de producción como a los consumos energéticos indirectos de los procesos de fabricación de los diferentes "inputs" utilizados en la actividad (semillas, fertilizantes, fitosanitarios, maquinaria, edificios, etc, en nuestro caso).

26

Para su estimación en este trabajo se ha utilizado la herramienta Dia´terre® desarrollada por la Agencia del Medio Ambiente y del Control de la Energía (ADEME), organismo público francés dependiente de varios Ministerios, con la colaboración de un grupo numeroso de organismos que desarrollan su actividad en el sector primario del país vecino.

La unidad de medida del coste energético es el megajulio (MJ) aplicado a las unidades funcionales para las que se calcula el coste (kg, litro, ha, etc.).

### Huella de carbono

Toda actividad productiva que consuma energía a lo largo de su proceso de producción es responsable de la emisión a la atmósfera de una mayor o menor cantidad de gases de efecto invernadero (GEI). El conjunto de emisiones de GEI a lo largo de un proceso productivo es lo que se llama "huella de carbono" de ese producto.

Al igual que en el apartado anterior se utiliza la herramienta Dia´terre® para el cálculo de estas emisiones y se tienen en cuenta tanto las emisiones directas como las indirectas debidas a los procesos de fabricación de los "inputs" implicados.

Su unidad de medida son los kilogramos de equivalentes en CO<sub>2</sub> (kg eq. CO<sub>2</sub>) que agrupa las emisiones de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) con unos coeficientes de equivalencia en CO<sub>2</sub> de 1 / 21 / 310 kg eq. CO<sub>2</sub> respectivamente.

## RESULTADOS OBTENIDOS

El cálculo de costes siempre consta de una partida fija (costes fijos), independientes de la producción de forraje, y una parte variable (costes variables) en función de la producción obtenida.

En el caso del cultivo anual, los costes fijos agrupan los conceptos de "labores de siembra", "materias primas de siembra" y "renta de la tierra" referidos a la unidad de superficie (ha) y los de "amortización de la obra civil" y "plástico" referidos al metro cuadrado de silo. Los costes variables son los de "labores de ensilado".

En el caso del cultivo plurianual los costes fijos agrupan los conceptos de "labores de siembra", "materias primas de siembra", "labores anuales", "labores de cultivo", "materias primas de cultivo" y "renta de la tierra" referidos a la unidad de superficie (ha). Los costes variables son los de "labores de ensilado" y "plástico" para el ensilado.



*Se ha contabilizado el primer corte anual de pradera,*

Los costes dependen de la producción en materia verde y del contenido en materia seca del forraje ensilado. Fijando los contenidos habituales de materia seca del forraje ensilado, la función de costes adopta una fórmula potencial dependiente de la primera variable citada.

En la página web de Navarra Agraria se pueden ver los resultados íntegros de este estudio. A continuación resumimos los datos más significativos.

### Costes económicos

En el caso del maíz forrajero los costes económicos de las producciones habituales en la cornisa cantábrica oscilan entre 0,079 y 0,093 de euros por kilo de materia seca (ms) ensilada en silo zanja (13,1 y 15,5 pts/kg ms). En el caso del primer corte de la pradera el coste económico oscila entre 0,105 y 0,140 €/kg de materia seca ensilada en rotopacas (17,5 y 23,3 pts/kg ms).

### Costes energéticos

En el caso del maíz forrajero los costes energéticos oscilan entre 1,49 y 1,74 MJ/kg de materia seca ensilada en silo zanja. En el caso del primer corte de la pradera el coste energético oscila entre 2,95 y 3,94 MJ/kg de materia seca ensilada en rotopacas.

### Emisión de gases de efecto invernadero (GEIs)

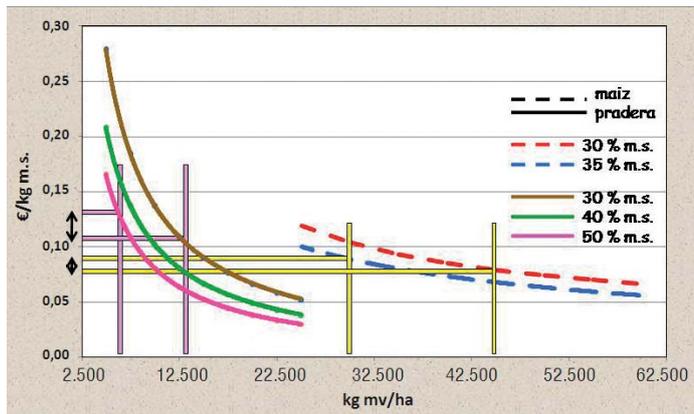
En el caso del maíz forrajero los costes energéticos oscilan entre 0,08 y 0,10 kg eq. CO<sub>2</sub>/kg de materia seca ensilada en silo zanja. En el caso del primer corte de la pradera el coste energético oscila entre 0,16 y 0,21 kg eq. CO<sub>2</sub>/kg de materia seca ensilada en rotopacas.

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTES

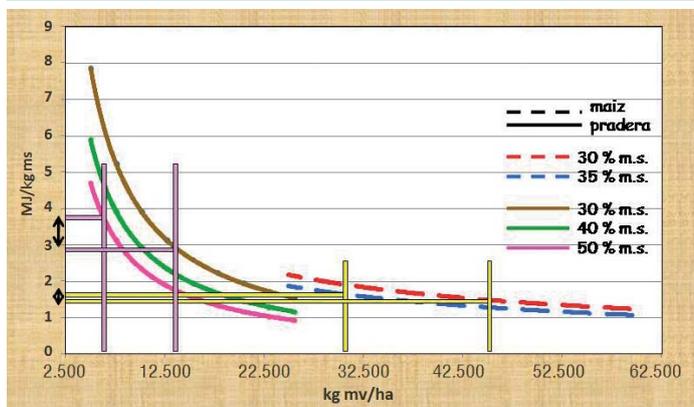
En las figuras 1, 2 y 3 se presentan de forma gráfica los costes económicos, energéticos o de emisiones de GEI, para cada uno de los dos casos estudiados, en función de la producción forrajera (kg de materia verde/ha) y del contenido en materia seca del forraje ensilado.

Las curvas de trazo continuo son las correspondientes al primer corte de ensilado de la pradera plurianual y en trazo discontinuo se presentan las correspondientes al cultivo de maíz forrajero.

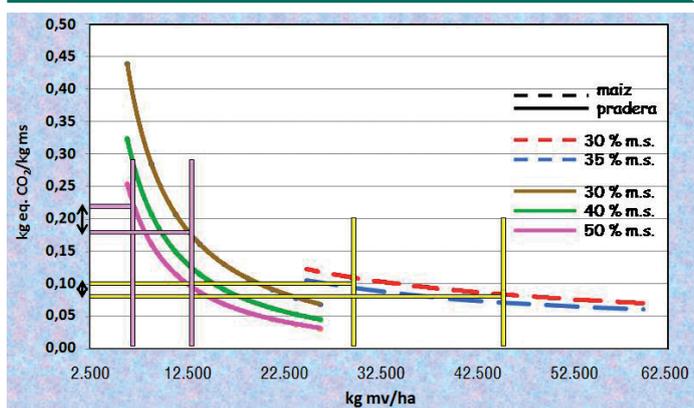
**Figura 1.- Comparativa de costes económicos**



**Figura 2.- Comparativa de costes energéticos**



**Figura 3.- Comparativa de emisiones GEI.**



Se han representado únicamente las curvas correspondientes a los valores de materia seca del material ensilado habituales en ambos cultivos (30 – 50 % en la pradera, 30 – 35 % en el maíz).

Para cada cultivo se han acotado las producciones en materia verde habituales en las condiciones de la cornisa cantábrica (fucsia en el caso de la pradera, amarillo para el maíz forrajero).



Se puede observar que, con independencia del concepto que se estudie, los valores de costes y emisiones que se alcanzan para la pradera son superiores a los que se alcanzan para el cultivo de maíz, y que en este último los ámbitos de variación son más estrechos.

Esto se explica porque, aunque el maíz es un cultivo más intensivo que la pradera (los "inputs", costes y emisiones por unidad de superficie del cultivo de maíz son muy superiores a los de la pradera) se compensan con una mayor **productividad** del cultivo, de forma que si la unidad funcional de referencia es el kg de materia seca ensilada, los costes y emisiones del cultivo de maíz resultan inferiores a los de la pradera.

El menor margen de **variación de costes y emisiones** en el cultivo de maíz frente a la pradera se explica debido a que es también menor el margen de variación habitual del contenido en materia seca del material ensilado.

A la vista del **itinerario técnico del cultivo** de pradera se puede observar que en este estudio se ha planteado una situación de "máximos" en los capítulos de fertilización y ensilado. La fertilización, sobre todo la mineral, se debe planificar en función del nivel y evolución de la fertilidad de los suelos. Además, en el caso de explotaciones ganaderas con base territorial que generen purín, el abonado en cobertera con urea para preparar el primer corte se podría sustituir eficientemente por este material. De esta forma se reduciría la dependencia de compras externas (disminución de costes económicos) de fertilizantes nitrogenados, que son los de mayores costes energéticos y emisiones de GEIs imputables a su proceso de fabricación (disminución de costes energéticos y de emisiones de GEIs) y, por otra parte, se valoriza un recurso generado en la propia explotación.

El sistema de ensilado en rotopacas consume una cantidad de **plástico por kg de materia seca** del material ensilado superior al empleado en el ensilado en silo zanja, siendo el plástico un "input" caro, con alta demanda energética en su proceso de fabricación y con tasas de emisiones GEI elevadas. Ensilando la pradera en silo zanja se lograría disminuir el consumo de plástico y, aunque se debería imputar al material ensilado la amortización de la obra civil del silo, se lograría disminuir tanto el coste económico como, sobre todo, el energético y de emisiones GEIs del material ensilado.

## CONCLUSIONES

- ♦ En todo proceso productivo se debe considerar tanto el coste económico de producción (**eficiencia económica**), como el coste energético (**eficiencia energética**) y la huella de carbono del proceso (**eficiencia ambiental**).
- ♦ Los costes económico y ambiental (costes energéticos y emisión de GEIs) del ensilado de maíz forrajero en silo zanja son inferiores a los del ensilado en rotopacas del primer corte de pradera plurianual.
- ♦ Las **estrategias de valorización como fertilizante de los recursos orgánicos generados en las explotaciones ganaderas y ensilado en silo zanja** de los cultivos de pradera pueden, en ciertas situaciones, reducir los costes económicos y ambientales del ensilado de pradera y acercarlos a los del ensilado de maíz forrajero.



*El ensilado en rotopacas consume más plástico por kg de forraje ensilado que el ensilado en zanja.*