

**Universidad Pública de Navarra**

*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

**ESCUELA TÉCNICO SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA**



**VALORACIÓN ENERGÉTICA DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y  
SORGO, CON DESTINO A LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y  
ALIMENTACIÓN ANIMAL**

Presentado por

**IBAI ELORZA SARASOLA (e) k**

Aurkeztua

**INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA HORTOFRUTICULTURA Y JARDINERIA  
BARATZEZAINZA, FRUTAGINTZA ETA LOREZAINZA INGENIARI TEKNIKOA**

Junio, 2012

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**  
**NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA**

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS**  
**NEKAZARIZAKO INGENIARIEN GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA**

**VALORACIÓN ENERGÉTICA DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y SORGO, CON  
DESTINO A LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y ALIMENTACIÓN ANIMAL**

Trabajo fin de carrera realizado por Ibai Elorza Sarasola al objeto de optar al título de  
Ingeniero Técnico Agrícola de la especialidad de Hortofruticultura y Jardinería.

Directores del trabajo

Juan Bautista Relloso Barrio  
Maite Lacuesta

Tutora del Trabajo

Amaia Ortiz de Barredo

Autor

Ibai Elorza Sarasola

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento ha mi tutora la D. Amaia Ortiz de Barredo y a Juan Bautista Relloso Barrio, investigador de Neiker, quienes me dirigieron, orientaron e ilustraron con su experiencia y conocimientos para la realización de este trabajo, además de poner a mi disposición todo tipo de información y materiales necesarios así como su tiempo.

También agradecer A Oscar del Hierro y Olatz Unamunzaga por su ayuda y trabajo.

A todo el personal de Neiker, en especial a Manuel Ramirez, por su ayuda material y apoyo recibido durante la realización del trabajo.

Y por último a todas las personas que de una u otra forma han hecho posible llevar a buen término este trabajo.

## ÍNDICE

0.- RESUMEN.....	0
1.- ANTECEDENTES.....	4
2.- INTRODUCCIÓN	
2.1- Desarrollo energético.....	4
2.2- La biomasa y su utilización como fuente de energía.....	5
2.3- Tipos de biomasa.....	5
2.4- Procesos de transformación de la biomasa.....	5
2.4.1.- Tipos de transformación de la biomasa.....	6
2,4,1,1- Procesos termoquímicos.....	6
2.4.1.2- Procesos bioquímicos.....	7
2.4.1.3- Procesos químicos.....	8
2.5- Cultivos Energéticos: Cultivos agrícolas.....	8
2.6- Plantas C4.....	9
2.6.1 Maíz y Sorgo.....	9
2.7- Superficie cultivada y rendimientos.....	10
3.- OBJETIVOS.....	11
3.1- Objetivos del proyecto en que se enmarca el trabajo.....	11
3.2- Objetivos del trabajo fin de carrera.....	11
4.- MATERIALES Y METODOS.....	12
4.1- Ensayo de abonado y variedades.....	12
4.1.1- Planteamiento del ensayo.....	12
4.1.2- Aplicación de las distintas dosis de Nitrógeno.....	15
4.1.3- Diseño del ensayo.....	16
4.1.4- Labores de cultivo.....	18
4.1.5- Aplicación de los herbicidas e insecticidas.....	19
4.1.6- Recolección.....	21
4.1.7- Análisis estadístico.....	22
4.2- Ensayo de riego.....	24
4.2.1- Planteamiento del ensayo.....	24
4.2.2- Labores del cultivo.....	28
4.2.3- Aplicación de herbicidas e insecticidas.....	28
4.2.4- Recolección.....	29
4.3- Doble aprovechamiento del grano en el cultivo de maíz.....	30
4.3.1- Planteamiento del ensayo.....	30
4.3.2- Diseño del ensayo.....	30
4.4- Análisis de la huella de carbono del ensayo de abonado y variedades.....	31
4.4.1- Huella de carbono.....	31
4.4.2- Introducción al concepto de huella de carbono.....	31
4.5- Análisis del balance energético del ensayo de abonado y variedades.....	33
..	
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5.1- Ensayo de abonado y variedades.....	34
5.2- Ensayo de riego.....	44
5.3- Viabilidad del doble aprovechamiento del cultivo del maíz.....	48
5.4- Huella de carbono de los cultivos de maíz y sorgo.....	52
5.5.- Análisis del balance energético del ensayo de abonado y variedades.....	59



6.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	63
7.- CONCLUSIONES.....	65
8.-BIBLIOGRAFIA.....	66
9.- ANEXOS.....	69
Anexo 1- .....	69
Anexo 2- .....	71
Anexo 3- .....	73
Anexo 4- .....	74
Anexo 5- .....	90
Anexo 6- .....	92

## 0. RESUMEN

Este trabajo está enmarcado dentro del proyecto “Cultivos bioenergéticos en Álava: análisis de la calidad de biomasa y valoración energética de varios cultivos bioenergéticos crecidos en diferentes condiciones agronómicas en Álava. Financiado por el Ministerio de Ciencias e Innovación a través del subprograma de proyectos de investigación fundamental orientada a los recursos y tecnologías agrarias. Convocatoria INIA RTA2010-00041-C02-01 y realizado por el laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Biología vegetal y Ecología de la Facultad de Farmacia de la UPV/EHU y NEIKER-TECNALIA, Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario.

El objetivo general del proyecto es la valoración en campo de diferentes plantas C4 como sumideros de CO<sub>2</sub> y cultivos bioenergéticos, por lo cual se han llevado a cabo 5 ensayos realizados con cultivos de maíz y sorgo cuyo destino es la producción de biomasa para su aprovechamiento energético. Dos de estos ensayos tratan de evaluar la influencia de diferentes dosis de nitrógeno y la influencia de diferentes aportaciones hídricas en los rendimientos de los cultivos de distintas variedades de sorgo y maíz. Un tercer ensayo sirvió para determinar la viabilidad del doble aprovechamiento del grano de maíz para biomasa energética y su consumo animal. Se evaluó la calidad bromatológica y microbiológica, prestando especial atención a las micotoxinas. Se realizó un análisis de la huella de carbono del ensayo de abonado y variedades, para medir las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen durante el ciclo del cultivo. Por último se realizó un balance energético analizando toda la energía consumida y producida durante el proceso para estimar la viabilidad energética de estos cultivos.

A partir de los resultados, análisis estadísticos y discusión, concluiremos las influencias del abonado y el riego así como las variedades mejor adaptadas al cultivo de biomasa y al doble aprovechamiento. También se analizó la importancia de la metodología del cultivo en las emisiones

## 1- ANTECEDENTES

Se han realizado desde los años 2007 al 2011 y dentro del marco de dos proyectos de investigación, varios ensayos agronómicos en campo donde se han estudiado diferentes factores (abonado nitrogenado, variedades y dosis de riego) en maíz y sorgo.

Este trabajo está enmarcado dentro del proyecto “Cultivos bioenergéticos en Álava: análisis de la calidad de biomasa y valoración energética de varios cultivos bioenergéticos crecidos en diferentes condiciones agronómicas en Álava. Financiado por el INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria) y realizado por el laboratorio de Fisiología vegetal de la Facultad de Farmacia de la UPV/EHU y NEIKER-TECNALIA, Instituto vasco de investigación y desarrollo agrario. El objetivo fue analizar y optimizar las prácticas culturales de dichos cultivos para la producción de biomasa. Se trata de conseguir que sean cultivos energéticamente rentables, que el gasto de energía para producirlos sea menor que la energía conseguida en su transformación.

La razón por la que uno de los factores del ensayo es el riego, es la escasez cada vez mayor de este recurso y la intención de conseguir cultivos que permitan mayores rendimientos con los menores gastos de agua. De la misma manera se elige el abonado como factor de estos ensayos con el objeto de estudiar las necesidades de nitrógeno de estos cultivos para poder optimizar las dosis y momentos de aplicación. Adecuando las prácticas de abonado a las necesidades de la planta conseguiremos mejores rendimientos y más eficientes.

Posibilitando el doble aprovechamiento de los granos de maíz como alimentación animal se realiza el estudio de las cantidades de micotoxinas en los granos de maíz. Se realiza dada la importancia que tienen en la salud animal y humana. Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por algunos hongos (*Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*) en condiciones de elevada humedad y temperatura. Pueden formarse tanto en el cultivo como durante la recolección, transporte, almacenaje y procesado de los productos. Las principales micotoxinas que se pueden encontrar en los cereales son aflatoxina B1 (AFB1), aflatoxina B2 (AFB2), ocratoxina A (OTA), desoxinivalenol (DON) y zearalenona (ZEA).

Las micotoxinas de mayor riesgo para la salud humana son la AFB1 y la OTA, ya que producen efectos tóxicos de carácter crónico. Las micotoxinas DON y ZEA producen en el ser humano principalmente efectos de carácter agudo y no se acumulan en los tejidos. Además de estos efectos, las micotoxinas producen la bajada de defensas en el sistema inmunitario.

La alimentación animal está actualmente controlada y legislada por la Unión Europea. La norma básica en la que queda plasmado este nuevo principio es el Reglamento (CE) 178/2002, del Parlamento y del Consejo, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria. Este reglamento también crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) encargada de fijar los procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.

Posteriormente se ha ido revisando la normativa que incluye la alimentación animal en su ámbito de aplicación. En particular, cabe destacar las referentes a la normativa de higiene de los piensos, los aditivos destinados a alimentación animal, los piensos medicamentosos, la comercialización y la utilización de los piensos, los organismos modificados genéticamente y la normativa de controles oficiales.

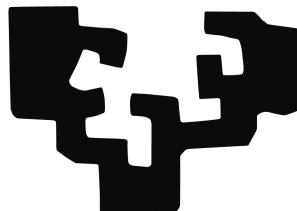
Por su trascendencia el Gobierno de España ha tratado de mejorar e impulsar el sector, mediante la puesta en marcha de iniciativas que permitan una mejor ordenación de la actividad, para conseguir

que la alimentación animal en España alcance los más altos niveles de calidad y se garantice con ello la más alta protección de la salud de los consumidores.

En España se creó en el año 2004 un Registro General de establecimientos en el sector de la alimentación animal, en el que se incluyen los pertenecientes al ámbito de aplicación del Reglamento (CE) nº 1831/2003, cuya sistemática de numeración se establece en el Real Decreto 821/2008, de 16 de mayo, por el que se regulan las condiciones de aplicación de la normativa comunitaria en materia de higiene de los piensos y se establece el registro general de establecimientos en el sector de la alimentación animal.



eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

## 2.-INTRODUCCIÓN

### 2.1- Desarrollo energético

El desarrollo de la sociedad humana está basado en el consumo de grandes cantidades de energía. La energía, que circula por los ecosistemas y que permite la existencia de los seres vivos, procede en última instancia del sol. Sin embargo, a pesar del desarrollo científico y tecnológico, a día de hoy no somos capaces de aprovechar completamente la energía solar y la gran mayoría de la energía que utilizamos procede de fuentes no renovables. (Loomis y Connor,2002)

Las fuentes de energía no renovables son aquellas en las que su velocidad de consumo es superior a la de su regeneración, lo que puede provocar su agotamiento. Esta es la situación de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y de los minerales. Se estima que de seguir un ritmo de consumo similar al actual las reservas de combustibles fósiles en un plazo de entre 50 y 100 años se agotarán (Fernández Salgado, 2010).

Los recursos naturales renovables son aquellos que pueden regenerarse natural y artificialmente después de ser usados. Son recursos que están sometidos a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

A finales del siglo XVII, se empezaron a utilizar por el hombre los combustibles fósiles que la tierra había acumulado en el subsuelo durante su historia geológica. La quema de petróleo, gas natural y carbón han causado el aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera que produce el consiguiente aumento de temperatura.

El rumbo actual de las sociedades más desarrolladas del planeta y el avance de las mismas está íntimamente ligado a un mayor consumo de energía para poder desarrollar los actuales sistemas de producción y consumo. Esto quiere decir que el desarrollo de un país viene ligado a un aumento considerable de su consumo energético.

La gran cantidad de energía requerida para poder mantener estos países y su desarrollo siempre ha sido una de las preocupaciones de los países más avanzados.

España es un país fuertemente dependiente de las importaciones energéticas. Se importa casi un 80% de la energía que se consume. La economía del país tiene un tejido productivo con una intensidad energética alta y ascendente. Ambos factores suponen una necesidad mayor de conseguir fuentes de energías renovables, autóctonas e independientes de los vaivenes de precios de las energías no renovables adquiridas a otros países. (Fernández Salgado, 2010).

En los últimos años, a raíz de los incrementos de los precios de los combustibles de los derivados fósiles y el rechazo de la sociedad a la energía nuclear por sus residuos y peligrosidad, han abierto el camino a otras vías de producción de energía. Se trata de conseguir energías que se puedan producir a gran escala y sean respetuosas con el medio ambiente.

Hay muchas nuevas formas de conseguir energía sostenible y que englobamos entre las renovables como pueden ser la energía solar, eólica, la de las olas o la que trataremos más a fondo en este trabajo que es la energía de la biomasa.

## **2.2- La biomasa y su utilización como fuente de energía**

La biomasa obtenida a partir de restos de cultivos forestales o herbáceos, o de los propios cultivos, es uno de estos tipos de energías renovable. Procede del aprovechamiento de la materia orgánica e inorgánica formada mediante algún proceso biológico, las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, sorgo, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros).

La biomasa es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad. (Ballesteros, 2008)

## **2.3- Tipos de biomasa**

Existen muchos tipos o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados para satisfacer la demanda de energía de una instalación pero una de las clasificaciones mas aceptadas es:

### **-Biomasa natural**

Se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana.

### **-Biomasa residual**

Los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación maderera y que, por tanto, son considerados residuos.

### **-Cultivos energéticos**

Son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible, agrupados habitualmente en grandes plantaciones de árboles o plantas cultivadas con el fin específico de producir energía.

## **2.4- Procesos de transformación de la biomasa**

Los avances tecnológicos y los estudios realizados para poder optimizar el uso masivo de la biomasa para la producción de energía han conseguido desarrollar procesos mas eficientes y limpios para la conversión de la biomasa en energía.

## **2.4.1. Tipos de transformación de la biomasa**

- Seca
  - o Procesos termoquímicos
    - Combustión
    - Gasificación
    - Pirolisis
- Húmeda
  - o Procesos bioquímicos
    - Fermentación alcohólica
    - Hidrolisis
    - Biofotolisis
    - Digestión anaerobia
  - o Procesos químicos
    - Transesterificación de aceites y/o grasas

### **2.4.1.1. Procesos termoquímicos**

#### **Combustión**

La combustión directa consiste en la combinación de oxígeno con diferentes elementos combustibles originándose un desprendimiento de calor. Es el método tradicional para obtención de calor en entornos domésticos y para la producción de calor industrial o para la generación de la energía mecánica o eléctrica. Las tecnologías de combustión son variadas y conocidas (parrilla fija, móvil, lecho fluido y co-combustión)

#### **Pirolisis**

La pirolisis consiste en la descomposición térmica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Dependiendo del tiempo y de la temperatura empleados se favorece la formación de distintos productos. Así, a bajas temperaturas (400 °C) y tiempos largos se favorece la formación de carbón, que puede ser sometido a gasificación y directamente pasar a una combustión. A temperaturas medias (550 °C) y tiempos cortos de reacción (1 segundo) se favorece la formación de un producto líquido valorizable con alto contenido en oxígeno llamado Bio-oil. Este producto se puede utilizar como combustible en calderas, motores, turbinas etc. pero es necesaria una purificación para poder utilizarse como carburante en el transporte. Finalmente a altas temperaturas (800 °C) y tiempos largos de reacción se favorece la formación de un gas pobre y escaso en valor energético.

#### **Gasificación**

La gasificación de la biomasa es una oxidación incompleta. Consiste en la conversión de ésta en un gas combustible y reductor, denominada syngas, por medio de su reacción con agentes gasificantes (aire, oxígeno, vapor de agua).

Se realiza a temperaturas elevadas (850-900°C) y la cantidad, composición y potencia calorífica del syngas producido depende del agente gasificante empleado y de las características de la materia prima utilizada. Los productos gaseosos obtenidos son principalmente H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO y CH<sub>4</sub>, por lo que se trata de un gas combustible que puede emplearse directamente en los mismos equipos o instalaciones que utilizan el Gas Natural o derivados del petróleo, lo cual supone una gran ventaja desde el punto de vista económico. Uno de los inconvenientes y dificultades que presenta este proceso es la aparición de alquitranes difíciles de eliminar en los sistemas de limpieza del gas. (García y Rezeau, 2010)

En función del agente gasificante empleado (aire, oxígeno, vapor de agua), el syngas obtenido presenta diferentes características:

- Gasificación (oxidación parcial) con aire
- Gasificación (oxidación parcial) con oxígeno
- Gasificación con vapor de agua
- Gasificación pirolítica
- Gasificación presurizada
- Gasificación en condiciones supercríticas

#### **2.4.1.2. Procesos bioquímicos**

##### **Digestión anaerobia**

La digestión anaerobia es un proceso de descomposición de materia orgánica por la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno. En ella se producen lodos y biogás. El biogás es una mezcla de metano y CO<sub>2</sub> en proporciones variables: 50 al 70% de metano y 50 al 30% de CO<sub>2</sub>. Esta digestión se puede realizar en rangos mesofílicos (temperaturas inferiores a 40°C) o termofílicos (temperaturas del orden de 55°C). En este último caso, el tiempo de retención es menor y la producción de biogás es bastante mayor. El poder calorífico del biogás es del orden de 4500kcal/m<sup>3</sup> (60% de metano y 40% de CO<sub>2</sub>). Al emplear este biogás como combustible, se puede producir electricidad para el consumo de la propia planta generadora o para introducir electricidad en la red eléctrica industrial.

Aunque la digestión anaerobia es un proceso conocido en la práctica, se posee una información muy limitada sobre su química y su microbiología. Sin embargo, se puede afirmar en líneas generales, que la digestión anaerobia se desarrolla en tres etapas durante las cuáles la biomasa se descompone en moléculas más pequeñas para dar biogás como producto final, por la acción de diferentes tipos de bacterias.

Las variables que influyen en el proceso son las siguientes.

- Temperatura: se encuentra el óptimo de funcionamiento alrededor de los 35°C
- Acidez: determina la cantidad y porcentaje de metano en el biogás. Habiéndose encontrado que el valor óptimo de pH oscila entre 6,6 y 7,6.
- Contenido en sólidos: se suele operar en mejores condiciones con menos de un 10% en sólidos, lo que explica que la biomasa más adecuada sea la de alto contenido en humedad.
- Nutrientes: para el crecimiento y la actividad de las bacterias, éstas tienen que disponer de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales.
- Tóxicos: aparte del oxígeno, inhiben la digestión concentraciones elevadas de amoníaco, sales minerales y algunas sustancias orgánicas como detergentes y pesticidas

Los procesos más avanzados son de tipo continuos y alcanzan excelentes rendimientos, con tecnologías variadas. Los resultados dependen de la materia prima utilizada. Un aspecto muy importante en las instalaciones de producción de biogás es su almacenamiento y la eliminación de SH<sub>2</sub> antes de llegar a los motores o calderas.

##### **Hidrólisis y fermentación alcohólica**

El proceso de obtención de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica se lleva a cabo en varias etapas. La primera es el pretratamiento por hidrólisis ácida o enzimática de la biomasa; en segundo lugar, se produce una sacarificación de la celulosa, para la obtención de azúcares, y posterior



fermentación del azúcar para producir etanol. Por último, el etanol obtenido es refinado por destilación.

Una alternativa al proceso descrito es el proceso SSF (“simultaneous saccharification and fermentation”) en el cual los procesos de sacarificación y fermentación se llevan a cabo en una sola etapa. Este proceso permite alcanzar mayores velocidades de reacción, mejorando el rendimiento y las concentraciones obtenidas, con un menor tamaño de instalación.

En fase de investigación se encuentra el proceso denominado “consolidated bioprocessing” (CPB) o “direct microbial conversion” (DMC), el cual consiste en la producción de las enzimas de hidrólisis y de fermentación por la misma colonia microbiana.

### **Biofotólisis**

La biofotólisis consiste en la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno mediante la acción combinada de la luz solar y la capacidad fotosintética de plantas verdes y bacterias y algas azules. La operación debe llevarse a cabo en condiciones anaerobias por lo que es necesario eliminar el oxígeno generado en el proceso de fotosíntesis. La enzima hidrogenasa reduce los protones generados en el proceso de fotosíntesis. (Klose, Rincon y Gomez, 2010)

#### **2.4.1.3. Procesos químicos**

##### **Transesterificación de aceites y/o grasas**

La transesterificación es un proceso químico mediante el cual se obtiene biodiesel a partir de la reacción de un triglicérido (aceite vegetal o grasa animal) con un alcohol (metanol o etanol) en presencia de un catalizador.

Posteriormente, es necesario eliminar la glicerina que se forma como producto secundario, el alcohol en exceso, el catalizador y el agua por decantación o centrifugación.

El biodiesel se puede emplear sin modificación en los motores, hasta un 10-15%. (EVE, 2007)

## **2.5- Cultivos Energéticos: Cultivos agrícolas**

El objetivo dentro del ámbito agrícola es la producción de biomasa lignocelulósica tanto mediante cultivos tradicionales, como con nuevas especies. Se trata de cultivar grandes densidades de plantas con gran capacidad de asimilación de carbono para poder transformar posteriormente, la biomasa en energía.

## **2.6- Plantas C4**

Todas las plantas fijan el carbono a través de un ciclo fotosintético que involucra sobre todo intermediarios que contienen tres átomos de carbono. Se denominan plantas C3 a las que solamente disponen de ese ciclo básico. Son cultivos de zonas templadas que se saturan de luz con 200-300 J m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Existen otras denominadas plantas C4 que utilizan, además del ciclo de síntesis de tres carbonos, otro con compuestos de cuatro carbonos.

Una característica de estas especies, sobre todo tropicales, que incluyen especies como la caña de azúcar, el sorgo, el maíz, es la presencia de dos tipos de células fotosintéticas que actúan

coordinadamente para incrementar las concentraciones parciales de CO<sub>2</sub> en el lugar activo de la Rubisco, reduciendo la fotorrespiración e incrementando la eficiencia fotosintética.. Las plantas de C<sub>4</sub> no exhiben prácticamente ningún síntoma de saturación de luz, por lo cual pueden hacer mejor uso de las intensidades de luz altas. Además, son plantas con una alta eficiencia en el consumo de agua.

Mientras que las plantas C<sub>3</sub> transpiran 500-700 g de agua por cada g de materia seca, las plantas C<sub>4</sub> pierden solamente 250-400 g de agua. La ruta metabólica C<sub>3</sub> se encuentra en los organismos fotosintéticos como las cianobacterias, algas verdes y en la mayoría de las plantas vasculares. Las vías metabólicas C<sub>4</sub> se encuentran solo en plantas vasculares.

En aquellos ambientes con restricciones hídricas constantes, estacionales o diarias como son las zonas áridas, semiáridas y ambientes epifíticos las plantas C<sub>4</sub> funcionan como especialistas de gran éxito en comparación con las plantas C<sub>3</sub>. Las diferencias metabólicas y de gasto energético entre plantas C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> son debidas a una respuesta ambiental. Cada uno de estos tipos se desarrolla en climas diferentes, y cada uno representa una adaptación a ese clima. Esto hace que el mayor gasto energético para la fijación de CO<sub>2</sub> que existe en plantas C<sub>4</sub> tenga sentido. (García, Rosello y Santamarina, 2006)

### **2.6.1- Maíz y Sorgo**

#### **Maíz (*Zea mays*)**

El maíz es una planta anual de la familia de las gramíneas. Es originaria de América y fue introducida en Europa el siglo XVII. Se trata actualmente de uno de los cereales con mayor volumen de producción y más extendidos por el mundo por su capacidad de adaptación a diversos climas.

Se trata de una planta monoica y a pesar de ser anual su rápido crecimiento le permite alcanzar alturas de 2,5 m. Sus tallos son erguidos, rígidos y sólidos. Las hojas son alargadas de 50 a 100 cm de largo y de 5 a 10 centímetros de ancho y cada una sale de un nudo del tallo. Del mismo lugar salen las inflorescencias femeninas o mazorcas, que consisten en un tronco u olote cubierto por entre 8 y 30 filas de granos (cada fila cuenta con 30 a 60 granos). Es en esta parte de la planta donde se almacenan las reservas nutritivas.

#### **Sorgo (*Sorghum vulgare*)**

El sorgo es una planta anual de la familia de las gramíneas, aunque verdaderamente es una hierba perenne y en los trópicos se cosecha varias veces al año. Es originario de las zonas tropicales de África, pero su cultivo está distribuido mundialmente. La mayoría de las variedades son tolerantes a la sequía y están adaptadas a regiones áridas.

El sorgo es una planta de auto-polinización. La altura de la planta varía entre 60 y 460 cm. Se desarrollan entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, alternas, opuestas y de forma lineal lanceolada. El borde de las hojas presenta dientes curvos, filosos y numerosas células motoras ubicadas cerca de la nervadura central del haz facilitando el enrollamiento de la lámina durante periodos de sequía. Tiene inflorescencias en panojas y las semillas son de 3-4 mm de diámetro, esféricas y oblongas. Una cabeza de semillas por lo general mide entre 25 y 35 cm y se presenta en la parte superior del tallo.

## 2.7- Superficie cultivada y rendimientos

Según la “Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos” la superficie que ocupaba el maíz forrajero en España en 2011 era de 87.784 ha de cultivo dividido en 78.485 ha en secano y 9.298 ha en regadío. En el caso del sorgo forrajero al ser tan poca la influencia del cultivo la encuesta lo engloba en un grupo en el que se encuentran los cereales de invierno, el trébol y el sorgo forrajero. Los datos de superficies son de 350.816 ha totales, divididos en 309.856 ha en secano y 40.595 en regadío.

A continuación la **tabla1**, que se encuentra en la propia encuesta, indica la evolución en cuanto a superficie cultivada en los últimos 7 años.

**Tabla1:** Evolución de superficie cultivada en España

➔	Maíz forrajero	87.784 ha	1,4%	2004		2011
➔	Alfalfa	267.414 ha	-0,7%	2004		2011
➔	Veza (veza+avena) para f	48.327 ha	7,4%	2004		2011
➔	Otros forrajes (cereal i	350.816 ha	-7,2%	2004		2011
➔	Praderas polifitas	217.998 ha	-1,3%	2004		2011
➔	Nabo forrajero	204 ha	280,9%	2004		2011
➔	Remolacha forrajera	782 ha	33,4%	2004		2011
➔	Coles y berzas forrajera	2.066 ha	-7,4%	2004		2011
➔	Otras plantas de escarda	528 ha	19,8%	2004		2011
➔	Cultivos forrajeros	975.919 ha	-2,7%	2004		2011

Se puede observar que el Maíz forrajero se ha mantenido estable con una pequeña subida y que el grupo de Otros forrajes donde se engloba al sorgo forrajero ha sufrido una gran disminución en superficie cultivada. En el global de los cultivos forrajeros ha habido una disminución en superficie del 2.7%.

Los datos a nivel del País Vasco indican que la superficie de maíz forrajero total es de 147 ha, divididas en 145 de secano y 2 de regadío. En el sorgo forrajero no se indican datos de superficie en el País Vasco.

En cuanto a los rendimientos en otra encuesta realizada por el Gobierno de España denominada, “Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos” se calculo que a nivel nacional el rendimiento de maíz forrajero fue de 40.539 kg / ha en secano y 53.934 kg / ha en regadío. En el País Vasco esos rendimientos fueron de 50000 kg/ha en secano.



### 3.- OBJETIVOS

#### 3.1- Objetivos del proyecto en el que se enmarca el trabajo

El objetivo de este proyecto es la valoración en campo de diferentes plantas C4 como sumideros de CO<sub>2</sub> y cultivos bioenergéticos, teniendo en cuenta las labores agronómicas de riego y abonado y su influencia en la producción de biomasa. Para ello, se requiere analizar la producción de la biomasa obtenida en las condiciones edafoclimáticas de Álava y sometida a diferentes dosis de abonado nitrogenado y de riego, evaluando la producción de la calidad de la biomasa para usos energéticos y de alimentación animal.

#### 3.2- Objetivos del trabajo fin de carrera

Con este objetivo general, en este trabajo, se han planteado los siguientes objetivos.

- Evaluar la influencia de las diferentes aportaciones hídricas y de nitrógeno en la producción de biomasa con destino a la producción de bioenergía.
- Determinar la eficiencia energética de los cultivos de maíz y sorgo.
- Determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> por variedades y dosis de abonado
- Determinar la calidad postcosecha y rentabilidad de los cultivos de maíz y sorgo con destino mixto: biomasa energética y alimentación animal, con especial atención a la incidencia de hongos micotoxigénicos.



**Figura 1:** Ensayo maíz (derecha) y sorgo (izquierda) en el que se evalúan distintos aportes de riego

## 4- MATERIALES Y METODOS

En el 2011 se realizaron 2 ensayos en una finca de la granja experimental de Neiker en Arkaute (Figura 2). Un ensayo estaba dirigido a evaluar las dosis de abonado óptimas para obtener el máximo rendimiento en cultivos de maíz y sorgo con destino biomasa.

Se realizó un segundo ensayo para estimar los máximos rendimientos de los cultivos de maíz y sorgo con las diferentes dosis de riego. A la vez se evaluó la posibilidad de dar un doble aprovechamiento al cultivo de maíz del ensayo de abonado y variedades, utilizando el grano para alimentación animal.

Para comprobar la viabilidad medioambiental de los cultivos se realizó un análisis de huella de carbono de los ensayo de abonado y variedades en los cultivos de maíz y sorgo, así como un completo balance energético.



**Figura 2:** Imagen aérea de los campos de ensayo de biomasa en las instalaciones de Neiker.



## 4.1- Ensayos de abonado y variedades

### 4.1.1 Planteamiento del ensayo

#### Maíz.

Se ensayaron dos factores, variedad y abonado mediante un diseño estadístico Split Plot con tres bloques. Las parcelas constaban de 4 líneas de cultivo con una superficie de 36 m<sup>2</sup> (12 x 3 m).

En cada bloque se distribuyeron al azar la variable de la parcela principal (variedad) con dos niveles (Meribel y Franki) y como subparcela se sorteó el factor abonado con cuatro niveles (0 – 50 – 100 y 200 Kg/ha de nitrógeno)

Dentro de cada variedad (Franki y Meribel). se sortearon 4 dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 200 UF = kg/ha).

La densidad de siembra fue de 100.000 semillas por hectárea, que trasladado a parcelas de 36 m<sup>2</sup> supone 360 semillas por parcela elemental. La preparación de la dosis de siembra se realizó partiendo del peso de 1000 semillas.

**Franki:** Es un híbrido simple de ciclo medio temprano que destaca por ser una variedad buena para la producción de ensilaje y de altos rendimientos. Posee un gran crecimiento vegetativo lo que la hace adecuada para ser ensayada para biomasa.



**Figura 3:** Semillas de maíz de la variedad Franki utilizada en los ensayos

**Meribel:** Es un híbrido simple de ciclo medio temprano de gran adaptación a diferentes condiciones y apta para ensilaje con altos rendimientos.



**Figura 4:** Semillas de maíz de la variedad Meribel utilizada en los ensayos

Los cálculos para conocer las cantidades de semillas por variedad se encuentran en el **Anexo 1**.

### **Sorgo.**

Las parcelas constaban de 4 líneas de cultivo con una superficie de 36 m<sup>2</sup> (12 x 3 m), en cada bloque se distribuyeron al azar la variable de la parcela principal (variedad) con dos niveles (Biomass y Velox) y como subparcela se sorteó el factor abonado con cuatro niveles (0 – 50 – 100 y 200 Kg/ha de nitrógeno)

Dentro de cada variedad (Biomass y Velox) se sortearon 4 dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 200 UF = kg/ha).

La densidad de siembra fue de 300.000 semillas por hectárea, que trasladado a parcelas de 18 m<sup>2</sup> supone 540 semillas por parcela elemental. La preparación de la dosis de siembra se realizó partiendo del peso de 1000 semillas.

**Velox:** Es un sorgo de grano de ciclo corto, de maduración precoz y panícula semiabierta bien desarrollada. Productividad alta, tolerancia a la salinidad del suelo y poco apetecible a los pájaros.





**Figura 5:** Detalle de las inflorescencias de plantas de sorgo variedad Velox.

**Biomass:** Es un híbrido simple utilizado para el ensilaje. Es muy estable mostrando buenos rendimientos en condiciones de secano. Gran crecimiento vegetativo.



**Figura 6:** Semillas de sorgo de la variedad Biomass utilizada en los ensayos

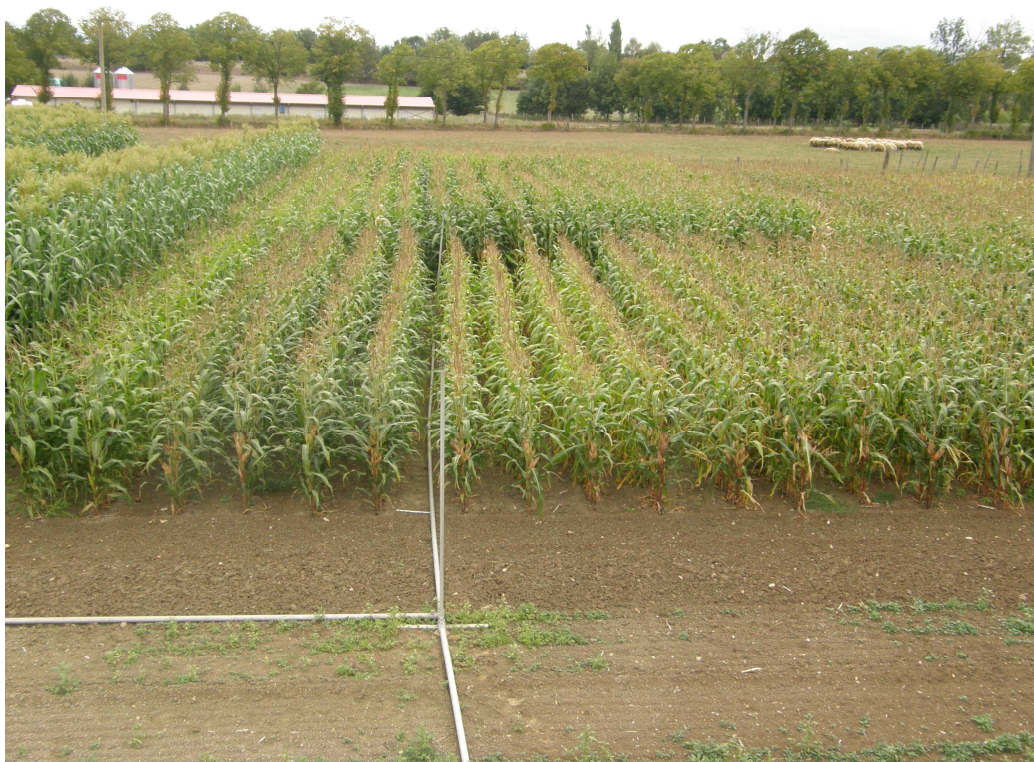


## Mantenimiento de los cultivos

### 4.1.2. Aplicación de las distintas dosis de Nitrógeno

**En el cultivo del Maíz**, las cuatro dosis de nitrógeno aplicadas en el ensayo fueron, 0, 50, 100 y 200 kg/ha. Se aplicaron como abonado de cobertera, en dos momentos. El primero cuando el cultivo ya estaba en estado V3 y V4 de la escala de ( Ritchie y Hanway, 1982) y el segundo momento 15 días después con el fin de fraccionar la aplicación del nitrógeno y obtener una mejor asimilación de los nutrientes y menores pérdidas. El abonado se realizó con Nitrato Amónico Cálcico 27%. Las cantidades aportadas fueron 666 g en los tratamientos de 50 kg/ha, 1333 g en los de 100 kg/ha y 2666 g en los de 200 kg/ha.

Los cálculos donde se calculan los kilos de abono para cada tratamiento se encuentran en el anexo.



**Figura 7:** Imagen de las distintas aportaciones de nitrógeno en el ensayo de maíz

En la **tabla 2** se muestran los análisis de suelo realizados en las parcelas donde se realizaron los ensayos de abonado y de riego.

**Tabla 2:** Análisis de suelo de las parcelas donde se ubicaron los ensayos

Muestras	pH	M.O. %	N, %	C/N	P, ppm	Carbonatos, %	Caliza, %	Ca, meq/100g	Mg, meq/100g	K, ppm
Ensayo Biomasa Regadio	8,24	3,06	0,24	7,41	17,31	13,74	2,06	36,38	0,87	104
Ensayo Biomasa Variedades	8,05	3,5	0,27	7,54	22,64	18,1	2,98	31,38	0,79	108

En el cultivo del sorgo las dosis de nitrógeno a aplicar fueron 0, 50, 100 y 200 kg/ha y el abono utilizado fue NAC 27% N. La aportación se fraccionó en 2 momentos y las cantidades aportadas fueron 333 g en los tratamientos de 50 kg/ha, 666 g en los de 100 kg/ha y 1333 g en los de 200 kg/ha. Los cálculos se encuentran en el **Anexo 2**.



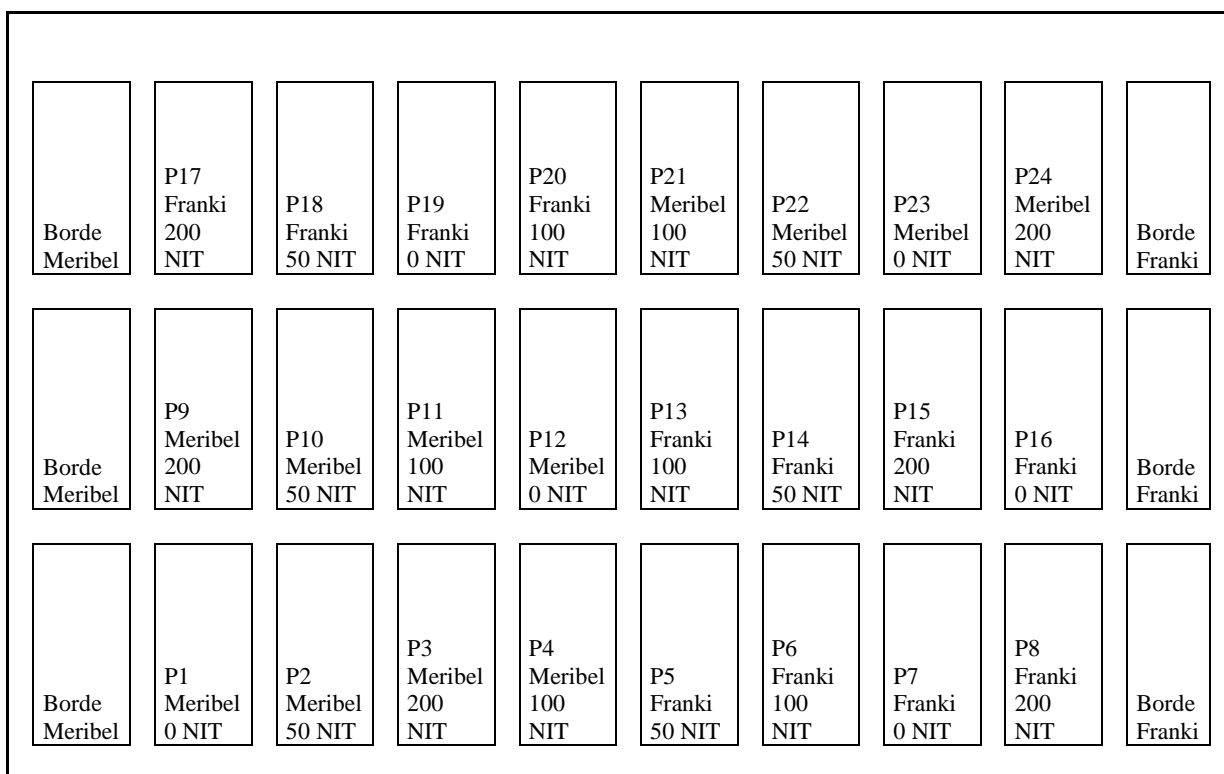
**Figura 8:** Imagen de una parcela de maíz variedad Franki con el tratamiento de 100 Kg de nitrógeno.

#### 4.1.3- Diseño del ensayo

Se realizaron dos ensayos colindantes (maíz y sorgo) para evaluar el comportamiento de dos variedades y la eficiencia de diferentes dosis de nitrógeno en la productividad del cultivo. Se sortearon las variedades en cada una de las repeticiones y dentro de las variedades se sortearon al azar las distintas dosis de nitrógeno.

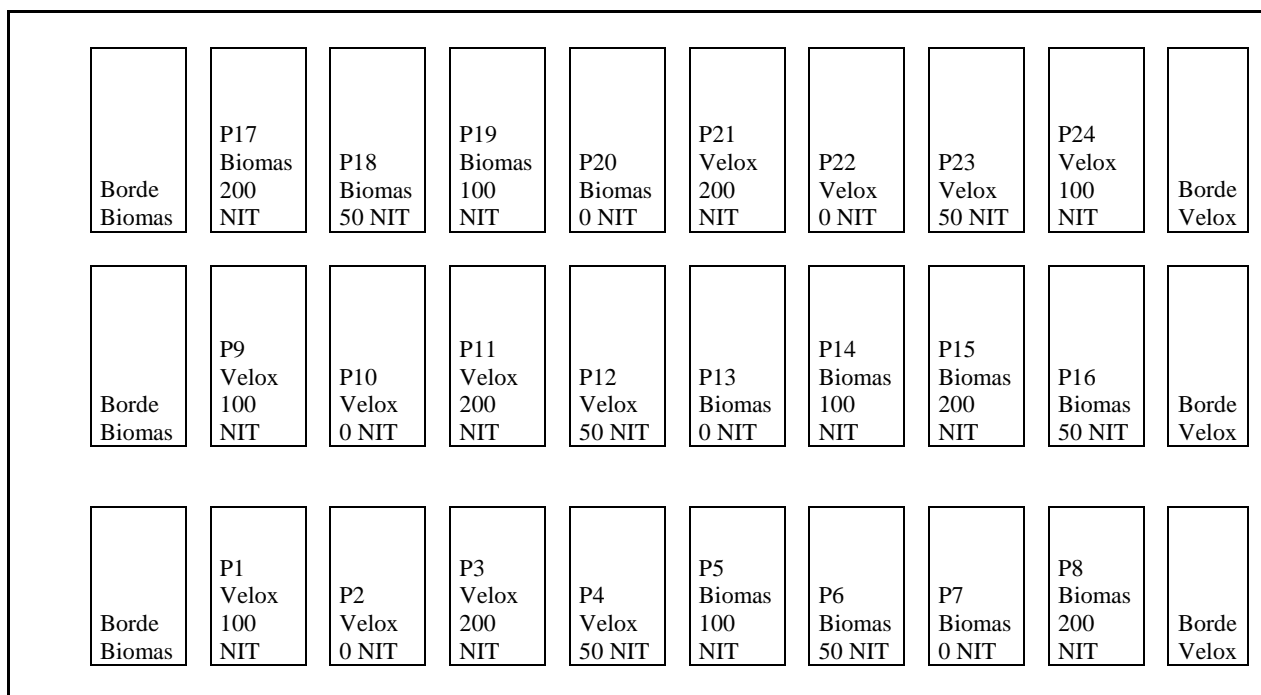
El ensayo de maíz estaba compuesto por 8 parcelas elementales en cada repetición, 4 de la variedad Meribel y 4 de la variedad Franki. Las cuatro parcelas de cada variedad se encontraban juntas formando la parcela principal del diseño y dentro de la parcela principal se sortearon, también al azar, los diferentes tratamientos de nitrógeno (0, 50, 100 y 200 kg/ha). Este esquema se repetía con 3 repeticiones, conformando el ensayo 24 parcelas elementales.





**Figura 9:** Croquis del campo de maíz del ensayo de abonado

El sorgo, compartía el mismo diseño que el maíz. El ensayo estaba compuesto de 2 variedades de Velox y Biomass y cuatro dosis de nitrógeno (0, 50, 100 y 200 kg/ha).



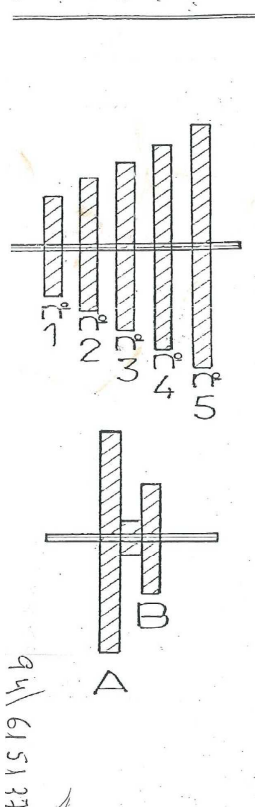
**Figura 10:** Croquis del campo de sorgo del ensayo de abonado

#### 4.1.4- Labores de cultivo

En los terrenos donde se ubicaron los ensayos, previamente a la siembra se realizó un pase de vertedera y posteriormente un pase de rotativa. Una vez marcados los terrenos de los ensayos se realizó, por su menor movilidad en el terreno, la aportación del fósforo y potasio en fondo. Se aplicaron en el ensayo de maíz y sorgo 500 kg/ha del complejo 0 – 14 – 14. Se aplicó un complejo sin nitrógeno puesto que la aportación de nitrógeno es uno de los factores del ensayo y su control es más eficaz con el nitrógeno en forma de nitrato en cobertera.

La siembra fue realizada con una sembradora de precisión. Esta maquina distribuye la semillas mediante discos con distinto número de cavidades movidos por la rueda motriz de la sembradora, en función del número de cavidades varía la distancia entre plantas de la siembra. En nuestro caso se utilizo la regulación B1 con disco de 24 agujeros.

**TALLERES MARCHENA**  
MAQUINARIA AGRICOLA  
MANSILLA DEL PARAMO (LEON)  
TEL. (987) 37.36.90



Siembra con discos de 32 agujeros	
A con nº 1... 5 cm	B con nº 1... 10 cm
A con nº 2... 6 cm	B con nº 2... 12 cm
A con nº 3... 7 cm	B con nº 3... 14 cm
A con nº 4... 8 cm	B con nº 4... 16 cm
A con nº 5... 9 cm	B con nº 5... 18 cm
Siembra con discos de 24 agujeros	
A con nº 1... 6,5 cm	B con nº 1... 13,5 cm
A con nº 2... 8 cm	B con nº 2... 16 cm
A con nº 3... 9,5 cm	B con nº 3... 18,5 cm
A con nº 4... 10,5 cm	B con nº 4... 21,5 cm
A con nº 5... 12 cm	B con nº 5... 24 cm
Siembra con discos de 18 agujeros	
A con nº 1... 8 cm	B con nº 1... 16 cm
A con nº 2... 9,5 cm	B con nº 2... 18 cm
A con nº 3... 11 cm	B con nº 3... 20 cm
A con nº 4... 13 cm	B con nº 4... 23 cm
A con nº 5... 15 cm	B con nº 5... 27 cm
Distribuidor:	

**Figura 11:** Esquema de las diferentes combinaciones de la sembradora para obtener diferentes dosis de siembra.

La maquina siembra dos filas simultáneamente, necesitando dos pasadas para completar la parcela elemental en el cultivo del maíz. El dibujo que realiza el tractor en el momento de la siembra es el de zigzag.



**Figura 12:** Imagen de las parcelas de sorgo Velox (izquierda) y Biomass (derecha) del ensayo de abonado

La siembra del sorgo se realizó con una sembradora de ensayos de cereal, esta máquina distribuye una determinada cantidad de semilla previamente pesada en una distancia fijada mediante la regulación correspondiente.

Previamente a la siembra se realizó una comprobación para que el reparto de la semilla en todas las botas fuera correcto.

#### **4.1.5. Aplicación de herbicidas e insecticidas**

Se aplicó el herbicida PRIMEXTRA LIQUID GOLD en dosis de 4 l/ha, también se realizó un tratamiento insecticida con KARATE KING a una dosis de 0,24 Kg/ha.



**Figura 13:** Imagen de dos filas de una parcela de maíz.

En las **tablas 3 y 4** se presenta una relación de cada uno de los trabajos realizados durante el cultivo.

**Tabla 3:** Resumen de los trabajos realizados en el ensayo de maíz abonado

<b>Ensayo de maíz abonado</b>	
Parcela elemental (m2)	36
<b>Fecha de siembra</b>	19/05/2011
Dosis de siembra Var Franki	100.000 pl/ha
Dosis de siembra Var Meribel	100.000 pl/ha
Fecha abonado de Fondo	18/05/2011
Aplicación herbicida	
Aplicación insecticida	24/05/2011    22/06/2011
Dosis de abonado de Fondo	100 kg/ha 0-14-14
Fecha de abonado de cobertera 1ª aplic.	23/06/2011
Fecha de abonado de cobertera 2ª aplic.	15/07/2011
<b>Dosis de abonado cobertera</b>	
0 NITRO	0 kg/ha
50 NITRO	50 kg/ha
100 NITRO	100 kg/ha
200 NITRO	200 kg/ha
<b>Fecha recolección</b>	03/10/2011

**Tabla 4:** Resumen de los trabajos realizados en el ensayo de sorgo abonado

<b>Ensayo de sorgo abonado</b>	
Parcela elemental (m2)	18
<b>Fecha de siembra</b>	20/05/2011
<b>Fecha de resiembra</b>	21/06/2011
Dosis de siembra Var Biomass 133	300.000 pl/ha
Dosis de siembra Var Velox	300.000 pl/ha
Fecha abonado de Fondo	18/05/2011
Dosis de abonado de Fondo	50 kg/ha 0-14-14
Aplicación herbicida	14/07/2011
Fecha de abonado de cobertera 1ª aplic.	15/07/2011
Fecha de abonado de cobertera 2ª aplic.	04/08/2011
<b>Dosis de abonado cobertera</b>	
0 NITRO	0 kg/ha
50 NITRO	50 kg/ha
100 NITRO	100 kg/ha
200 NITRO	200 kg/ha
<b>Fecha recolección</b>	18/10/2011



#### 4.1.6- Recolección

La recolección se realizó a mano por la imposibilidad de cortar con segadora las parcelas elementales, las plantas cosechadas pertenecían a las dos líneas centrales de cada parcela, en el caso del ensayo de abonado por que estas representan la dosis de abonado aplicada con mayor exactitud.

La cosecha comenzó por las parcelas de maíz Var. Meribel del ensayo de abonado por ser la variedad más temprana (ciclo 200), después le siguió el maíz Franki y una vez acabado se cosecharon las 2 variedades de sorgo.



**Figura 14:** Imagen de un haz de plantas de maíz del ensayo de abonado cosechado y listo para el transporte.

En el ensayo del maíz se cortaron 40 plantas al azar de las dos filas centrales de cada parcela; con ellas se hicieron haces de biomasa de los que en el mismo campo se calculó el peso fresco. Posteriormente se cogieron muestras para el cálculo de la humedad en el laboratorio

#### 4.1.7. Análisis estadístico

Con los resultados de producción de biomasa en fresco y en peso seco se realizó un análisis estadístico de la varianza para evaluar la influencia de la variedad y la dosis de nitrógeno en los resultados de producción de biomasa.

- Kilogramos de biomasa en fresco expresada en kilos por hectárea, en adelante Peso Fresco
- Kilogramos de materia seca de biomasa expresada en kilos por hectárea, en adelante Peso seco o materia seca.

#### Diseño experimental y modelo estadístico

Para la realización de los ensayo se ha utilizado un diseño de parcelas divididas o Split-Plot”.

Este tipo de diseños se emplean en experimentos factoriales cuando la naturaleza del experimento dificulta el manejo de las combinaciones de factores. El diseño facilita la realización de las tareas en el campo y mantiene agrupadas las combinaciones de tratamientos. Dicho diseño requiere la asignación de los tratamientos de un factor a parcelas principales y los tratamientos del otro factor a las subparcelas dentro de las parcelas principales. ( ver Little, T.M y Jacson, F., 1976, chap;8 Montgomery, D., 2002, chap 13).

En el diseño empleado el factor variedad se asigna a la parcela principal y el factor abonado a las subparcelas.

Este tipo de diseños suele sacrificar la precisión en la estimación de los efectos en la parcela principal, aunque aumenta la precisión para comparar los efectos de los tratamientos en las subparcelas. Esto se debe a que normalmente el error experimental para parcelas principales suele ser mayor que el error experimental utilizado para las comparaciones en las subparcelas.

#### Ensayo de abonado

Nº Bloques 3

Factor de la parcela completa: Variedad ( 4 niveles, 2 en maíz y 2 en sorgo)

Factor de la subparcela: Abonado ( 4 niveles)

#### Diagnosis del modelo

Una vez constituido el modelo y realizado el análisis de la varianza, conviene analizar si se cumplen las hipótesis básicas del mismo, es decir, si los errores son independientes, normalmente distribuidos y con varianza constante.

Para realizar dichas comprobaciones, se utilizarán procedimientos gráficos y test estadísticos apropiados sobre los residuos del modelo. En este trabajo se utilizará el Test de Shapiro-Wilk (Shapiro and Wilk 1965) para contrastar la normalidad y Test de Levene para contrastar a homogeneidad de varianzas.

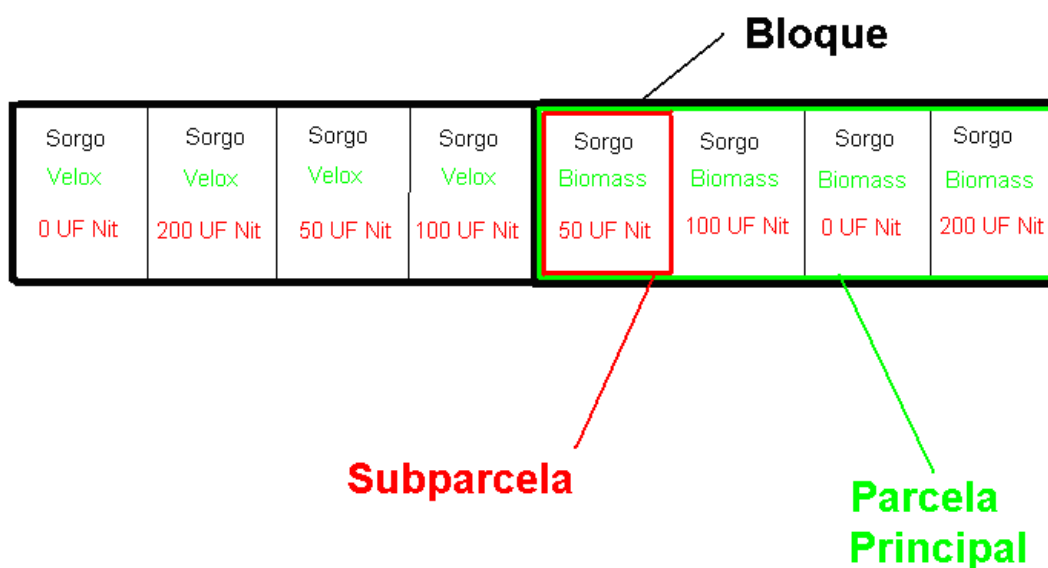


## Comparaciones múltiples de medias

Una vez realizado la validación del modelo y el análisis de la varianza, el siguiente paso es detectar entre qué combinaciones de tratamientos existen diferencias significativas en las medias de la variable respuesta. El análisis de varianza detecta diferencias significativas, pero no indica entre qué niveles del factor o combinaciones de factores se dan tales diferencias. Es por ello necesario realizar un test estadístico que nos indique qué niveles del tratamiento proporcionan medias de la variable respuesta estadísticamente significativas. Se ha trabajado con el Test de Tuckey, ya que este procedimiento asegura que el error tipo I cometido es el previamente establecido.

Todos los procedimientos se han realizado con el software R2.14.0 (R Development Core Team, 2010). En particular, la librería PASWR (Arnholt, 2009) asociada al texto (Ugarte, Militino and Arnholt, 2008) ha sido ampliamente utilizada en diversos aspectos del análisis estadístico. La librería Agricolae (Mendiburu, 2010) también ha sido utilizada para las comparaciones múltiples.

Las órdenes principales que se utilizaron en el programa “R” para la realización de los análisis estadísticos se encuentran en el **anexo 6**.

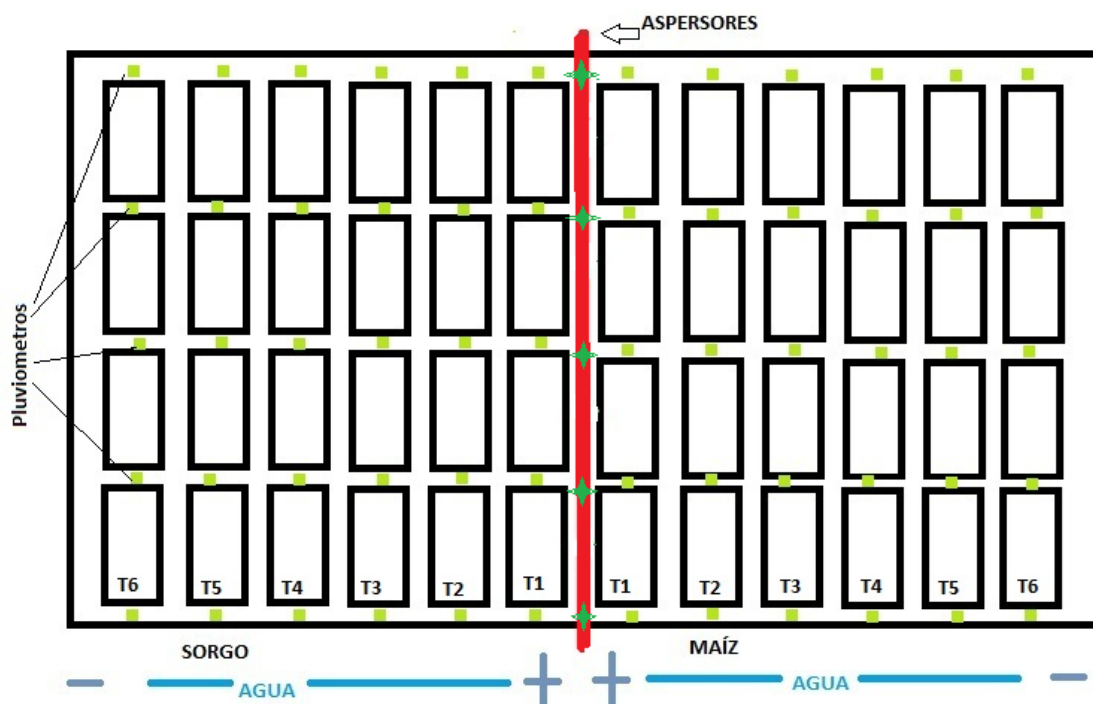


**Figura 15:** Imagen explicativa de los factores del ensayo de abonado.

## 4.2- Ensayo de riego

### 4.2.1- Planteamiento y diseño del ensayo

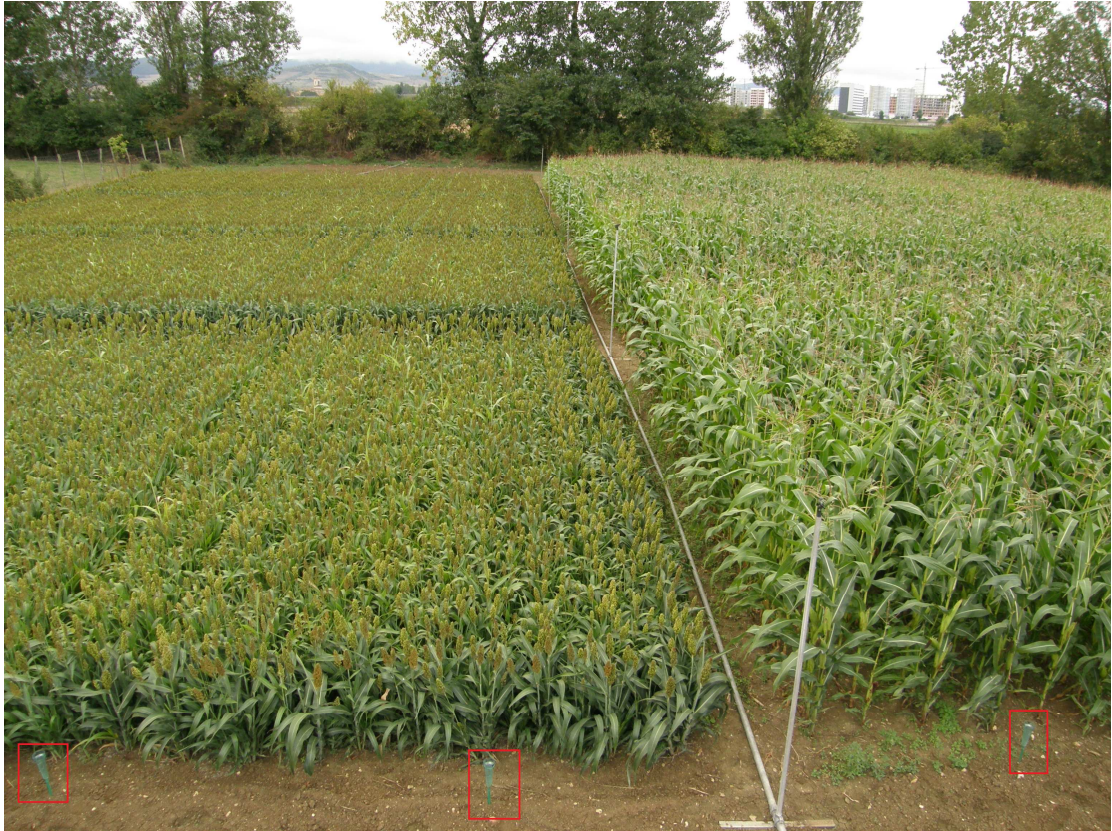
Las parcelas en el ensayo de riego tenían unas dimensiones de 10 m de largo x 3 m de ancho. Una fila de aspersores central (**figura 16**) dividía el ensayo en dos, dejando a un lado las parcelas de maíz y al lado opuesto las de sorgo.



**Figura 16:** Disposición de los aspersores y pluviómetros en el ensayo de riego.

Los pluviómetros se colocaron en el centro de cada parcela elemental, el primer pluviómetro se colocó a 2 m de la fila central de aspersores y la distancia entre cada aspersor fue de 3 m. En la figura se detalla la ubicación de cada uno, así como la distribución de los aspersores en la línea central.

Se colocaron los pluviómetros en los dos extremos de cada parcela elemental, y ambos en el centro de la misma con el objeto de recoger la cantidad más representativa del agua aportada en cada riego. El tratamiento situado al lado de la tubería de aspersores recibió la dosis óptima que cubre el 100% de las necesidades de la planta.



**Figura 17:** Imagen del ensayo de riego de maíz (derecha) y sorgo (izquierda). Los pluviómetros

En la **Figura 17** se aprecia el ensayo de riego, con el sorgo Velox a la izquierda y el maíz Franki a la derecha. Por en medio atraviesa la tubería de riego con los aspersores y en el primer plano se aprecian algunos pluviómetros.

Con este planteamiento se trataba de evaluar la influencia en las producciones de biomasa de una disminución progresiva de la dosis de riego desde el óptimo hasta la no aportación de agua.

Las aportaciones hídricas se realizaron atendiendo a las necesidades del cultivo, estas se calcularon en función de la evapotranspiración sufrida y las precipitaciones caídas durante el ciclo vegetativo de la planta

Los riegos se realizaron una vez por semana desde el comienzo del cultivo. La aportación de agua mediante aspersores se realizó a una presión constante, (3 bar), la duración del riego estaba en función de la dosis de agua a aportar. Antes de comenzar cada riego se vaciaban todos los pluviómetros para garantizar una medición mas precisa. Al acabar el riego se apuntaba la cantidad de agua de cada pluviómetro para desarrollar una curva de riego de cada uno de los 6 tratamientos.

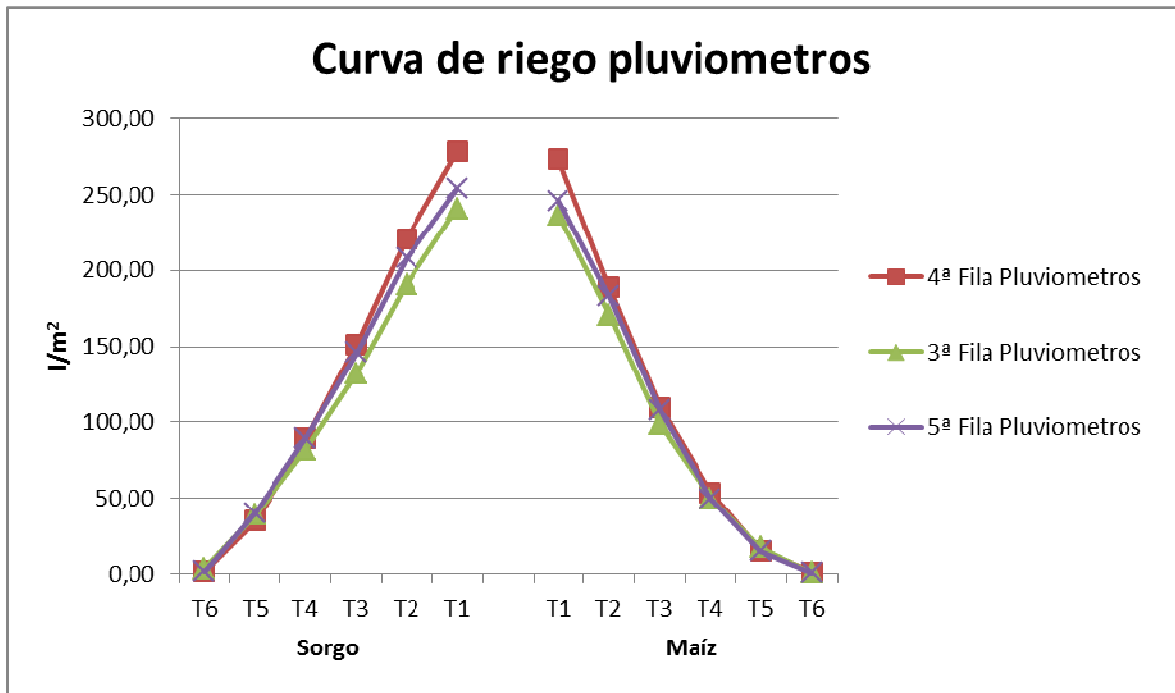
Las dos filas externas de pluviómetros del ensayo se desecharon por verse sus datos desvirtuados al no realizarse correctamente el solapamiento entre los aspersores.

**Tabla 5:** Lecturas recogidas en los pluviómetros durante todo el cultivo

Parcela	REP	TRAT	Maíz	Sorgo
1	R1	T1	179,40	170,10
2	R1	T2	106,30	125,10
3	R1	T3	69,50	101,00
4	R1	T4	29,30	66,40
5	R1	T5	10,50	34,10
6	R1	T6	0,50	3,00
7	R2	T1	221,30	226,50
8	R2	T2	167,80	187,40
9	R2	T3	100,30	131,30
10	R2	T4	48,10	80,50
11	R2	T5	15,00	36,50
12	R2	T6	0,50	1,30
13	R3	T1	210,60	212,90
14	R3	T2	155,80	170,80
15	R3	T3	91,00	117,30
16	R3	T4	47,90	72,80
17	R3	T5	17,40	35,40
18	R3	T6	0,70	3,40
19	R4	T1	244,20	249,30
20	R4	T2	173,50	200,80
21	R4	T3	102,00	136,90
22	R4	T4	51,80	80,10
23	R4	T5	15,10	31,90
24	R4	T6	1,00	1,50
25	R5	T1	195,30	198,00
26	R5	T2	137,20	148,70
27	R5	T3	84,90	99,60
28	R5	T4	50,40	65,90
9	R5	T5	13,30	33,10
30	R5	T6	0,50	2,00

En la **tabla 5** se muestran en color azul las lecturas de los pluviómetros eliminadas. Se realizaron las medias de las tres filas centrales para obtener de forma precisa las aportaciones de agua en las dos repeticiones centrales del ensayo.





**Figura 18:** Gráfica de las curvas del agua recogida en cada pluviómetro en el ensayo de riego

En la **figura 18** se muestran las lecturas totales de las tres filas centrales del ensayo. El eje de ordenadas aparecen medidas en litros. Estos pluviómetros reciben la misma cantidad de agua, dado que el solapamiento entre los aspersores ha sido verificado en cada uno de ellos.



**Figura 19:** Pasillo entre dos repeticiones del ensayo de riego donde se aprecian los pluviómetros.



#### 4.2.2- Labores del cultivo

Las labores realizadas en el ensayo de riego fueron las mismas que en el ensayo de abonado con excepción del abonado de fondo que se aportaron 500 kg del abono complejo 15-15-15 por hectárea.



**Figura 20:** Nascencia del ensayo de riego en maíz (derecha) y sorgo (izquierda)

El **ensayo de riego** de maíz se sembró con sembradora neumática de precisión (90.000 plantas por hectárea) mientras que para el ensayo de sorgo (300.000 plantas por hectárea) se utilizó una sembradora de cereal convencional.

#### 4.2.3 Aplicación de herbicidas e insecticidas

Se aplicó el herbicida PRIMEXTRA LIQUID GOLD en dosis de 4 l/ha, también se realizó un tratamiento insecticida con KARATE KING a una dosis de 0,24 Kg/ha.

En la **tabla 6** se presenta una relación de cada uno de los trabajos realizados durante el cultivo.

**Tabla 6:** Resumen trabajos ensayo de riego

<b>Ensayo de regadío</b>	
Parcela elemental (m <sup>2</sup> )	30
<b>Fecha de siembra</b>	18/05/2011
Dosis de siembra Maíz Var Franki	102.000 pl/ha
Dosis de siembra Sorgo Var Velox	300.000 pl/ha
Fecha abonado de Fondo	18/05/2011
Dosis de abonado de Fondo	500 kg/ha 15-15-15
<b>Fecha recolección</b>	02/11/2011



#### 4.2.4- Recolección

La recolección se realizó a mano por la imposibilidad de cortar con segadora las parcelas elementales, las plantas cosechadas pertenecían a las dos líneas centrales por ser el lugar en donde estaban ubicados los pluviómetros que se usaban para medir la cantidad de agua aportada.

Se cosecharon 1 m lineal de cada una de las dos filas centrales de cada parcela, tanto en el sorgo como en el maíz, se realizaron haces (**Figura 21**) con las plantas obtenidas y se pesaron para obtener el peso fresco de cada parcela elemental. Posteriormente se trasladaron al laboratorio para realizar el cálculo de la humedad.

Con los resultados de producción de biomasa en fresco y en peso seco se realizó un análisis estadístico de la varianza para evaluar la influencia de la variedad y la dosis de nitrógeno en la producción de biomasa.

- Kilogramos de biomasa en fresco expresada en kilos por hectárea, en adelante Peso Fresco
- Kilogramos de materia seca de biomasa expresada en kilos por hectárea, en adelante Peso seco o materia seca.



**Figura 21:** Imagen de los haces cosechados de sorgo Velox en el ensayo de abonado.

## 4.3- Doble aprovechamiento del grano en el cultivo de maíz

### 4.3.1 Planteamiento del ensayo

Se estudió, en las plantas de maíz del ensayo de abonado la posibilidad de utilizar el grano de maíz para alimentación animal. Se recolectaron mazorcas para posteriormente evaluar su aptitud para la elaboración de pienso mediante análisis bromatológicos y microbiológicos y así comprobar su calidad alimenticia según el Reglamento (CE) N° 178/2002 y sus modificaciones y salubridad e higiene a tenor de los niveles de micotoxinas permitidas en el maíz por el “Reglamento (CE) N° 1126/2007 DE LA COMISIÓN de 28 de septiembre de 2007” de la Unión Europea.

### 4.3.2- Diseño del ensayo

Se recolectaron en 2 repeticiones del ensayo, 3 mazorcas de cada parcela abonada con las dosis máxima (200 kg/ha ) y de cada parcela no abonada (0 kg/ha ). Las 3 mazorcas de cada parcela se introdujeron en bolsas de papel y fueron trasladadas al laboratorio para su conservación. Se recogieron 2 repeticiones para poder tener muestras duplicadas y para mantener una de las repeticiones en cámara de 4°C y la otra a temperatura ambiente 20-24° C durante 30 días.

**Tabla 7:** Relación de las muestras analizadas

Muestra	Referencia	
Maíz 1	Franki 200 UF	20-25 °C
Maíz 2	Franki 0 UF	
Maíz 3	Meribel 0 UF	
Maíz 4	Meribel200 UF	
Maíz 5	Franki 200 UF	4 ° C
Maíz 6	Franki 0 UF	
Maíz 7	Meribel 0 UF	
Maíz 8	Meribel200 UF	

Una vez transcurridos los 30 días las muestras fueron enviadas a la empresa NUTRIMENTOS DEZA, S.A. localizada en Silleda ( Pontevedra). Allí se realizaron los análisis bromatológicos y microbiológicos de las 8 muestras.



**Figura 22:** Mazorca de maíz para valorar su aptitud para la alimentación animal.



## 4.4- Análisis de la huella de carbono del ensayo de abonado y variedades

### 4.4.1- Huella de carbono

La huella de carbono cuantifica la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son liberados a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. Ésta se puede calcular para una organización, producto, obra o servicio. El cálculo se realizó mediante factores estándar establecidos que indican el CO<sub>2</sub> emitido con la realización de cada una de las labores del cultivo. Cada labor agrícola, trabajo y materia prima utilizada tiene sus factores específicos para obtener los Kg de CO<sub>2</sub> emitidos. En este proceso se tuvo en cuenta la fabricación y transporte de los fungibles y la energía consumida durante cada uno de los trabajos realizados.

### 4.4.2- Introducción al concepto de huella de carbono

La huella de carbono es la medida de las emisiones de GEI tanto directas como indirectas, generadas por la actividad humana o acumuladas a lo largo del ciclo de vida de un sujeto y contabilizadas en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Para poder definir mejor el concepto, es necesario diferenciar entre una huella de carbono y un inventario de emisiones de GEI. La primera abarca las emisiones asociadas a todo el análisis del ciclo de vida de un producto, servicio, organización o evento, mientras que el inventario de emisiones normalmente se queda un paso por detrás, abordando principalmente las emisiones asociadas al proceso productivo, al servicio, a la organización o al evento, es decir, a las emisiones directas

Sujeto: organización, producto, servicio, evento, edificio, etc.

El Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés) describe el impacto radiactivo, a lo largo del tiempo, de una unidad de masa de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por una unidad de CO<sub>2</sub>.

#### **Emisiones consideradas en la huella de carbono**

En el cálculo de la huella de carbono se tienen en cuenta las emisiones de GEI asociadas al ciclo de vida de las materias primas que se van a utilizar en el proceso productivo, pasando por el mismo, así como la distribución y el uso del producto y por último, la deposición final por parte del consumidor.

La unidad utilizada para el cálculo de la huella de carbono ha sido el kilogramo de CO<sub>2</sub> equivalente (kg CO<sub>2</sub>e). Las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente engloban las emisiones de todos los GEI considerados en el cálculo y se obtienen mediante el potencial de calentamiento de cada gas. El potencial de calentamiento permite comparar el efecto de un GEI con el CO<sub>2</sub>, de donde surge el término de CO<sub>2</sub>equivalente.

Los GEI típicamente considerados son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). En función del proceso se pueden tener en cuenta otros de origen industrial, como son las familias de los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

En este estudio, los GEI que se han considerado en el cálculo de cada una de las huellas de carbono han sido: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, debido a que no existen fuentes de emisión del resto de gases.

Existen diferentes tipos de emisiones que se tienen presentes en un análisis de este tipo y que resulta de interés comentar previamente. De acuerdo con la norma *Publicly Available Specification 2050* (PAS 2050, de aquí en adelante), desarrollada por *Carbon Trust*, British Standards Institution (BSI) y Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), las emisiones a tener en cuenta en el cálculo de una huella de carbono de un producto pueden diferenciarse en tres tipos:

• **TIPO 1. Emisiones directas.** Dentro de la categoría de emisiones directas se tienen en cuenta aquellas que se emiten en el momento de realización de la actividad, ya que derivan de fuentes que son gestionadas directamente por la organización. Un ejemplo claro de este tipo serían las emisiones derivadas del uso de combustibles consumidos en la maquinaria utilizada en el proceso productivo.

**TIPO 2. Emisiones indirectas.** Las emisiones indirectas son aquellas inducidas por la actividad objeto de análisis, pero que no se emiten en el lugar donde se realiza dicha actividad, ya que derivan de fuentes que no son propiedad o que no están controladas por la organización. Típicamente emisiones ligadas al consumo de electricidad y vapor de agua.

**TIPO 3. Otras emisiones indirectas.** En la última escala tendríamos otro rango de emisiones indirectas, también inducidas por la actividad pero imputables a otras organizaciones o servicios. Son, por ejemplo, las debidas a proveedores durante su relación con la actividad objeto de análisis: la producción de bienes adquiridos por la organización, el transporte en vehículos no gestionados por la organización, como puede ser el transporte de materias primas, o la gestión de los residuos. Por lo tanto, este último tipo hace referencia a los bienes o servicios que consume la organización en estudio o a las materias primas de las que está hecho el producto.

### **Alcance de la huella de carbono**

Según la PAS 2050 existen dos tipos de huellas de carbono que dependen del ciclo de vida considerado para el producto. Este tipo de estudios se basan en los análisis de ciclo de vida existentes en la ISO 14044:2006. En esta norma se diferencia entre un sistema de análisis “*cradle-to-gate*”, y un sistema de análisis “*cradle to grave*”.

**Cradle to Gate:** se incluyen las emisiones de GEI asociadas hasta que el producto, servicio o evento se entrega al cliente, como materia prima para otro proceso, o a otro fabricante para su posterior uso. Las fases de uso y desecho son obviadas.

**Cradle to Grave :** en este caso, las emisiones a considerar abarcan el ciclo de vida completo del producto y, por lo tanto, además de lo considerado en una huella de carbono tipo CTG, también se tiene en cuenta el uso y desecho del producto relativo al cliente o fabricante al que se le entrega el producto.

Por otra parte, **un aspecto importante a la hora de calcular la huella de carbono de un producto es definir la unidad funcional. La unidad funcional proporciona la base de comparación de las huellas de carbono de diversos productos dentro del mismo sector.**

Normalmente, ésta refleja el modo en el que el usuario consume el producto<sup>5</sup>. Dentro del alcance de cada una de las huellas de carbono, se señalará la unidad funcional utilizada en cada caso.

## 4.5- Análisis del balance energético del ensayo de abonado y variedades

### 4.5.1- Balance Energético

El balance energético es básicamente la diferencia entre la energía disponible por unidad de superficie y la energía necesaria para su producción. Dicho balance resulta positivo cuando la energía producida finalmente es mayor a la empleada en todas las fases del proceso.

En este trabajo para el cálculo de la energía producida en la transformación de la biomasa en energía eléctrica se eligió la Central Térmica de Biomasa que Acciona tiene en el término municipal de Sangüesa.

Para realizar el cálculo de la energía consumida por hectárea se han tenido en cuenta los consumos energéticos de todas las fases del proceso. En todo el proceso productivo se consideran tres fases que son:

- Fase agrícola
- Fase de transporte
- Fase industrial

#### Fase agrícola

Para el cálculo de la energía invertida en la fase agrícola se ha tenido en cuenta: Consumibles (semillas, fitosanitarios, abonos y riegos) y maquinaria (consumo de energía del tractor a calculado través del gasoil y aceite consumidos en los distintos trabajos).

#### Fase del transporte a planta

Se realizó el cálculo de la energía consumida en el transporte contabilizando los consumos de gasoil y aceite del camión encargado de llevar la biomasa. En cada viaje realizado el camión transportó 55 pacas de aproximadamente 400 Kg cada paca

#### Fase industrial

La energía consumida en la fase industrial es el consumo energético de la planta de combustión en el proceso de transformación de la biomasa. La planta nos proporcionó su rendimiento energético **(25 Mega Watios/hora inyectados a la red eléctrica producidos con 22 toneladas por hora de biomasa con un 14% de humedad )**.

En este proyecto se han realizado los balances energéticos a todos los tratamientos evaluados en los ensayos de abonado de maíz y sorgo, para ellos se han calculado todas las combinaciones posibles entre las dos variedades de maíz (Franki y Meribel) y las cuatro aplicaciones nitrogenadas (0 – 50 – 100 – y 200 Kg de N<sub>2</sub>/ha). El mismo número de balances se realizaron en el cultivo del sorgo, en este caso con las variedades Velox y Biomass y las mismas aplicaciones de nitrógeno.

Cuando posteriormente nos referimos al rendimiento del balance energético en MJ/ha se trata del dato obtenido de la resta entre la energía producida menos la consumida en el proceso. Cuando se obtiene un balance positivo significa que el proceso es energéticamente rentable y medioambientalmente sostenible. Se puede ver en el **Anexo 4** los balances para cada variedad y dosis de abonado.

## 5.- RESULTADOS

### 5.1- Ensayo de abonado y variedades

#### Maíz

Los resultados de producción de biomasa (Peso fresco y Peso seco) se muestran en la **tabla 8**.

**Tabla 8:** Resumen de los pesos y humedad de las parcelas de maíz del ensayo de abonado.

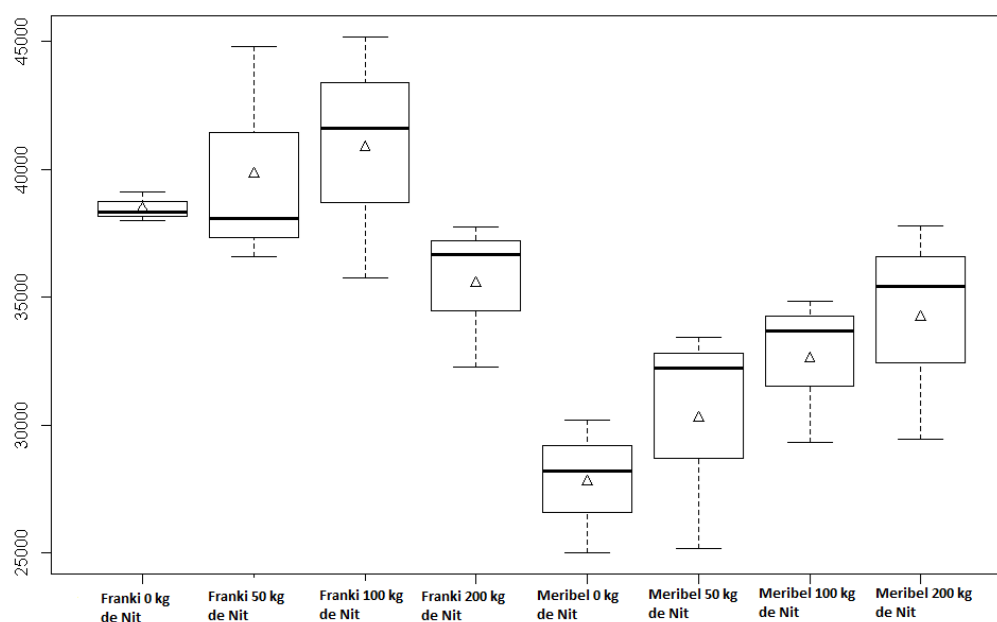
<b>MAIZ ABONADO</b>						
<b>Parcela</b>	<b>Variedad</b>	<b>Abonado (Kg N<sub>2</sub>/ha)</b>	<b>Peso (Kg/ha)</b>	<b>Fresco</b>	<b>Peso (Kg/ha)</b>	<b>Seco % Humedad</b>
1	Meribel	0	27329,37		14762,37	45,98
2	Meribel	200	34391,53		18646,03	45,78
3	Meribel	50	32933,86		18186,19	44,78
4	Meribel	100	40010,58		22988,19	42,54
5	Franki	50	45775,64		22910,09	49,95
6	Franki	100	52585,47		28248,00	46,28
7	Franki	0	44444,44		21104,27	52,52
8	Franki	200	44769,23		24178,70	45,99
9	Meribel	200	39203,70		20649,61	47,33
10	Meribel	50	28664,02		15185,68	47,02
11	Meribel	100	36605,82		19682,71	46,23
12	Meribel	0	26585,98		14235,87	46,45
13	Franki	100	44583,33		24235,83	45,64
14	Franki	50	51282,05		25568,82	50,14
15	Franki	200	44658,12		24562,86	45,00
16	Franki	0	42222,22		19383,25	54,09
17	Franki	200	34914,53		24287,65	30,44
18	Franki	50	37512,82		21472,52	42,76
19	Franki	0	47512,82		24001,38	49,48
20	Franki	100	45085,47		24595,93	45,45
21	Meribel	100	28227,51		17296,77	38,72
22	Meribel	50	32654,76		18062,27	44,69
23	Meribel	0	26190,48		14050,79	46,35
24	Meribel	200	35662,70		18452,82	48,26



La **figura 24** nos muestra un diagrama de cajas (box Plot) donde se pueden ver el rendimiento de Biomasa en **Peso fresco** para cada tratamiento (0, 50, 100 y 200 kg/ha de N<sub>2</sub>) de las dos variedades de maíz. Los triángulos situados en el interior de cada caja muestran la media aritmética del rendimiento en Kilos /ha.

Se aprecia un comportamiento muy diferenciado de las dos variedades de maíz. Se obtiene un mayor rendimiento con la variedad Franki pero la variedad Meribel presenta mejor respuesta a las aportaciones de nitrógeno como lo demuestran los resultados.

Estas apreciaciones han sido posteriormente validadas por el análisis de varianza y los test de separación de medias.



**Figura 24:** Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de **Peso Fresco** Variedades: Franki y Meribel Diagrama de cajas (box Plot) del ensayo de maíz abonado 2011.

La **tabla 9** muestra los resultados del análisis de varianza y la existencia de diferencias significativas entre las dos variedades ensayadas ( P-valor=0.0033). El factor abonado no fue significativo (P-valor=0.522) ni la interacción variedad - abonado que obtuvo un (P-valor=0.237).

**Tabla 9:** Análisis de varianza del ensayo de maíz en ABONADO 2011 Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Fresco Variedades: Franki y Meribel

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variedad	1	332992650	332992650	304.5	0.00327 **
Residuals	2	2186931	1093466		

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Abonado	3	38847617	12949206	0.792	0.522
Variedad:Abonado	3	79401125	26467042	1.618	0.237
Residuals	12	196316596	16359716		

Tanto el test de Shapiro- Wilk ( P-valor de 0.154), como el test de Levene ( P-valor=0.4549 agrupado por abonado) confirmaron la validez del modelo. Los valores  $R^2 = 0.723$  y el coeficiente de variación, 11.474 % confirmaron una realización correcta del ensayo.

**Tabla 10:** Separación de medias del ensayo de maíz abonado 2011 (Test de Tukey)  
Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Fresco Variedades: Franki y Meribel

Test de Tukey		
alpha: 0.05 ; Df Error: 12		
Honestly Significant Difference: <b>11953.18</b>		
Tratamientos		Rendimiento Kg/ha
a	FRANKI:100ufN	40.847
a	FRANKI:50ufN	39.813
ab	FRANKI:0ufN	38.477
abc	FRANKI:200ufN	35.543
abcd	MERIBEL:200ufN	34.213
bcd	MERIBEL:100ufN	32.608
cd	MERIBEL:50ufN	30.272
d	MERIBEL:0ufN	27.789

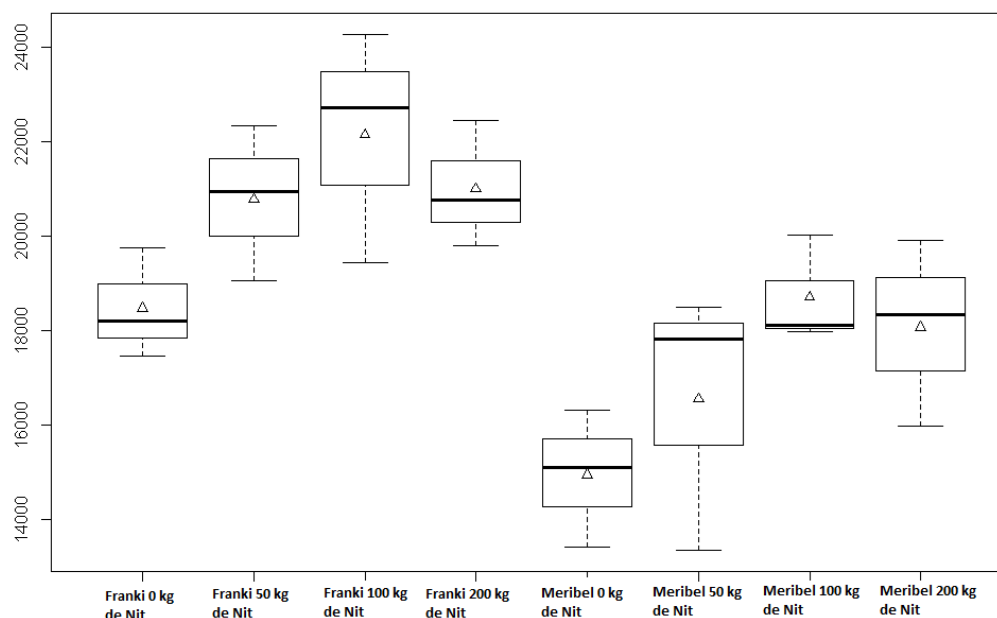
Los resultados del test de Tukey que se presentan en la **tabla 10** mostraron que no había diferencias significativas entre los distintos tratamientos dentro de cada variedad. Dicha diferencia se aprecia gráficamente con las letras de la columna de la izquierda donde tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas entre ellos.

### Conclusiones del ensayo

Se observaron diferencias significativas entre las variedades siendo la variedad Franki la más productiva.

En la variedad Meribel se observó una respuesta progresiva a las aportaciones de nitrógeno realizadas si bien dicha respuesta no fue significativa.

Cuando se analizan los resultados de producción de biomasa en **Peso seco**, el diagrama de cajas de la **figura 25**, muestra que la variedad Franki tuvo un mayor rendimiento y que la variedad Meribel tuvo una buena eficiencia en el uso del nitrógeno. También se observa una mejor eficiencia en el uso del nitrógeno que lo que permitían apreciar los resultados de peso fresco en la variedad Franki.



**Figura 25:** Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Seco Variedades: Franki y Meribel. Diagrama de cajas (box Plot) del ensayo de maíz abonado 2011.

.De la misma forma los resultados mostraron que con dosis de abonado superiores a 100 kg/ ha el rendimiento disminuía.

**Tabla 11:** Análisis de varianza del ensayo de maíz en ABONADO 2011. Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Seco Variedades: Franki y Meribel

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variedad	1	74949073	74949073	57.12	0.0171 *
Residuals	2	2624151	1312076		
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Abonado	3	45373869	15124623	3.792	0.0401 *
Variedad:Abonado	3	1297188	432396	0.108	0.9536
Residuals	12	47867640	3988970		

La **tabla11** muestra los resultados del análisis de varianza donde se observan diferencias significativas entre las dos variedades (Franki y Meribel) ensayadas (P-valor=0.0171). El factor abonado también fue significativo (P-valor=0.0401) y en cambio la interacción variedad abonado no lo fue (P-valor=0.9536).

Tanto el test de Shapiro- Wilk ( P-valor de 0.5885), como el test de Levene ( P-valor=0.343 agrupado por abonado) confirman la validez del modelo. Los valores  $R^2 = 0.7277$  y el coeficiente de variación, 10.609 % validan la realización del ensayo.

En la **tabla 12** volvemos a ver los resultados en la separación de medias en orden ascendente de mayor a menor y se aprecia que la variedad Franki tuvo un mejor rendimiento, donde a partir de 50 kg /ha de  $N_2$  el rendimiento supero al cualquiera de los tratamientos de la variedad Meribel.

**Tabla 12:** Separación de medias del ensayo de maíz abonado 2011 (Test de Tukey). Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Seco Variedades: Franki y Meribel

Test de Tukey		
alpha: 0.05 ; Df Error: 12		
Least Significant Difference <b>3553.077</b>		
	Tratamientos	Rendimiento Kg/ha
a	FRANKI:100ufN	22.135
ab	FRANKI:200ufN	20.993
ab	FRANKI:50ufN	20.774
abc	MERIBEL:100ufN	18.695
bcd	FRANKI:0ufN	18.466
bcd	MERIBEL:200ufN	18.062
cd	MERIBEL:50ufN	16.538

### Conclusiones del ensayo

La dosis de nitrógeno 100 Kg/ha en las dos variedades ensayadas (Franki y Maribel) presenta diferencias significativas con los testigos sin aportación nitrogenada de cada una de las dos variedades ensayadas.

La variedad Meribel, a pesar de tener un menor rendimiento muestra mejor respuesta en el uso del nitrógeno y una respuesta progresiva a las distintas dosis de abonado.



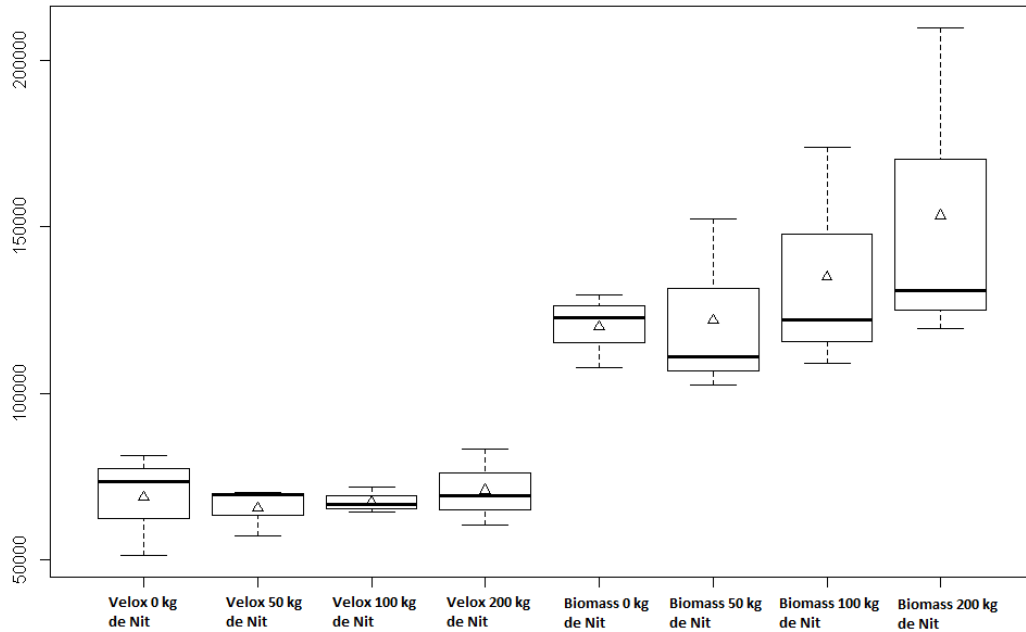
## Sorgo

Los resultados de producción de biomasa (Peso fresco y Peso seco) se muestran en la **tabla 13**. Se puede observar además en la tabla el porcentaje de humedad que tenía cada muestra en el momento de la recolección.

**Tabla 13:** Resumen de los pesos y humedad de las parcelas de sorgo del ensayo de abonado.

<b>SORGO ABONADO</b>						
<b>Parcela</b>	<b>Variedad</b>	<b>Abonado</b>	<b>Peso (Kg/ha)</b>	<b>Fresco Peso (Kg/ha)</b>	<b>Seco Peso (Kg/ha)</b>	<b>% Humedad muestra</b>
1	Velox	100	65252,73	30761,68	52,86	
2	Velox	0	81097,67	42022,95	48,18	
3	Velox	200	85819,25	38316,67	55,35	
4	Velox	50	70760,03	31667,38	55,25	
5	Biomass	100	179502,04	79535,28	55,69	
6	Biomass	50	106036,67	47786,67	54,93	
7	Biomass	0	131373,00	59427,00	54,76	
8	Biomass	200	217094,48	83583,59	61,50	
9	Velox	100	67732,59	29963,38	55,76	
10	Velox	0	75953,10	40661,59	46,46	
11	Velox	200	66137,75	29227,14	55,81	
12	Velox	50	70119,92	34670,02	50,56	
13	Biomass	0	157603,50	76495,50	51,46	
14	Biomass	100	136107,48	64520,30	52,60	
15	Biomass	200	144546,11	58867,28	59,27	
16	Biomass	50	173056,37	68403,59	60,47	
17	Biomass	200	152547,52	66808,93	56,20	
18	Biomass	50	127075,17	50559,00	60,21	
19	Biomass	100	104746,67	43350,00	58,61	
20	Biomass	0	115922,19	53601,48	53,76	
21	Velox	200	65240,14	28173,63	56,82	
22	Velox	0	52026,82	25537,39	50,91	
23	Velox	50	53082,38	28078,15	47,10	
24	Velox	100	67895,14	33643,50	50,45	

En la **figura 26** se muestra un diagrama de cajas a partir de los resultados de rendimiento de las dos variedades de sorgo (Velox y Biomass) en **Peso fresco** que se estudiaron, con los diferentes tratamientos (0,50,100 y 200 kg/ha N<sub>2</sub>). Los resultados indicaron que la variedad Velox tiene una menor respuesta a las aportaciones de nitrógeno y eso se aprecia en el grafico donde las cajas de los diferentes tratamientos se muestran al mismo nivel y sin apenas variaciones.



**Figura 26:** Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Fresco. Variedades Velox y Biomass Diagrama de cajas (box Plot) del ensayo de sorgo abonado 2011.

.En el caso de la Biomass por el contrario si que se vio una ligera respuesta al abondo como se aprecia en el grafico (**figura 26**).

**Tabla 14:** Análisis de varianza del ensayo de sorgo en ABONADO 2011. Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Fresco Variedades: Velox y Biomass

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variedad	1	2.480e+10	2.480e+10	65.33	0.015 *
Residuals	2	7.593e+08	3.796e+08		

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Abonado	3	1.309e+09	436375458	0.904	0.468
Variedad:Abonado	3	8.498e+08	283266807	0.587	0.635
Residuals	12	5.796e+09	482965156		

Los resultados del análisis de varianza que se ven en la **tabla 14** mostraron que el factor variedad presento diferencias significativas entre las dos variedades ensayadas ( P-valor=0.015).Por el contrario ni el factor abonado (P-valor=0.468) ni la interacción variedad- abonado (P-valor=0.635) fueron estadísticamente significativos.

Tanto el test de Shapiro- Wilk ( P-valor de 0.2099), como el test de Levene ( P-valor=0.6954 agrupado por abonado) confirman la validez del modelo. Los valores  $R^2 = 0.8420$  y el coeficiente de variación, 21.887 % confirman una realización correcta del ensayo.

Los resultados del Test de Tukey que se muestran en la **tabla 15** evidencian la diferencia de rendimiento que produjeron las dos variedades. Dentro de las mismas no se apreciaron diferencias significativas entre tratamientos pero si una gran diferencia de rendimiento entre ambas, mostrando la variedad Biomass prácticamente el doble de rendimiento.

**Tabla 15:** Separación de medias del ensayo de sorgo abonado 2011 (Test de Tukey)  
Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Fresco Variedades: Velox y Biomass

Test de Tukey		
alpha: 0.05 ; Df Error: 12		
Least Significant Difference 39095.99		
	Tratamientos	Rendimiento Kg/ha
a	Biomass:200ufN	153.311
a	Biomass:100ufN	134.892
a	Biomass:50ufN	121.940
a	Biomass:0ufN	120.076
b	Velox:200ufN	71.013
b	Velox:0ufN	68.772
b	Velox:100ufN	67.576
b	Velox:50ufN	65.678

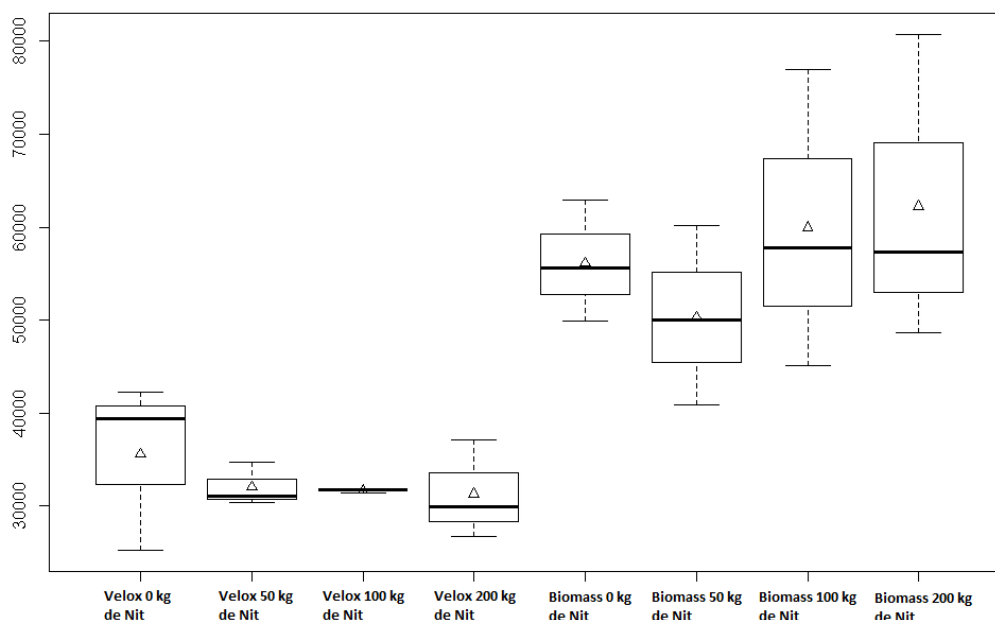
### Conclusiones del ensayo

La variedad Biomass ha obtenido rendimientos significativamente superiores a la variedad Velox. La variedad Biomass presenta una buena respuesta de producción con las progresivas aportaciones de nitrógeno.

La variedad Velox no presenta una respuesta a las aportaciones realizadas, mostrando una baja eficiencia en el uso del nitrógeno.

La mejor eficiencia del abonado unida a una mayor producción otorgan a la variedad Biomass un mayor potencial para la producción de biomasa.

La **figura 27** muestra el diagrama de cajas de los rendimientos del sorgo en **Peso seco**. Se sigue apreciando una baja respuesta al aporte nitrogenado de la variedad Velox y se observa también una menor influencia del nitrógeno en la variedad Biomass en comparación con los resultados obtenidos en peso fresco.



**Figura 27:** Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Seco Variedades: Velox y Biomass. Diagrama de cajas (box Plot) del ensayo de sorgo abonado2011.

Los resultados del análisis de varianza que se ven en la **tabla 16** mostraron que el factor variedad presento diferencias significativas entre las dos variedades ensayadas ( P-valor=0.178) como se ve en los análisis de peso fresco. Por el contrario ni el factor abonado (P-valor=0.680) ni la interacción variedad- abonado (P-valor=0.542) fueron estadísticamente significativos.

**Tabla 16:** Análisis de varianza del ensayo de sorgo en ABONADO 2011  
Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Seco Variedades: Velox y Biomass

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variedad	1	3.604e+09	3.604e+09	54.83	0.0178 *
Residuals	2	1.315e+08	6.573e+07		
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Abonado	3	113421025	37807008	0.515	0.680
Variedad:Abonado	3	165468416	55156139	0.751	0.542
Residuals	12	881078875	73423240		

Tanto el test de Shapiro- Wilk ( P-valor de 0.5952), como el test de Levene ( P-valor=0.9356 agrupado por abonado) confirman la validez del modelo. Los valores  $R^2 = 0.8385$  y el coeficiente de variación, 19.083 % confirman una realización correcta del ensayo.



**Tabla 17:** Separación de medias del ensayo de sorgo abonado 2011 (Test de Tukey)  
Rendimiento de biomasa en Kilos/ha de Peso Seco Variedades: Velox y Biomass

Test de Tukey		
alpha: 0.05 ; Df Error: 12		
Least Significant Difference 15243.72		
	Tratamientos	Rendimiento Kg/ha
a	Biomass:200ufN	62.219
a	Biomass:100ufN	59.965
a	Biomass:0ufN	56.104
ab	Biomass:50ufN	50.337
bc	Velox:0ufN	35.589
c	Velox:50ufN	32.048
c	Velox:100ufN	31.679
c	Velox:200ufN	31.275

El Test de Tukey que se aprecia la **tabla 17** mostró que los rendimientos de las dos variedades eran estadísticamente significativos y que los rendimientos de la variedad Biomass doblaron a los de la variedad Velox.

### Conclusiones del ensayo

La variedad Biomass manifiesta una respuesta a las aplicaciones de nitrógeno y un alto rendimiento. Estas características confirman su potencial en el la producción de biomasa. La variedad Velox no presenta potencial como productora de Biomasa.

Tras analizar los resultados obtenidos por la variedad **Biomass** propondríamos para la producción de Biomasa esta variedad, aplicando como dosis más alta un máximo de 100 uf de N<sub>2</sub>/ha. En función de la zona de cultivo (vulnerable) o si estuviera comprometida la rentabilidad del cultivo se aplicaría 0 uf de N<sub>2</sub>/ha hasta un máximo de 50 uf de N<sub>2</sub>/ha

## 5.2- Ensayo de riego

### Maíz

Los resultados de producción de biomasa (Peso fresco y Peso seco) se muestran en la **tabla 18**.

**Tabla 18:** Resumen de los pesos parcelas de maíz del ensayo de riego.

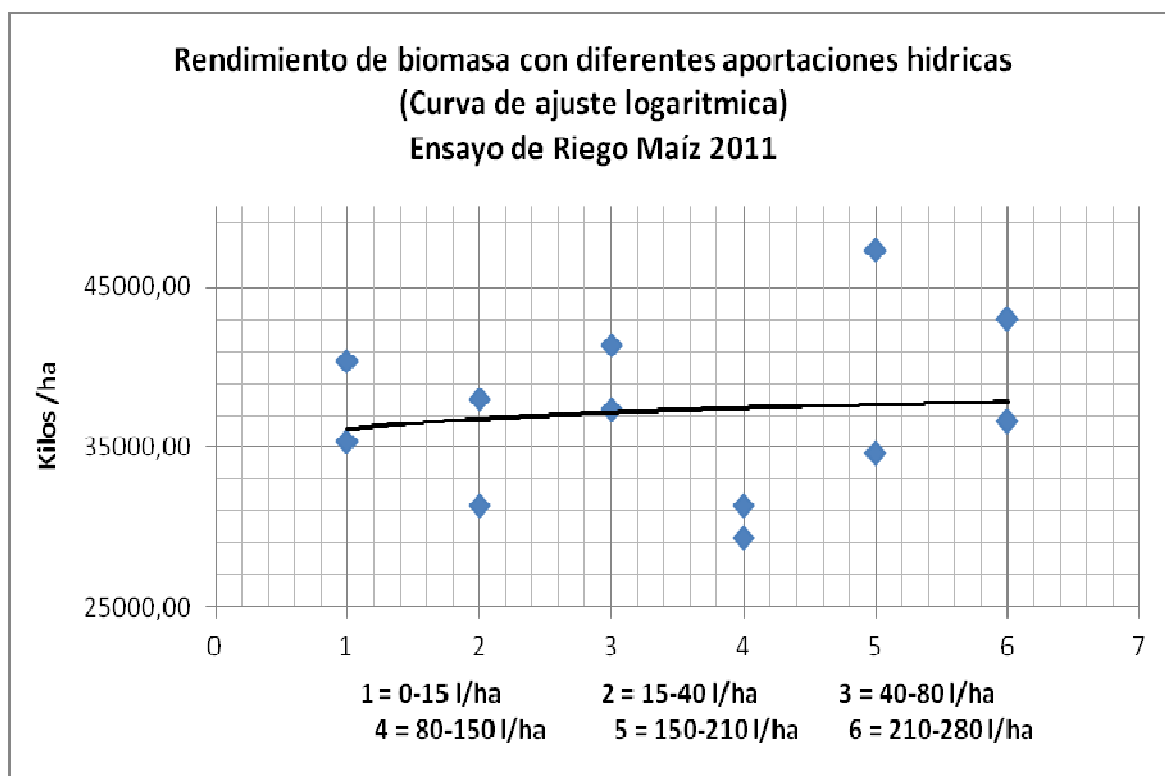
Maíz Riego								
Parcela	Riego	Peso de 2m lineal (kg)	Nº plantas	Peso fresco		Peso seco		Total peso fresco /ha
				P. Mazorcas (kg)	P. Biomasa(kg)	P. Mazorcas (kg)	P. Biomasa(kg)	
1	T1	5	11	2,28	2,78	1,628	1,037	33333,33
2	T2	5,15	13	2,51	2,61	1,649	0,953	34333,33
3	T3	5,6	12	2,89	2,79	2,049	1,287	37333,33
4	T4	6,1	11	3,1	2,65	2,29	1,356	40666,67
5	T5	7,05	12	3,06	3,8	2,605	1,565	47000,00
6	T6	3,8	14	1,93	1,94	1,367	0,705	25333,33
7	T1	6,45	13	2,84	3,38	2,073	1,117	43000,00
8	T2	7,1	12	3,35	3,68	2,472	1,497	47333,33
9	T3	4,4	11	2	2,44	1,388	0,983	29333,33
10	T4	6,2	12	3,04	3,1	2,246	1,424	41333,33
11	T5	5,7	13	2,54	3,09	1,761	1,180	38000,00
12	T6	5,3	13	2,35	2,87	1,66	0,983	35333,33
13	T1	5,5	12	2,56	2,92	1,806	1,062	36666,67
14	T2	5,2	11	2,52	2,75	1,767	1,034	34666,67
15	T3	4,7	12	2,43	2,43	1,573	1,031	31333,33
16	T4	5,6	13	2,79	2,88	1,951	1,036	37333,33
17	T5	4,7	12	2,2	2,54	1,595	0,823	31333,33
18	T6	6,05	14	2,8	3,43	1,959	1,716	40333,33
19	T1	4,1	11	1,88	2,18	1,387	0,818	27333,33
20	T2	5	12	2,34	2,68	1,708	1,005	33333,33
21	T3	4,6	13	2,27	2,34	1,576	0,925	30666,67
22	T4	3,2	12	1,61	1,69	1,042	0,596	21333,33
23	T5	4,2	10	2,11	2,28	1,495	0,870	28000,00
24	T6	3,3	13	1,68	1,7	1,204	0,668	22000,00

Los resultados del ensayo de riego en el cultivo del maíz (variedad Franki) nos muestran escasa respuesta a las aportaciones hídricas efectuadas. En la **tabla 19** se muestran las producciones obtenidas de biomasa en los distintos rangos de riego aplicado.

**Tabla 19:** Rendimiento de Biomasa con distintas aportaciones hídricas

Dosis de riego l/m <sup>2</sup>	Repetición	Kilos/ha de Biomasa en peso fresco
0-15	R1	35333,33
15-40	R1	38000,00
40-80	R1	41333,33
80-150	R1	29333,33
150-210	R1	47333,33
210-280	R1	43000,00
0-15	R2	40333,33
15-40	R2	31333,33
40-80	R2	37333,33
80-150	R2	31333,33
150-210	R2	34666,67
210-280	R2	36666,67

La **figura 28** nos muestra un grafico donde se relacionan los rendimientos del cultivo de maíz regadío con los diferentes rangos de aportaciones hídricas. Se puede observar los puntos de las dos repeticiones estudiadas y en general un ligero incremento de los rendimientos conforme se aumentaba el agua recibida.



**Figura 28:** Producción de biomasa (kg/ha) del maíz en el ensayo de riego respecto al aporte hídrico.

### Conclusiones del ensayo

El incremento de las aportaciones hídricas se ha traducido en un aumento de los rendimientos de biomasa. El incremento medio entre la dosis 0 sin riego y el rango de aplicación entre 230 – 280 L/m<sup>2</sup> es de 2000 Kg de biomasa. Este aumento de producción es muy leve y no justifica la aportación hídrica.

## Sorgo

Los resultados de producción de biomasa (Peso fresco y Peso seco) se muestran en la **tabla 20**.

**Tabla 20:** Resumen de los pesos y humedad de las parcelas de sorgo del ensayo de abonado.

Sorgo Riego								
Parcela	Riego	Peso de 2m lineal (kg)	Nº plantas	Peso fresco		Peso seco		Total peso fresco/ ha
				P. Flores (kg)	P. Biomasa(kg)	P. Flores (kg)	P. Biomasa(kg)	
1	T1	2,53	64	0,6	1,72	0,498	0,699	97307,69
2	T2	2,48	77	0,72	1,59	0,6	0,555	95384,62
3	T3	2,23	95	0,6	1,62	0,474	0,532	85769,23
4	T4	1,97	68	0,5	1,48	0,427	0,525	75769,23
5	T5	1,6	60	0,47	1,18	0,369	0,402	61538,46
6	T6	1,83	73	0,69	1,24	0,544	0,46	70384,62
7	T1	2,14	62	0,53	1,57	0,43	0,533	82307,69
8	T2	2,48	88	0,64	1,5	0,533	0,56	95384,62
9	T3	1,74	62	0,46	1,18	0,369	0,397	66923,08
10	T4	1,42	47	0,46	1,02	0,366	0,328	54615,38
11	T5	2,37	85	0,76	1,62	0,607	0,582	91153,85
12	T6	1,87	72	0,57	1,25	0,47	0,445	71923,08
13	T1	2,58	70	0,69	1,88	0,522	0,59	99230,77
14	T2	2,18	78	0,6	1,57	0,481	0,651	83846,15
15	T3	2,31	81	0,52	1,61	0,391	0,543	88846,15
16	T4	1,99	63	0,54	1,29	0,443	0,474	76538,46
17	T5	1,85	72	0,56	1,21	0,445	0,413	71153,85
18	T6	2,42	89	0,89	1,63	0,631	0,617	93076,92
19	T1	2,52	64	0,67	1,6	0,521	0,608	96923,08
20	T2	2,3	63	0,68	1,59	0,512	0,543	88461,54
21	T3	2,18	73	0,62	1,53	0,456	0,494	83846,15
22	T4	1,4	65	0,39	0,99	0,291	0,337	53846,15
23	T5	1,95	73	0,6	1,22	0,472	0,448	75000,00
24	T6	1,59	61	0,46	0,87	0,383	0,304	61153,85

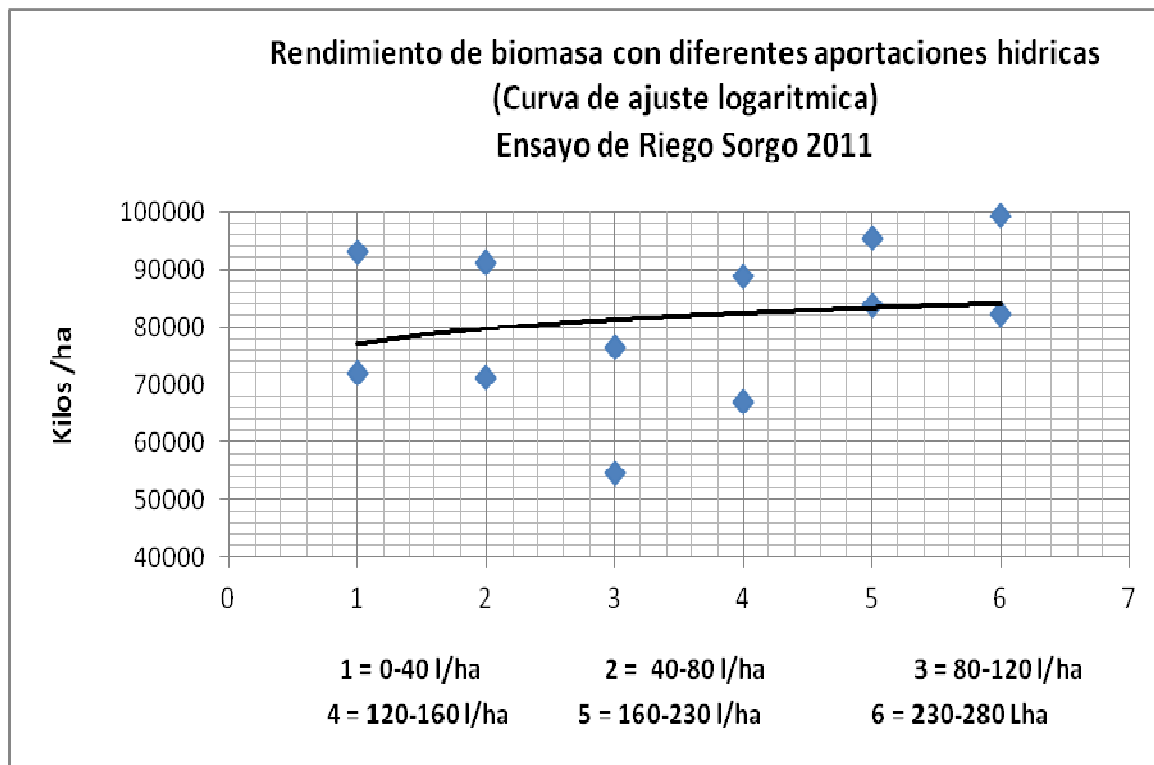
En el caso del Sorgo Velox también la aplicación de dosis de riego provoca un aumento en la producción de biomasa como podemos observar en la **tabla 21** en donde se muestran los diferentes rendimientos que se obtuvieron para las los seis rangos de dosis de riego de las dos repeticiones estudiadas.

**Tabla 21:** Dosis de riego y rendimiento

Sorgo		
Dosis de riego l/m <sup>2</sup>	Repetición	Kilos / ha de peso fresco Biomasa
0-40	R1	71923,0769
40-80	R1	91153,8462
80-120	R1	54615,3846
120-160	R1	66923,0769
160-230	R1	95384,6154
230-280	R1	82307,6923
0-40	R2	93076,9231
40-80	R2	71153,8462
80-120	R2	76538,4615
120-160	R2	88846,1538
160-230	R2	83846,1538
230-280	R2	99230,7692



En la **figura 29** se exponen gráficamente los resultados que se muestran en la **tabla 21**. Se aprecia que se produjo un ligero incremento de los rendimientos conforme se aumentaba la dosis de riego produciéndose un descenso y nuevo ascenso a la distancia de 11 metros desde el aspersor.



**Figura 29:** Producción de biomasa (kg/ha) del sorgo en el ensayo de riego respecto al aporte hídrico.

### Conclusiones del ensayo

Los datos del ensayo muestran de entre las dosis más alejadas (sin riego y máxima dosis) un incremento de 8000 kilos de biomasa /ha. Este incremento representa el 8% de la producción. Este incremento resulta insuficiente para poder justificar las aportaciones de riego en cultivos de esta variedad con destino biomasa.

### 5.3- Viabilidad del doble aprovechamiento del cultivo del maíz

A partir de las tablas de valores nutricionales medios propuestas por la FEDNA se comprobó mediante los datos de los análisis bromatológicos los valores nutricionales de las muestras de maíz enviadas.

#### Análisis bromatológico

FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal) es una Fundación docente sin ánimo de lucro creada por personas del ámbito universitario y del sector industrial privado. Su objetivo es el desarrollo de la nutrición animal dentro del ámbito español y la difusión de conocimientos de carácter científico sobre los últimos avances en nutrición y alimentación Animal.

**Tabla 22:** Resultados del análisis bromatológico de las 8 muestras del cultivo. (UF= kg/ha de N<sub>2</sub>)

	Mantenidas a 20-25°C durante 30 días				Mantenidas a 4°C durante 30 días			
	Franki 200UF	Franki 0UF	Meribe 1 0UF	Meribel 200UF	Franki 200UF	Franki 0UF	Meribe 1 0UF	Meribel 200UF
<b>Humedad (%)</b>	13,68	14,88	13,07	14,17	18,11	17,89	15,24	16,29
<b>Proteína bruta (%)</b>	8,03	7,32	6,95	7,58	8,08	7,52	6,49	7,8
<b>Fibra bruta (%)</b>	2,9	2,5	2,3	2,1	2,5	2,5	2	1,7
<b>Extracto etéreo (%)</b>	3,78	3,91	3,8	3,92	3,99	3,99	4,08	3,68
<b>Cenizas brutas (%)</b>	0,59	1,12	1,19	0,75	1	1,12	1,32	1,06
<b>Almidón (%)</b>	64,7	61,8	66,4	62,7	60,1	60,6	60,6	63,6

La **tabla 22** nos muestra una relación de los valores nutricionales analizados en las 8 muestras que se mandaron analizar.

Valores nutricionales medios emitidos por la Federación Española para el desarrollo de la nutrición animal y con los que comparamos nuestras muestras para comprobar su calidad alimenticia.

**Tabla 23:** Valores nutricionales medios según las tablas FEDNA

Tipo de harina	Humedad	Materia seca	Cenizas	Proteína bruta	Grasa vegetal	Fibra bruta	Almidón	Azucares
Maíz	13,70%	86,30%	1,30%	7,70%	3,24%	2,50%	63,40%	2%

#### Conclusiones del ensayo

Comparando los resultados con las tablas de la FEDNA se aprecia que en todos los casos las muestras analizadas están dentro de los rangos de los valores medios emitidos. La humedad de las muestras presentó una divergencia de entre 3 y 5 puntos porcentuales.

Las muestras que estuvieron los 30 días a 4 °C no pudieron llegar a niveles de humedad cercanos al 13 %. Basándose en los datos se puede decir que en lo que a valores nutricionales se refería, todas las muestras eran aptas y cumplían con los valores medios establecidos.

## Análisis Microbiológico

La otra cuestión fundamental en la alimentación animal, además de la calidad nutricional de los piensos, es la calidad microbiológica. Esta regulada por la Comisión Europea y para el maíz mas concretamente en el Reglamento (CE) N° 1126/2007. Este reglamento fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios por lo que se refiere a las toxinas de Fusarium en el maíz y los productos del maíz.

**Tabla 24:** Resultados del análisis microbiológicos de las 8 muestras del cultivo

	Mantenidas a 20-25°C durante 30 días				Mantenidas a 4°C durante 30 días			
	Franki 200UF	Frank 0UF	Merib 0UF	Meribel 200UF	Franki 200UF	Frank 0UF	Merib 0UF	Meribel 200UF
<b>Coliformes totales ( ufc/g)</b>	60	40	50	800	100	600	1100	40
<b>Escherichia coli (ufc/g)</b>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>Clostridium perfringens (ufc/g)</b>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<b>Vomitoxina (ppb)</b>	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
<b>Zearalenona (ppb)</b>	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
<b>Fumonisina (ppb)</b>	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
<b>Aflatoxina B1 (ppb)</b>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<b>Hongos (ufc/g)</b>	<1000	5500	<1000	<1000	<1000	3500	<1000	<1000

La **tabla 24** nos muestra una relación de los valores microbiológicos analizados en las 8 muestras que se mandaron analizar. Como podemos apreciar las únicas diferencias entre todos las muestras se dieron en los niveles de Coliformes que fluctuaron bastante pero siempre por debajo de las concentraciones máximas permitidas excepto en el caso de las muestra de Meribel 0 kg/ha mantenida a 4°C y por otro lado en los niveles de los hongos donde las dos muestras de Franki 0kg/ha presentaron mayor presencia, aun así mucho menor de la máxima permitida.

**Tabla 25:** Concentraciones máximas permitidas por la Comisión Europea.

Parámetro	Valor Límite
E.coli	Ausencia en 1g
Clostridium	<100 ufc/g
Hongos	<50000 ufc/g
Coliformes	<1000 ufc/g

**Tabla 26:** Valores orientativos de micotoxinas (en ppb) en los cereales y piensos para el consumo animal.

<u>Micotoxina</u>	<u>Productos destinados a la alimentación animal</u>	<u>Valor orientativo en ppb</u>
<b>Vomitoxina</b>	Cereales y productos a base de cereales, con excepción de los subproductos de maíz.	8000
	Subproductos de maíz.	12000
	Piensos complementarios y completos con excepción de:	5000
	1. piensos complementarios y completos para cerdos.	900
	2. piensos complementarios y completos para terneros (menores de cuatro meses), corderos y cabritos.	2000
<b>Zearalenona</b>	Cereales y productos a base de cereales, con excepción de los subproductos de maíz.	2000
	Subproductos de maíz.	3000
	Piensos complementarios y completos para lechones y cerdas nuliparas.	100
	Piensos complementarios y completos para cerdos de engorde.	250
	Piensos complementarios y completos para terneros, ganado lechero, ovejas (incluidos los corderos) y cabras (incluido los cabritos).	500
<b>Fumonisina</b>	Maíz y productos a base de maíz.	60000
	Piensos complementarios y completos para cerdos, caballos (equidos), conejos y animales de compañía.	5000
	Piensos complementarios y completos para peces.	10000
	Piensos complementarios y completos para aves del corral, terneros (menores de cuatro meses), corderos y cabritos.	20000
	Piensos complementarios y completos para rumiantes mayores de cuatro meses y visones	50000



**Tabla 27:** Concentraciones máximas (ppb, microgramos /Kg) tolerables para ciertas micotoxinas en el alimento completo y en diferentes especies animales.

<u>Animal</u>	<u>Zearalenona</u> (ppb.mo/Kg)	<u>Vomitoxina</u> (ppb.mo/Kg)	<u>Fumonisina</u> (ppb.mo/Kg)	<u>Aflatoxina</u> (ppb.mo/Kg)
Aves jóvenes (pollos, pollitas, patos, pavos)	30000	15000	5000	10
Aves adultas (pollos, patos, pavos)	40000	15000	8000	20
Gallinas ponedoras y reproductoras	30000	200	4000	20
Cerdos jóvenes (<34 Kg. de peso vivo)	100	200	1500	20
Cerdos adultos (34 a 57 Kg. de peso vivo)	200	250	1500	50
Cerdos adultos (>57 Kg. De peso vivo)	200	250	1500	100
Cerdas	50	250	2000	25
Verracos	50	250	1500	25
Terneros, Corderos, Cabritos.	250	1000	15000	10
Bovinos, Ovinos y Caprinos no lecheros	250	1000	35000	25
Bovinos, Ovinos y Caprinos lecheros	250	250	35000	5 a25
Caballos adultos no reproductores.	100	400	2000	50

### Conclusiones del ensayo

La cantidad de micotoxinas presentes estaban muy por debajo de los máximos permitidos.

La ausencia de micotoxinas en las muestras almacenadas a 20 -25 ° C indicó la ausencia de *Fusarium* y otros hongos micotoxigénicos, que son los que limitarían el uso de este maíz como alimentación animal.

Los coliformes dieron concentraciones muy diferentes en las muestras, pero no se puede achacar ni a la temperatura de almacenamiento ni a las dosis de nitrógeno empleadas. Son bacterias que se pueden encontrar ampliamente distribuidas por todos los ambientes incluso en la cámara de frío.

La legislación permiten concentraciones por encima de 1000 ufc/ ml en aguas de riego y en los análisis realizados no se superan estos niveles. Destacar la ausencia de *E.coli* en todas las muestras.

## 5.4- Huella de carbono de los cultivos de maíz y sorgo

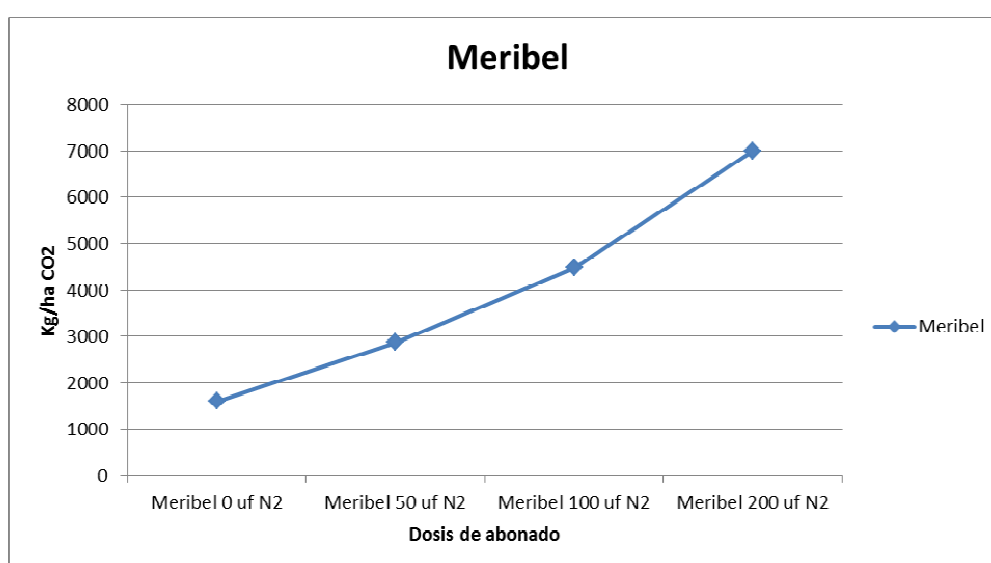
Se realizaron todos los cálculos necesarios para obtener las emisiones de  $\text{kg CO}_2\text{eq./ha}$  emitidas por cada dosis de cultivo. Se encuentran las tablas de los cálculos en el Anexo 5.

Seguidamente se muestran unas tablas resumen con los resultados de las emisiones en  $\text{Kg/ha}$  de  $\text{CO}_2$  para cada dosis de cultivo tanto del sorgo como el maíz, así como unas gráficas donde se observa visualmente esa relación.

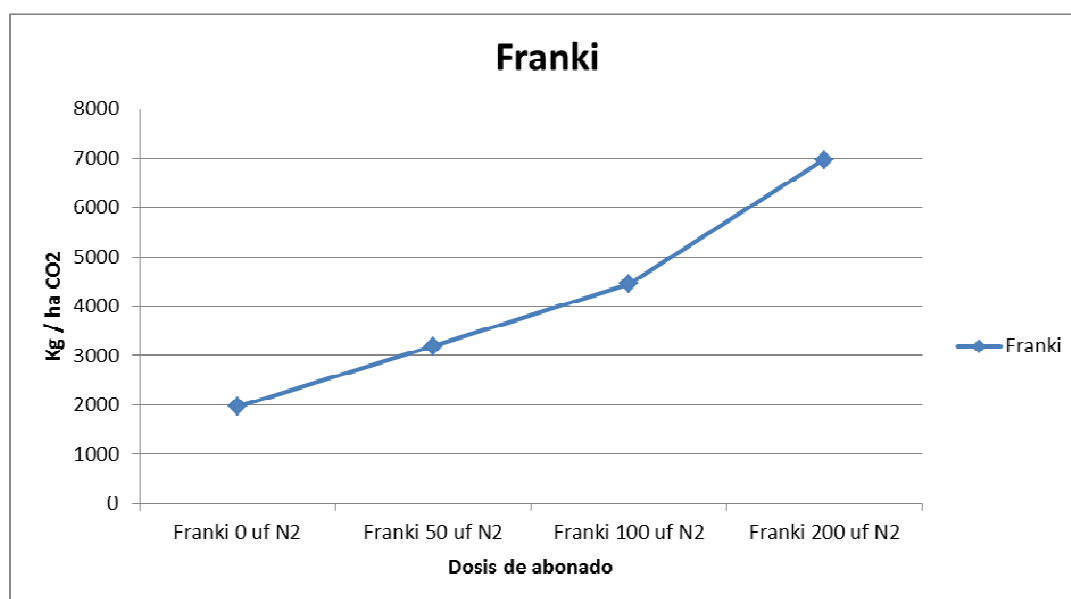
**Tabla 28:** Resumen de las relaciones variedad y dosis de abonado con las emisiones de  $\text{kg CO}_2\text{eq./ha}$  en maíz.

Cultivo	Kg $\text{CO}_2$ / ha
Meribel 0 uf N2	1608,48262
Meribel 50 uf N2	2869,82587
Meribel 100 uf N2	4482,15417
Meribel 200 uf N2	7005,58994
Franki 0 uf N2	1968,3423
Franki 50 uf N2	3190,79847
Franki 100 uf N2	4451,52869
Franki 200 uf N2	6974,96446

En la **tabla 28** se muestra las emisiones de  $\text{kg CO}_2\text{/ha}$  que se produjeron durante la fase del cultivo de cada uno de los 4 tratamientos de cada variedad de maíz (Franki y Meribel). Como se aprecia en las posteriores **figuras 30 y figura 31** el aumento de las emisiones es directamente proporcional al aumento de las dosis de abonado nitrogenado.



**Figura 30:** Relaciona las dosis de abonado con las emisiones de  $\text{kg CO}_2\text{eq./ha}$



**Figura 31:** Relaciona las dosis de abonado con las emisiones de kg CO<sub>2</sub>eq./ha

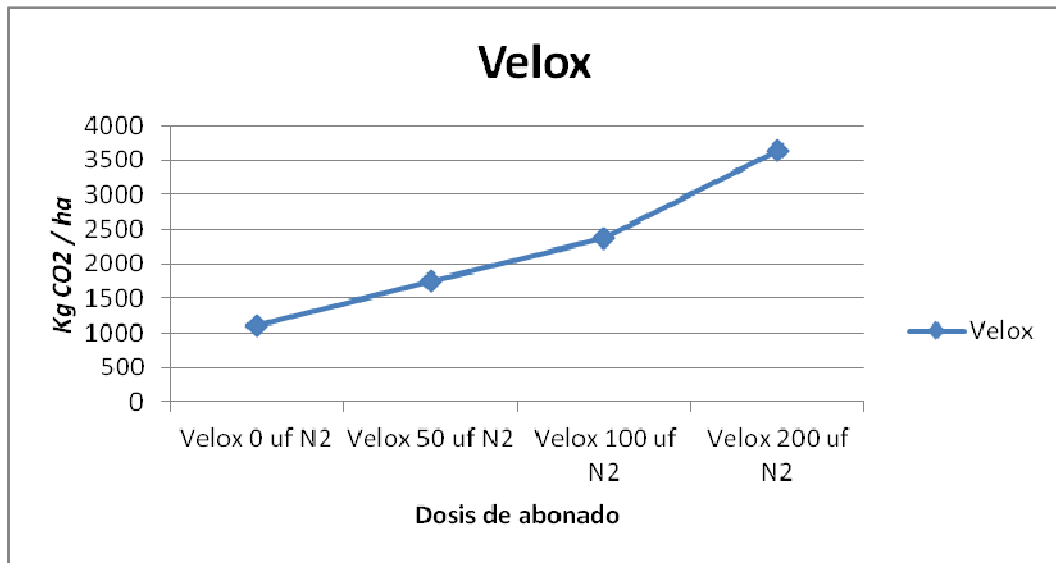
### Conclusiones del ensayo

La única diferencia en el cultivo del maíz para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq en ambas variedades son las dosis de nitrógeno aplicadas, lo cual provoca que las emisiones estén directamente relacionadas (**figuras 30 y 31**) con las dosis de abonado nitrogenado empleadas.

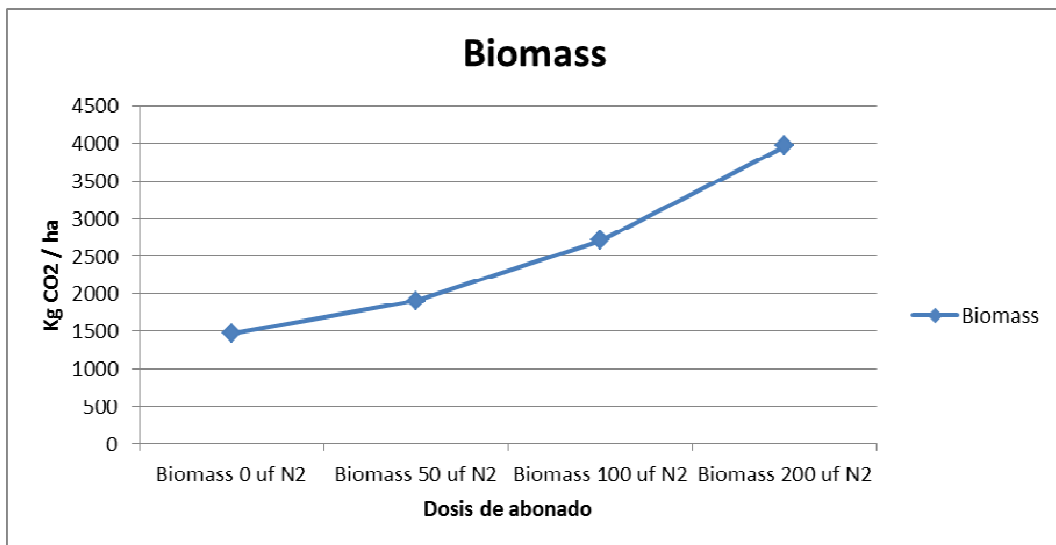
**Tabla 29:** Resumen de las relaciones variedad y dosis de abonado con las emisiones de CO<sub>2</sub>/ha en sorgo.

Cultivo	Kg CO <sub>2</sub> / ha
Velox 0 uf N <sub>2</sub>	1112,98338
Velox 50 uf N <sub>2</sub>	1743,65501
Velox 100 uf N <sub>2</sub>	2374,02012
Velox 200 uf N <sub>2</sub>	3635,738
Biomass 0 uf N <sub>2</sub>	1465,36272
Biomass 50 uf N <sub>2</sub>	1900,79177
Biomass 100 uf N <sub>2</sub>	2706,95592
Biomass 200 uf N <sub>2</sub>	3968,6738

En la **tabla 29** se muestran las emisiones de kg CO<sub>2</sub>/ha (Huella de carbono) que se produjeron durante la fase del cultivo de cada uno de los 4 tratamientos de cada variedad de sorgo (Velox y Biomass). Como se aprecia en las posteriores **figuras 32 y figura 33** el aumento de las emisiones es directamente proporcional al aumento de las dosis de abonado nitrogenado.



**Figura 32:** Relaciona las dosis de abonado con las emisiones de kg CO<sub>2</sub> eq./ha



**Figura 33:** Relaciona las dosis de abonado con las emisiones de kg CO<sub>2</sub> eq./ha.

### Conclusiones del ensayo

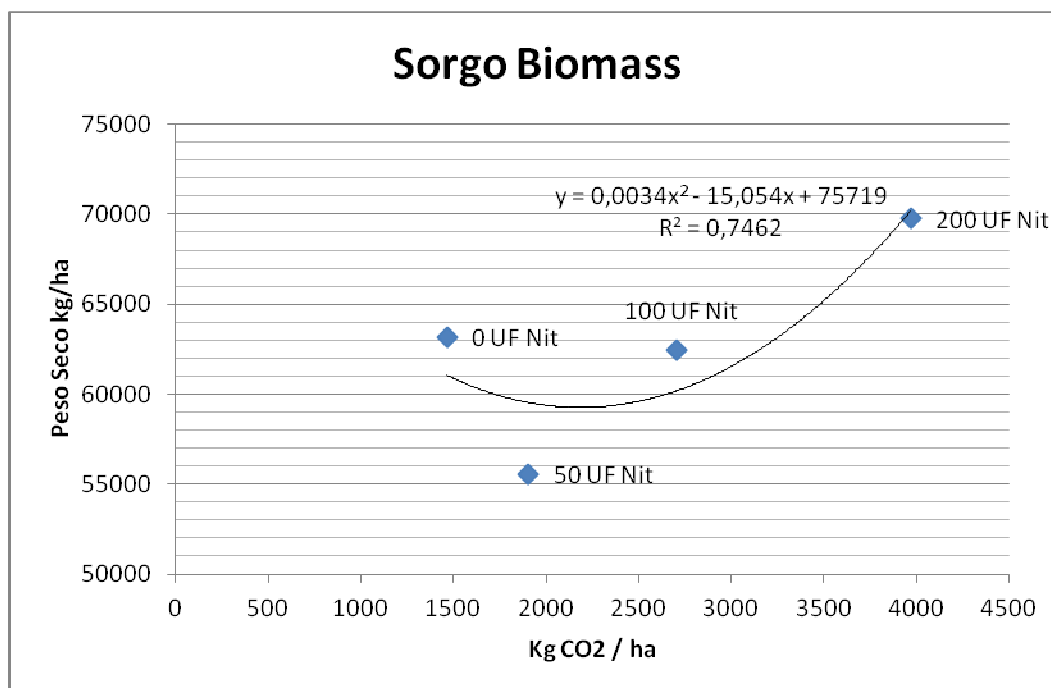
La única diferencia en el cultivo del sorgo para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq en ambas variedades son las dosis de nitrógeno aplicadas, lo cual provoca que las emisiones estén directamente relacionadas (**figuras 32 y 33**) con las dosis de abonado nitrogenado empleadas.

En la **tabla 30** y en las **gráficas 34 y 35** se muestran la relación entre los Kg CO<sub>2</sub> eq. /ha emitidos y los rendimientos en peso seco en el cultivo del sorgo.

**Tabla 30:** Relación variedades, abonados, emisiones y rendimientos.

**Sorgo**

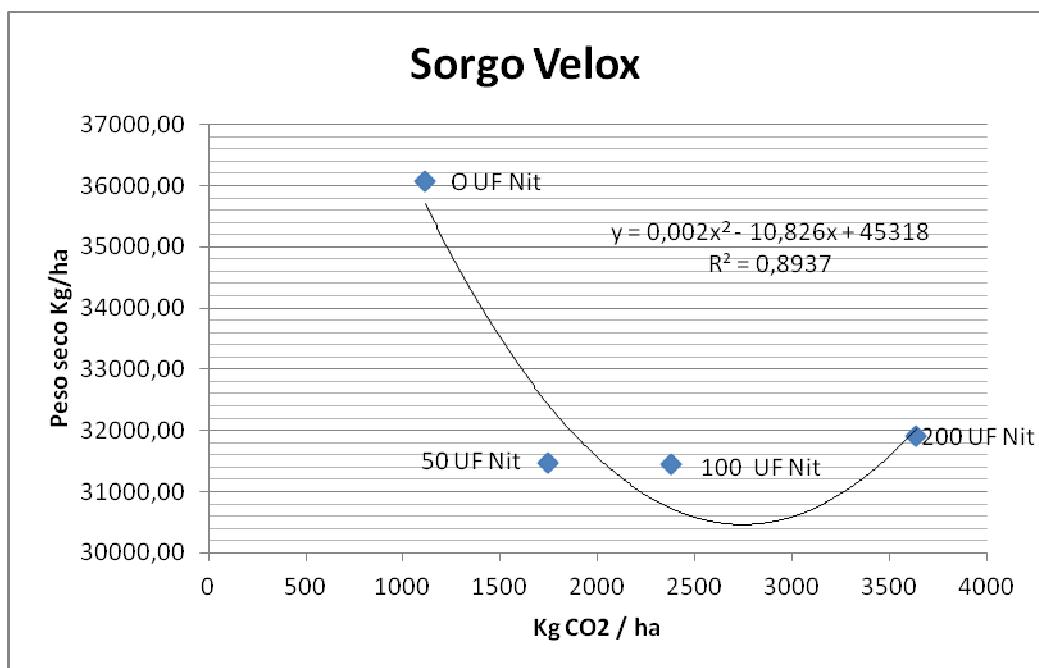
Cultivo	Kg CO <sub>2</sub> / ha	Kg/ha Seco
Velox 0 uf N2	1112,98338	36073,98
Velox 50 uf N2	1743,65501	31471,8532
Velox 100 uf N2	2374,02012	31456,1865
Velox 200 uf N2	3635,738	31905,8122
Biomass 0 uf N2	1465,36272	63174,6605
Biomass 50 uf N2	1900,79177	55583,0864
Biomass 100 uf N2	2706,95592	62468,52
Biomass 200 uf N2	3968,6738	69753,2654



**Figura 34:** Relación del rendimiento ( kg peso seco/ ha) con las emisiones de kg CO<sub>2</sub>eq./ha

En la **figura 34** vemos un gráfico en donde se han relacionado los rendimientos de cada tratamiento con las emisiones producidas durante el cultivo .Se aprecia en el caso del Biomass, que exceptuando para el abonado de 50 kg/ha de N<sub>2</sub>, se si que conforme se aumentan las dosis y las emisiones, también lo hacen los rendimientos pero no de forma proporcional.





**Figura 35:** Relación del rendimiento ( kg peso seco/ ha) con las emisiones de kg CO<sub>2eq</sub>/ha

En el caso del sorgo Velox como se aprecia en la **figura 35** y en la **tabla 30** conforme se incrementan las dosis de abonado y con ellas las emisiones no se produce un incremento de los rendimientos.

### Conclusiones del ensayo

La relación entre las emisiones de Kg CO<sub>2 eq</sub>/ha está ligada a las dosis de abonado. La variedad de sorgo Velox (**figura 35**) no responde significativamente al abonado, es por ello que los rendimientos no son proporcionales a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Basándonos en los resultados de la **figura 35** no se ha apreciado una respuesta positiva en el rendimiento debida al aumento de los abonados nitrogenados.

Por todo ello y en función de los resultados obtenidos no se aconseja la fertilización nitrogenada en la variedad Velox.

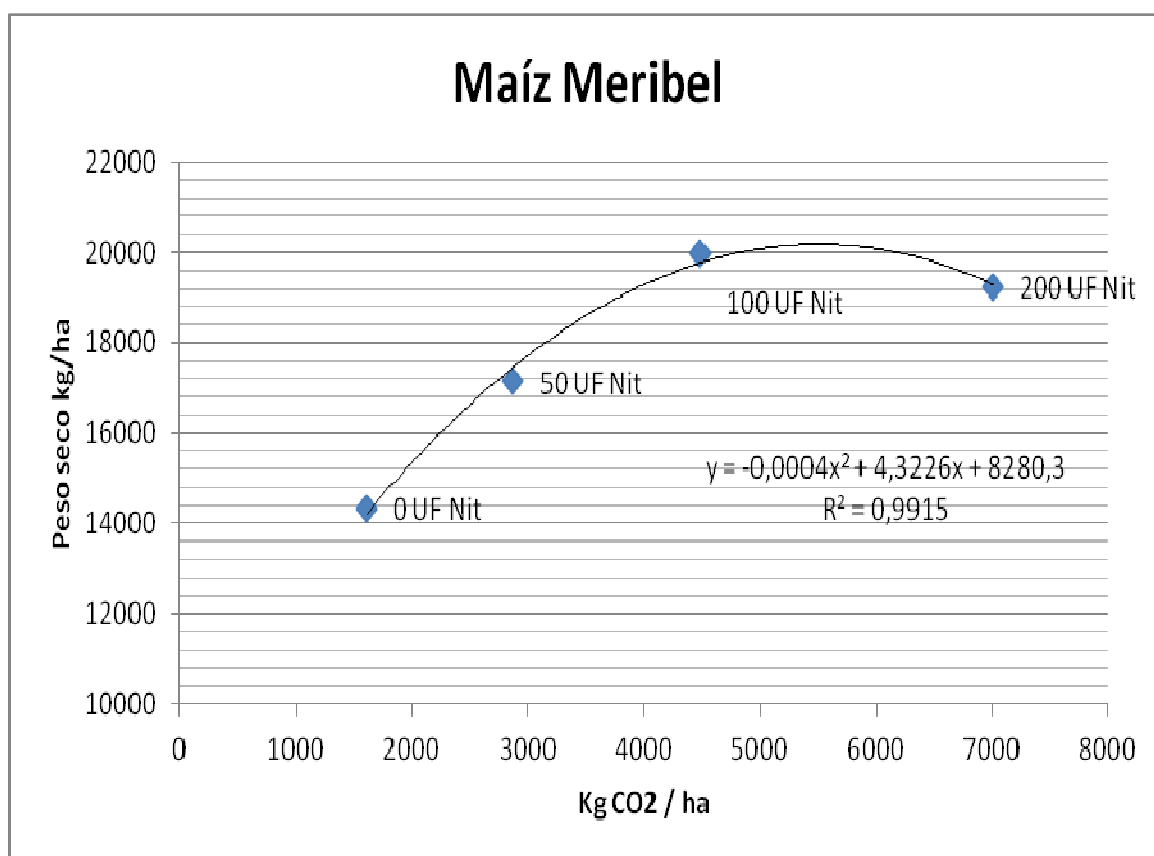
Por el contrario en la variedad Biomass (**Figura 34**) únicamente la dosis de 200 Kg de N<sub>2</sub> /ha provoca un aumento importante en el rendimiento (10,40 % sobre el testigo), que a su vez incrementa las emisiones de CO<sub>2 eq</sub> en un 170 % sobre el testigo.

A la vista de los resultados, en la variedad Biomass tampoco se aconseja la fertilización nitrogenada para la producción de biomasa.

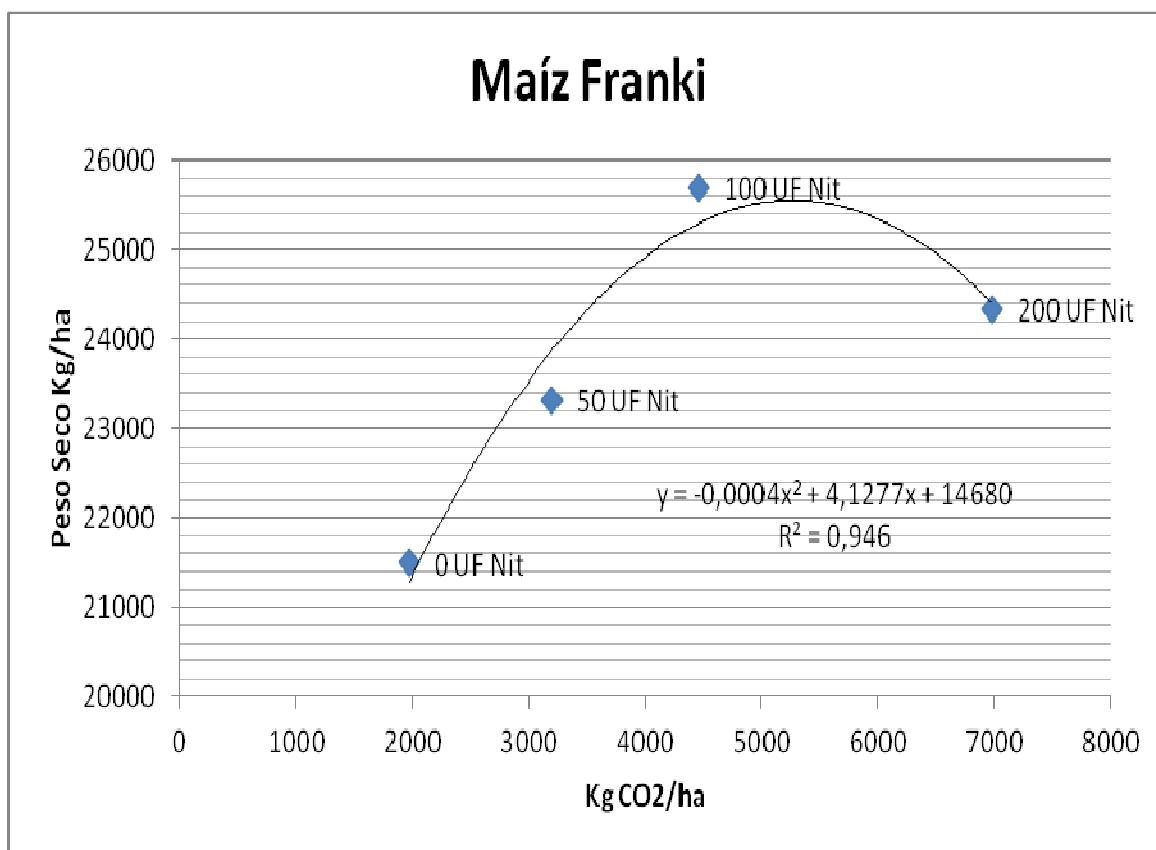
En la **tabla 31** y en las **gráficas 36 y 37** se muestran la relación entre los Kg CO<sub>2</sub> eq. /ha emitidos y los rendimientos en peso seco en el cultivo del maíz.

**Tabla 31:** Relación variedades, abonados, emisiones y rendimientos

Maíz		
Cultivo	Kg CO <sub>2</sub> / ha	Kg/ha Seco
Meribel 0 uf N2	1608,48262	14349,6764
Meribel 50 uf N2	2869,82587	17144,7125
Meribel100 uf N2	4482,15417	19989,2222
Meribel200 uf N2	7005,58994	19249,4877
Franki 0 uf N2	1968,3423	21496,302
Franki 50 uf N2	3190,79847	23317,1425
Franki 100 uf N2	4451,52869	25693,2536
Franki 200 uf N2	6974,96446	24343,0698



**Figura 36:** Relación del rendimiento ( kg peso seco/ ha) con las emisiones de kg CO<sub>2</sub>eq./ha



**Figura 37:** Relación del rendimiento ( kg peso seco/ ha) con las emisiones de kg CO<sub>2eq</sub>/ha

#### Conclusiones del ensayo

En las variedades de maíz se produjo un aumento de rendimiento debido a las dosis de abonado, aunque este no fue significativo.

En las **figuras 36 y 37** se aprecia que los rendimientos fueron proporcionales a las emisiones de CO<sub>2</sub>.eq.

La utilización de dosis de abonado superiores a 100 Kg/ha de Nitrógeno no se justifican ni por el aumento de rendimiento ni por el aumento de las emisiones que producimos.

## 5.5- Análisis del balance energético del ensayo de abonado y variedades

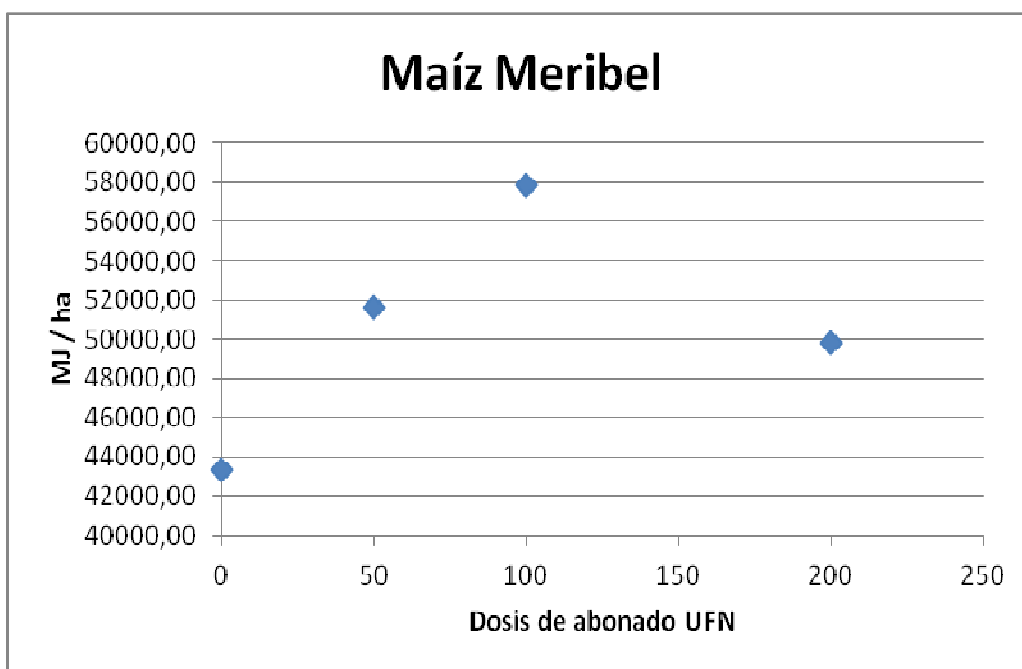
Se realizaron todos los cálculos para obtener los MJ/ha consumidos en cada trabajo de la fase agrícola y transporte y posteriormente se calcularon los MJ/ha producidos en la planta de biomasa. Los cálculos se muestran en el **Anexo 4**.

### Maíz Meribel

En la **tabla 32** se ven los resultados del balance energético en Mj/ha de energía y también en porcentaje. Lo que significa, por ejemplo, que para el maíz Meribel y la dosis de abonado de 0 kg /ha de N<sub>2</sub> se obtuvieron 43369,12 Mj/ha más de los que se consumieron en el ciclo del cultivo y que supuso un 4,39 % de rendimiento energético total. Del mismo modo se interpretan el resto de resultados de los demás tratamientos.

**Tabla 32:** Tabla resumen balance en MJ/ha y Rendimiento total en porcentaje

Maíz (UFN)	Meribel	Balance MJ/ha	Rendimiento Energético Total
0		43369,12	4,39%
50		51589,17296	4,33%
100		57863,71578	3,84%
200		49813,40022	2,95%



**Figura 38:** Relación Balance en MJ/ha y dosis de abonado.

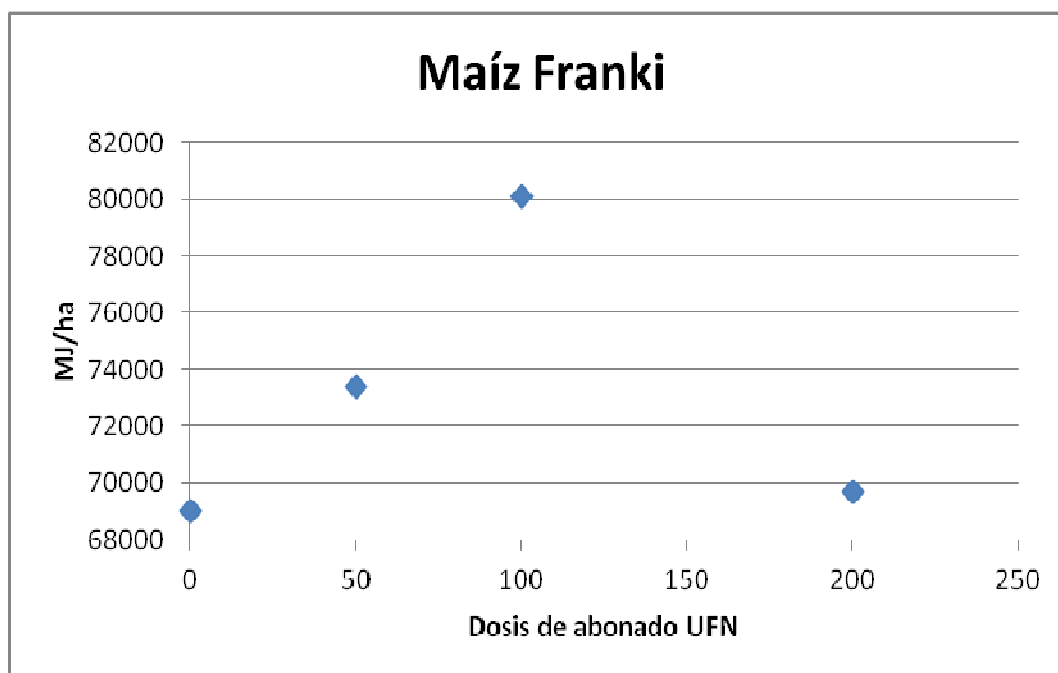
Se puede apreciar en la **Figura 38** y **tabla 32** que en todos los casos el balance fue positivo y que conforme fueron aumentando las dosis de abonado los MJ también crecieron, aumentando el rendimiento energético total del balance.

## Maíz Franki

**Tabla 33:** Tabla resumen balance en MJ/ha y Rendimiento total en porcentaje

Maíz Franki (UFN)	Balance MJ/ha	Rendimiento Energético Total
0	68998,91074	5,56%
50	73405,2883	5,11%
100	80129,62037	4,92%
200	69689,44481	3,72%

En la **tabla 33** se ven los resultados del balance energético en Mj/ha de energía y también en porcentaje. Lo que significa, por ejemplo, que para el maíz Franki y la dosis de abonado de 0 kg /ha de N<sub>2</sub> se obtuvieron 68998,91 Mj/ha más de los que se consumieron en el ciclo del cultivo y que supuso un 5,56 % de rendimiento energético total. Del mismo modo se interpretan el resto de resultados de los demás tratamientos.



**Figura 39:** Relación Balance en MJ/ha y dosis de abonado

En el maíz Franki, como se aprecia en la **figura 39**, al igual que en la variedad Meribel el balance es positivo, y también aumenta conforme se aumentan las dosis de .

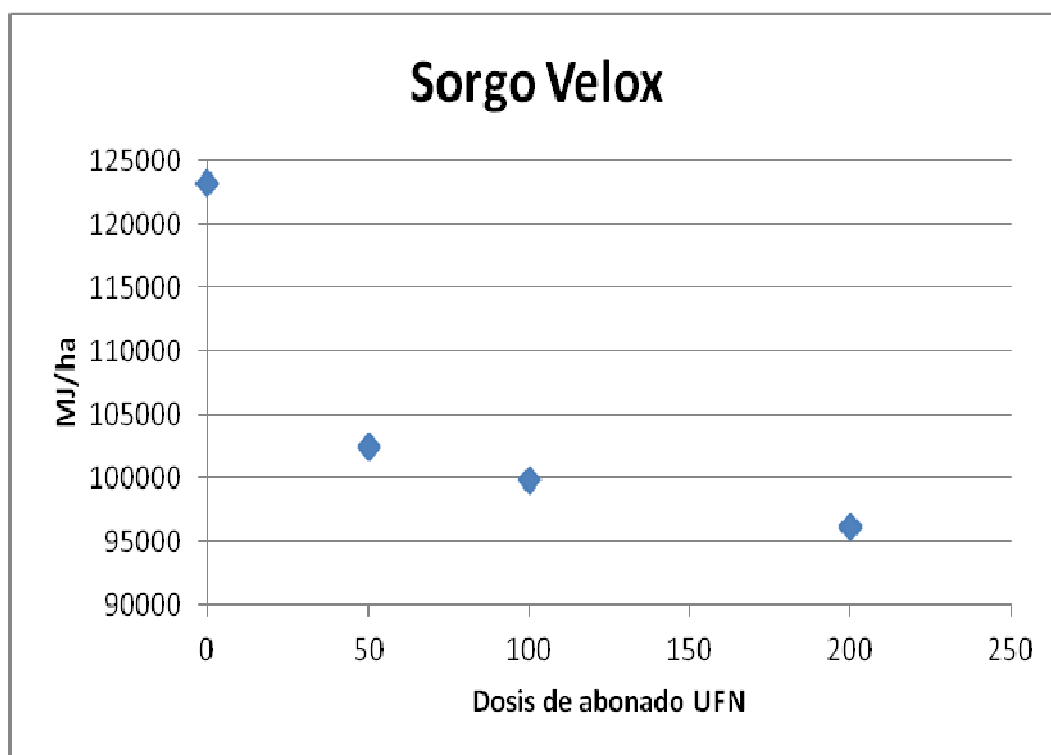


## Sorgo Velox

**Tabla 34:** Tabla resumen balance en MJ/ha y Rendimiento total en porcentaje

Sorgo Velox (UFN)	Balance MJ/ha	Rendimiento Energético Total
0	123190,236	7,84%
50	102458,3996	5,94%
100	99820,37156	5,29%
200	96122,294	4,38%

En la **tabla 34** se ven los resultados del balance energético en Mj/ha de energía y también en porcentaje. Lo que significa, por ejemplo, que para el maíz Franki y la dosis de abonado de 0 kg /ha de N<sub>2</sub> se obtuvieron 123190,23 Mj/ha mas de los que se consumieron en el ciclo del cultivo y que supuso un 7,84 % de rendimiento energético total. Del mismo modo se interpretan el resto de resultados de los demás tratamientos.



**Figura 40:** Relación Balance en MJ/ha y dosis de abonado.

En el sorgo Velox apreciamos en la **figura 40** que los balances para todas las dosis de abonado son positivos pero al contrario que en el maíz el aumento de las dosis de abonado no aumentó el balance si no que mínimamente lo redujo pero se sigue apreciando la disminución del rendimiento energético total conforme se aumentan las dosis de abonado

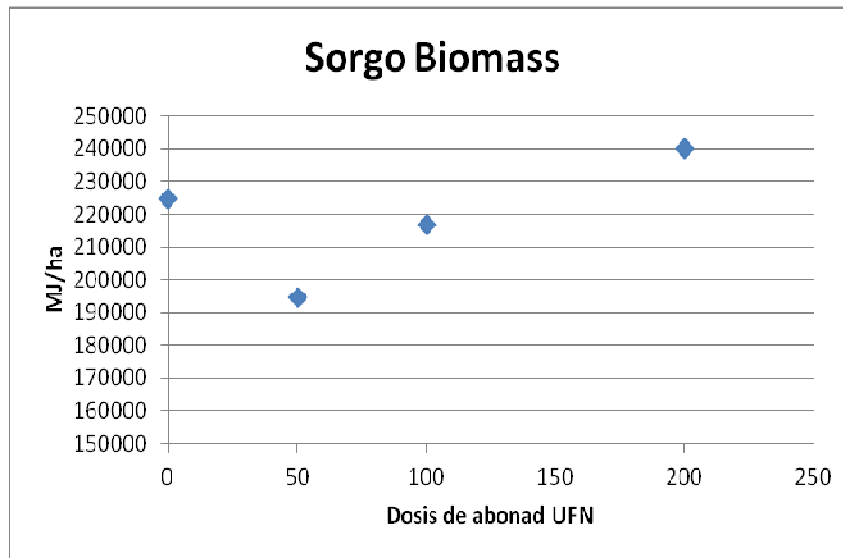
## Sorgo Biomass

**Tabla 35:** Tabla resumen balance en MJ/ha y Rendimiento total en porcentaje

Sorgo (UFN)	Biomass	Balance MJ/ha	Rendimiento Energético Total
0		224683,3644	10,95%
50		194533,1312	9,45%
100		216622,0679	8,77%
200		239979,8984	8,27%

En la **tabla 35** se ven los resultados del balance energético en Mj/ha de energía y también en porcentaje. Lo que significa, por ejemplo, que para el maíz Franki y la dosis de abonado de 0 kg /ha de N<sub>2</sub> se obtuvieron 224683,36 Mj/ha más de los que se consumieron en el ciclo del cultivo y que supuso un 10,95 % de rendimiento energético total. Del mismo modo se interpretan el resto de resultados de los demás tratamientos.

En la variedad Biomass, como se aprecia en la **figura 41** en la dosis de abonado de 0 NIT se produjo un balance superior a las dos siguientes dosis. A partir de las dosis de 50 NIT se produjeron incrementos progresivos de los balances.



**Figura 41:** Relación Balance en MJ/ha y dosis de abonado.

### Conclusiones del ensayo

En todas las dosis de abonado y en las 4 variedades, el resultado de los balances energéticos tiene un resultado positivo, produciendo más energía que la que consumen en el proceso y haciendo viable el uso de estos cultivos para producción de energía.

En todos los casos en las 4 variedades, el rendimiento energético total disminuye conforme aumentamos las dosis de abonado, como se aprecia en los porcentajes de las tablas 32, 33, 34 y 35.

El aumento de producción (energía) que se produce con los aumentos de nitrógeno, es inferior a la energía que se consume al incrementar las dosis.

## 6- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Nuestro país se encuentra actualmente en un periodo de lanzamiento de las energías renovables. En este momento el estado debe consolidar muchas de las estructuras creadas para la creación de energías limpias. La ley 2/2011 de 4 de marzo de economía sostenible es un marco que deberá dar estabilidad y solidez a los proyectos empresariales y técnicos que actualmente se están poniendo en funcionamiento.

Los resultados del trabajo que ahora discutimos aportan en el campo de la biomasa de origen agrícola pautas muy importantes a la hora de iniciar proyectos empresariales agrarios destinados a la producción de energías limpias. Actualmente la mayor parte del consumo térmico final de biomasa, más del 90%, proviene del sector forestal quedando muy al margen la biomasa de origen agrario. En este escenario se ha hecho por parte de las entidades participantes en este proyecto una apuesta decidida en investigación para demostrar que la producción de biomasa agraria, no como un subproducto de cultivos, si no como destino principal del mismo es posible

Los resultados de estudios de adaptación de cultivos energéticos en las distintas zonas agroclimáticas españolas han sido recogidos en un gran proyecto: Proyecto Singular Estratégico ON CULTIVOS (PSE ON CULTIVOS, [www.oncultivos.es](http://www.oncultivos.es)). En él han participado investigadores de las principales zonas agrícolas españolas, entre ellas el equipo de NEIKER. Los cultivos seleccionados para su valoración energética fueron forestales con marcos de plantación y turnos de corta muy reducidos así como cultivos herbáceos oleaginosos destinados a producción de biocombustibles. En cualquiera de los casos, todos ellos han sido elegidos por su alto grado de rusticidad que en la práctica se traduce unas necesidades de fertilizantes, pesticidas y de agua netamente inferiores a las de los cultivos tradicionales, con los consiguientes efectos medioambientales (Carrasco, 2006). Este trabajo, por el contrario estudia cultivos y variedades conocidas, con implantación en distintas áreas agrícolas cuya condición de plantas C4 les proporciona ventajas en eficiencia como sumideros de CO<sub>2</sub>. Tanto maíz como sorgo pueden formar parte de la rotación de los cultivos extensivos alaveses, adaptándose perfectamente a los ciclos agrícolas de otros más implantados como cebada de ciclo corto y leguminosas de siembra otoñal (Landeras y Ortiz, 2009).

Cuando se piensa en la potencialidad de la introducción de cultivos energéticos en una zona agrícola, se deben tener en cuenta aspectos socioeconómicos, agroclimáticos y medioambientales. Estos últimos, son los que fueron abordados en este estudio pero considerando los beneficios medioambientales derivados de la reducción de aportes de abonado y agua en dos cultivos maíz y sorgo forrajeros. Los resultados son traducidos en huella de carbono y balance energético de estos cultivos con aprovechamiento de cosecha para la producción de electricidad tras combustión.

Trabajos anteriores destacaron ya el potencial del sorgo forrajero y cardo (*Cynara cardunculus*,) para la producción de biomasa con destino térmico o eléctrico en zonas agroclimáticas húmedas y comparables a las alavesas (Carrasco, 2007). Sin embargo, no se había realizado hasta el momento el cálculo del balance energético de este cultivo, teniendo en cuenta el destino energético eléctrico; tampoco se había considerado antes el potencial de su grano para alimentación animal, esto es de su doble aprovechamiento. Este último punto es precisamente una de las ventajas que pudieran presentar los cultivos C4 estudiados en este trabajo: maíz y sorgo.

## **Producción Agrícola.**

Tras el estudio de distintas variedades, diferentes aportaciones de nitrógeno y diferentes aportaciones hídricas, los resultados obtenidos y expuestos en este trabajo avalan una metodología de cultivo con rendimientos muy satisfactorios de biomasa para su combustión y transformación en energía eléctrica. Tras cinco años de trabajos se está ya muy cerca de concretar una metodología de cultivo que el agricultor de la comarca pueda explotar y de esta forma enriquecer y aumentar sus alternativas a la hora de buscar una rentabilidad a terrenos de menor calidad e incluso a tierras de buena calidad al tratarse de cultivos cortos de verano que pueden ser fácilmente intercalarlos en las rotaciones más comunes en la llanada alavesa. (Reloso, 2010)

Los resultados ha revelado la influencia de las aportaciones nitrogenadas en el rendimiento de las distintas variedades de maíz estudiadas, con resultados por variedad significativamente distintos. Esto implica un manejo adaptado a cada variedad, resultado que puede poner en cuestión la dinámica llevada a cabo tradicionalmente por los agricultores en los cultivos forrajeros, donde el abonado se organiza por la producción esperada del cultivo y los recursos del suelo pero no teniendo en cuenta el potencial específico de la variedad (Piñeiro y col., 2001)

## **Balance energético**

Por otro lado se ha realizado un estudio detallado del balance energético de cada uno de los cultivos realizados concretándolo incluso en cada una de las combinaciones de variedad y abonado nitrogenado que se han estudiado. Este trabajo ha contado con un aliado muy importante que no es otro que la planta de combustión térmica de biomasa de Sanguesa, gracias a la cual se ha podido realizar un cálculo muy ajustado a la realidad de los coeficientes de transformación de la biomasa producida en kilowatios hora que posteriormente se inyectarán a la red eléctrica.

Estudios de la huella de carbono de distintos cultivos con destino energético muestran claramente que el manejo eficiente de la fertilización nitrogenada y del agua de riego son puntos clave para reducir la huella de carbono con ahorros del 35% de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) respecto a los combustibles fósiles (Lafarga,2012).

Los balances energéticos obtenidos en este trabajo, tanto para sorgo como para maíz en los condicionantes agronómicos estudiados, y con derivación de cosecha biomasa a 150 km del punto de producción, han resultado positivos. Confirman los obtenidos en otras zonas agrícolas cercanas, en los que tanto sorgo como maíz entran dentro de los cultivos más eficientes desde el punto de vista energético y de eficiencia de uso de agua y nitrógeno (Lafarga,2012).

Otro de las limitaciones que actualmente presentan los cultivos energéticos es la competencia por disponibilidad de tierra cultivable con los cultivos alimentarios. Por ello la introducción de los cultivos con fines energéticos debe hacerse con criterios de diversificación agronómica y energética o bien buscando el doble aprovechamiento: bioenergía y alimentación animal. En este trabajo se han medido parámetros nutricionales del grano que permiten asegurar que esta posibilidad es una opción a valorar en Álava.

## 7- CONCLUSIONES

1ª - Las 4 variedades de sorgo y maíz con todas las dosis de abonado ensayadas, presentan un balance energético positivo. La producción de biomasa produce más energía que la que se gasta en los procesos de la fase agrícola, transporte y fase industrial.

2ª - La variedad de maíz Franki obtiene rendimientos superiores a la variedad Meribel y ha demostrado su mejor respuesta en el uso del nitrógeno respondiendo de forma progresiva a las aplicaciones realizadas hasta un máximo de 100 kg/ha de N<sub>2</sub>.

3ª - La variedad de sorgo Biomass, por sus características morfológicas (gran tamaño) y su gran respuesta a las aplicaciones de nitrógeno tiene mayor potencial para la producción de Biomasa que la variedad Velox que ha demostrado una baja respuesta en el uso del nitrógeno y por sus características morfológicas (pequeño tamaño) no se observa aptitud para la producción de biomasa.

4ª - En la provincia de Álava, teniendo en cuenta el potencial productivo de la zona agroclimática y atendiendo a los resultados del año 2011, el ensayo de riego en maíz y sorgo mostró la posibilidad de obtener buenos rendimientos de biomasa sin aportaciones adicionales de riego, esto es como cultivo en seco.

5ª - Los análisis realizados nos indicaron que los granos de maíz forrajero con destino biomasa eran aptos nutricionalmente para el consumo animal. Podemos concluir que las variedades de maíz Franki y Meribel para producción de biomasa son aptas para el doble aprovechamiento.

6ª - Tras el estudio de la huella de carbono podemos concluir que el cultivo del sorgo en todas las aportaciones de nitrógeno realizadas emite de media un 72 % menos kilos de CO<sub>2</sub> eq que el cultivo del maíz. Dentro de las 2 variedades de sorgo empleadas la variedad Biomass emite como media un 13 % más que la variedad Velox, pero este incremento en las emisiones es debido a que la variedad Biomass tiene un rendimiento medio de biomasa un 75% superior. Teniendo en cuenta estos datos la variedad de sorgo Biomass es la que más potencial presenta como cultivo energético para la producción de biomasa.



## **8.- BIBLIOGRAFIA**

### **Libros**

**De Liñan C, (2008)** Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas.

**Fernández Salgado, J.M. (2010)** Guía completa de la biomasa y los biocombustibles. AMV Ediciones.

**García,F.J. ; Roselló,J,; Santamarina,M. (2006)**, Introducción al funcionamiento de las plantas. Editorial UPV

**Kolse,W.; Rincón,S.; Gomez,A.( 2010)**, Pirólisis de la biomasa. Cuesco de palma. Editado por la Biblioteca Nacional Alemana

**Sebastián Nogués, F; Reseau,A; Garcia-Galindo, D ( 2010)** Energías renovables. Energía de la biomasa ( Volumen 1). Universidad de Zaragoza

### **Artículos científicos**

**Acciona Energía. Plan Nacional de Investigación Científica Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007)** Proyecto Singular Estratégico “Desarrollo, demostración y evaluación de la producción de energía en España a partir de la biomasa de cultivos energéticos”.

**Biocarburantes Magazine ( Junio 2007, Septiembre 2007)**

**Carrasco, J.E. (2007)** “Los cultivos energéticos son una alternativa sostenible” Actualidad Energetica N° 18

**Carrasco, J.E. (2006)** “El Proyecto Singular y Estratégico sobre cultivos energéticos: una iniciativa para el desarrollo de actividad agrícola sostenible y la producción comercial de energía de la biomasa en España” Tecno Ambiete N° 160

**Europa. Comunicación de la Comisión, de 13 de noviembre de 2008** “,Eficiencia energética: alcanzar el objetivo 20%.”

**EVE, (2007)** “Estudio del marco actual de la bioenergía”

**Gobierno Vasco. Estrategia Energética Euskadi (2010)** “Hacia un Desarrollo Energético Sostenible”

**IDAE. Ministerio de Industria, Turismo Y Comercio (2009)** “Eficiencia de ahorro energético. Ahorro y Eficiencia Energética de los Cultivos Energéticos y Agricultura”

**IDAE. Ministerio de Industria, Turismo Y Comercio (2007)** “Energías Renovables. Biomasa. Digestores anaeróbios.”

**IDAE. Ministerio de Industria, Turismo Y Comercio (2007).** “Energías Renovables. Biomasa. Cultivos Energéticos”

**IDAE. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2005)** “Eficiencia y ahorro energético. Consumos energéticos de las operaciones agrícolas en España”

**Itg Agrícola Navarra (2010)** “Sorgo para biomasa.”

**Lafarga, A. (2012).** “Biocombustibles y cultivos energéticos. Producción agrícola de energías renovables”. Ed. INTEA-Navarra.

**Landeras,G; Ortiz, A. (2009)** “Potencialidad de Cultivos energéticos extensivos en la CAPV” . Informe de referencia EVE-NEIKER CULTEVE

**Ministerio de educación política social y deporte (España), (2008),** “Fuentes de energía para el futuro.”

**Ministerio de Educación y Ciencia (2006)** “Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles Alternativos para el Transporte”

**Piñeiro,J.; Castro, J. ; Blázquez, R.** “Abonado de cultivos forrajeros y pratenses”. . Ed. Centro de Investigación de Mabegondo

**Ranalli, A. (1999)** “Calidad del aceite de oliva virgen con relación a la zona de origen”, Grasas y Aceites, 50 (4), 249-259.

**Relloso. JB (2010)** “Evaluación de la influencia del abonado, la variedad y el riego en la producción de biomasa en plantas C4 (maíz y sorgo)”

**Schneider,H. (2009),** “La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes” Cepal

**Vesga,G, Lafarga.A. Neiker, Intia y Factor CO<sub>2</sub>. (2012)** “Optimización de las cadenas de valor en el sector agroalimentario del País Vasco: análisis del ciclo de vida y huella de carbono de la leche de ganado vacuno.”

## **Paginas web consultadas**

24/01/2012

<http://www.textoscientificos.com/energia/biomasa>

<http://www.cengicana.org/Portal/SubOtrasAreas/Cogeneracion/Presentaciones/CombustionPartirBiomasaCanera.pdf>

<http://www.labiomasa.es/Combustion-de-la-biomasa/9>

<http://www.istas.net/portada/bio05s.pdf>

[\[energia.es/areas\\\_actividad/biomasa/instalaciones/plantasanguesa/planta-de-biomasa-de-sanguesa-%2825-mw%29.aspx?id=2&desde=\]\(http://www.accion-energia.es/areas\_actividad/biomasa/instalaciones/plantasanguesa/planta-de-biomasa-de-sanguesa-%2825-mw%29.aspx?id=2&desde=\)](http://www.accion-</a></p></div><div data-bbox=)

[www.bun-ca.org/publicaciones/BIOMASA.pdf](http://www.bun-ca.org/publicaciones/BIOMASA.pdf)

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442007000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

26/01/ 2012

[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_10737\\_Biomasa\\_gasificacion\\_07\\_d2adcf3b.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10737_Biomasa_gasificacion_07_d2adcf3b.pdf)

<http://www.cengicana.org/Portal/SubOtrasAreas/Cogeneracion/Presentaciones/GasificacionPartirBiomasaCanera.pdf>

<http://www.euskalnet.net/gasbi/>

<http://www.biocarburante.com/gasificacion-de-la-biomasa-centrales-electricas-co2-e-hidrogeno/>

[http://www.soriactiva.com/Biodiversidad/JornadasBioenergia1/PDF/17\\_GASBI.pdf](http://www.soriactiva.com/Biodiversidad/JornadasBioenergia1/PDF/17_GASBI.pdf)

[http://www.eis.uva.es/energias-renovables/trabajos\\_07/Cogeneracion-Biomasa.pdf](http://www.eis.uva.es/energias-renovables/trabajos_07/Cogeneracion-Biomasa.pdf)

<http://www.caminoseuskadi.com/Demarcacion/Actividades/Biomasa/Plantas>

<http://limpiezastecnicasindustriales.com/plantasdebiomasa.pdf>

31/01/2012

[http://es.wikipedia.org/wiki/Zea\\_mays](http://es.wikipedia.org/wiki/Zea_mays)

<http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Maize>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sorghum\\_bicolor](http://es.wikipedia.org/wiki/Sorghum_bicolor)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Sorghum>

<http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Sorghum>

01/02/2012

[http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADa\\_de\\_4\\_carbonos](http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADa_de_4_carbonos)

03/02/2012

<http://profesores.sanvalero.net/~w0548/FSVdocumentos/Fotosintesis%20C3,C4%20y%20CAM.pdf>

<http://www.biomasaweb.com/2008/05/situacion-actual-de-la-biomasa/>

06/02/2012

<http://www.idae.es/index.php/id.674/relcategoria.3839/mod.pags/mem.detalle>

17/02/2012

<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/index-filer/academic/design/SplitPlot.pdf>

<http://www.biodisol.com/biocombustibles/la-biomasa-una-fuente-de-energia-muy-utilizada-pero-mal-aprovechada-energias-renovables-cultivos-energeticos/>

## 9.- ANEXOS

### Anexo 1

#### Cálculos de dosis de siembra de maíz y sorgo.

##### Maíz

##### Variedad Meribel Híbrido simple

###### Datos

- Peso de 1000 semillas = 242,8g
- Densidad de siembra = 100000 semillas / 10000m<sup>2</sup>

###### Cálculos

$$\begin{array}{l} 100000 \text{ semillas} \rightarrow 10000\text{m}^2 \\ X \text{ semillas} \quad \rightarrow 36\text{m}^2 \quad X = 360 \text{ semillas} / 18\text{m}^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ semillas} \rightarrow 242,8\text{g} \\ 360 \text{ semillas} \rightarrow Y \quad Y = 87,408\text{g de semillas de Meribel por parcela.} \end{array}$$

Como se utilizan 2 bolsas por parcela, cada bolsa deberá contener 43,704g de semilla.

##### Variedad Franki

###### Datos

- Peso de 1000 semillas = 288,5g
- Densidad de siembra = 100000 semillas / 10000m<sup>2</sup>

###### Cálculos

$$\begin{array}{l} 100000 \text{ semillas} \rightarrow 10000\text{m}^2 \\ X \text{ semillas} \quad \rightarrow 36\text{m}^2 \quad X = 360 \text{ semillas} / 18\text{m}^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ semillas} \rightarrow 288,5\text{g} \\ 360 \text{ semillas} \rightarrow Y \quad Y = 103,86\text{g de semillas de Franki por parcela.} \end{array}$$

Como se utilizan 2 bolsas por parcela, cada bolsa deberá contener 51,93g de semilla.

##### Sorgo

##### Variedad Biomass 133

###### Datos

- Peso de 1000 semillas = 29,4g
- Densidad de siembra = 300000 semillas / 10000m<sup>2</sup>

### Cálculos

$$\begin{array}{l} 100000 \text{ semillas} \rightarrow 10000\text{m}^2 \\ X \text{ semillas} \quad \rightarrow 18\text{m}^2 \end{array} \quad X = 540 \text{ semillas} / 18\text{m}^2$$

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ semillas} \rightarrow 29,4\text{g} \\ 540 \text{ semillas} \rightarrow Y \end{array} \quad Y = 15,87\text{g de semillas de Biomass por parcela.}$$

Como se utiliza 1 bolsas por parcela, cada bolsa deberá contener 15,87g de semilla.

### Variedad Velox

#### Datos

- Peso de 1000 semillas = 26,5g
- Densidad de siembra = 300000 semillas / 10000m<sup>2</sup>

### Cálculos

$$\begin{array}{l} 100000 \text{ semillas} \rightarrow 10000\text{m}^2 \\ X \text{ semillas} \quad \rightarrow 18\text{m}^2 \end{array} \quad X = 540 \text{ semillas} / 18\text{m}^2$$

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ semillas} \rightarrow 26,5\text{g} \\ 540 \text{ semillas} \rightarrow Y \end{array} \quad Y = 14,31\text{g de semillas de Velox por parcela.}$$

Como se utiliza 1 bolsas por parcela, cada bolsa deberá contener 14,31g de semilla.



## ANEXO 2

### Cálculo de las dosis de abonado

#### Maíz

##### Dosis de 0 kg/ha

Ningún tipo de aplicación

##### Dosis de 50 kg/ha

$$\begin{array}{l} 50 \text{ ufn} \rightarrow 10000\text{m}^2 \\ X \rightarrow 36\text{m}^2 \end{array} \quad X = 0,18 \text{ ufn}$$

El abono base es NAC 27% N

$$\begin{array}{l} 100\text{kg abono base} \rightarrow 27\text{kg ufn} \\ Y \rightarrow 0,18 \text{ ufn} \end{array} \quad Y = 0,666\text{kg de abono base por parcela}$$

Como se realiza la aportación en dos veces se aplicaron:

- 1º -> 0,33 kg de abono por parcela
- 2º -> 0,33 kg de abono por parcela

##### Dosis de 100 kg/ha

$$\begin{array}{l} 100 \text{ ufn} \rightarrow 10000\text{m}^2 \\ X \rightarrow 36\text{m}^2 \end{array} \quad X = 0,36 \text{ ufn}$$

El abono base es NAC 27% N

$$\begin{array}{l} 100\text{kg abono base} \rightarrow 27\text{kg ufn} \\ Y \rightarrow 0,36 \text{ ufn} \end{array} \quad Y = 1,33\text{kg de abono base por parcela}$$

Como se realiza la aportación en dos veces se aplicaron:

- 1º -> 0,66 kg de abono por parcela
- 2º -> 0,66 kg de abono por parcela

##### Dosis de 200 kg/ha

$$\begin{array}{l} 200 \text{ ufn} \rightarrow 10000\text{m}^2 \\ X \rightarrow 36\text{m}^2 \end{array} \quad X = 0,72 \text{ ufn}$$

El abono base es NAC 27% N

$$\begin{array}{l} 100\text{kg abono base} \rightarrow 27\text{kg ufn} \\ Y \rightarrow 0,72 \text{ ufn} \end{array} \quad Y = 2,66\text{kg de abono base por parcela}$$

Como se realiza la aportación en dos veces se aplicaron:

- 1º -> 1,33 kg de abono por parcela
- 2º -> 1,33 kg de abono por parcela

## **Sorgo**

### **Dosis de 0 kg/ha**

Ningún tipo de aplicación

### **Dosis de 50 kg/ha**

50 ufn -> 10000m<sup>2</sup>

X -> 18m<sup>2</sup>                      X = 0,09 ufn

El abono base es NAC 27% N

100kg abono base -> 27kg ufn

Y -> 0,09 ufn                      Y = 0,333kg de abono base por parcela

Como se realiza la aportación en dos veces se aplicaron:

1º -> 0,166 kg de abono por parcela

2º -> 0,166 kg de abono por parcela

### **Dosis de 100 kg/ha**

100 ufn -> 10000m<sup>2</sup>

X -> 18m<sup>2</sup>                      X = 0,18 ufn

El abono base es NAC 27% N

100kg abono base -> 27kg ufn

Y -> 0,18 ufn                      Y = 0,666kg de abono base por parcela

Como se realiza la aportación en dos veces se aplicaron:

1º -> 0,33 kg de abono por parcela

2º -> 0,33 kg de abono por parcela

### **Dosis de 200 kg/ha**

200 ufn -> 10000m<sup>2</sup>

X -> 18m<sup>2</sup>                      X = 0,36 ufn

El abono base es NAC 27% N

100kg abono base -> 27kg ufn

Y -> 0,36 ufn                      Y = 1,33kg de abono base por parcela

Como se realiza la aportación en dos veces se aplicaron:

1º -> 0,66 kg de abono por parcela

2º -> 0,66 kg de abono por parcela

### ANEXO 3

#### Cálculos del número de semillas por fila y el marco de plantación.

##### Maíz

10000 m<sup>2</sup> → 100000 plantas

36 m<sup>2</sup> → X

X = 360 plantas

Como las parcelas de maíz tienen 4 filas cada una, el número de plantas será de 90 por fila.

12 m de longitud → 90 semillas

1200 cm / 90 semillas → 13cm / semilla

El espacio entre semillas tiene que ser de 13 cm para una buena distribución y eso se consigue colocando los engranajes de la máquina en la posición B1.

**ANEXO 4  
BALANCES ENERGETICOS**

<b>Meribel 0 Nitrógeno</b>		<b>MJ/ha</b>
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>		<b>5260,185</b>
Semillas		297,222
Abonos		1201,852
Fitosanitarios		640,741
Riegos		3120,370
<b>Maquinaria (2)</b>		<b>5247,222</b>
<b>Cultivo</b>		<b>5247,222</b>
Diesel consumido (Fase Agrícola)		5212,037
otros ( aceite)		35,185
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>		<b>10507,407</b>
<b>Entradas transporte (4)</b>		<b>2285,185185</b>
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)		2285,185185
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>		<b>2285,18519</b>
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>		
		<b>12792,593</b>
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>		
		<b>60066</b>
Pérdidas almacenaje (8)		3904,29
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>		<b>56161,71</b>
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>		<b>49558,593</b>
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>		
<b>(11)=(7/3)</b>		<b>5,72%</b>
<b>Balance Total de producción energética</b>		
<b>(12)=(9-6)</b>		<b>43369,12</b>
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>		<b>4,39%</b>
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	16,685	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	13,348	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Meribel 50 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>7837,037</b>	
Semillas	297,222	
Abonos	3778,704	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	3120,370	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5389,815</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5389,815</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5354,630	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>13226,852</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>2285,185185</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	2285,185185	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>2285,185185</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>15512,037</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>71766</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	4664,79	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>67101,21</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>58539,148</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>		
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>5,43%</b>	
<b>Balance Total de producción energética</b>		
<b>(12)=(9-6)</b>	<b>51589,17</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>4,33%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	19,935	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	15,948	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

<b>Meribel 100 Nitrógeno</b>	
	<b>MJ/ha</b>
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>	
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>10412,963</b>
Semillas	297,222
Abonos	6354,630
Fitosanitarios	640,741
Riegos	3120,370
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5389,815</b>
<b>Cultivo</b>	<b>5389,815</b>
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5354,630
otros ( aceite)	35,185
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>15802,778</b>
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4569,44444</b>
Transporte hasta almacenamiento	
Transporte a planta (sin pérdidas)	4569,444444
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4569,444444</b>
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	
<b>20372,222</b>	
<b>SALIDAS</b>	
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	
<b>83674,8</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	5438,862
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>	
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>78235,938</b>
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>	
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	
<b>67872,022</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>	
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>5,29%</b>
<b>Balance Total de producción energética</b>	
<b>(12)=(9-6)</b>	
<b>57863,72</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>3,84%</b>

<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	23,243	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	18,5944	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%



<b>Meribel 200 Nitrógeno</b>	
	<b>MJ/ha</b>
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>	
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>15568,519</b>
Semillas	297,222
Abonos	11510,185
Fitosanitarios	640,741
Riegos	3120,370
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5389,815</b>
<b>Cultivo</b>	<b>5389,815</b>
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5354,630
otros ( aceite)	35,185
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>20958,333</b>
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4569,44444</b>
Transporte hasta almacenamiento	
Transporte a planta (sin pérdidas)	4569,444444
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4569,444444</b>
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	
	<b>25527,778</b>
<b>SALIDAS</b>	
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	
	<b>80578,8</b>
Pérdidas almacenaje (8)	5237,622
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>	
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>75341,178</b>
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>	
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>59620,467</b>
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>	
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>3,84%</b>
<b>Balance Total de producción energética</b>	
<b>(12)=(9-6)</b>	<b>49813,40</b>
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>2,95%</b>

<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	22,383	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	17,9064	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Franki 0 Nitrógeno

	MJ/ha
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>	
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>5317,593</b>
Semillas	354,630
Abonos	1201,852
Fitosanitarios	640,741
Riegos	3120,370
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5247,222</b>
<b>Cultivo</b>	<b>5247,222</b>
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5212,037
otros ( aceite)	35,185
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>10564,815</b>
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4569,444444</b>
Transporte hasta almacenamiento	
Transporte a planta (sin pérdidas)	4569,444444
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4569,444444</b>
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>15134,259</b>
<b>SALIDAS</b>	
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>89982</b>
Pérdidas almacenaje (8)	5848,83
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>	
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>84133,17</b>
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>	
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>79417,185</b>
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>	
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>8,52%</b>
<b>Balance Total de producción energética</b>	
<b>(12)=(9-6)</b>	<b>68998,91</b>
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>5,56%</b>

<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	24,995	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	19,996	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Franki 50 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>7894,444</b>	
Semillas	354,630	
Abonos	3778,704	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	3120,370	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5389,815</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5389,815</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5354,630	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>13284,259</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4569,444444</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	4569,444444	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4569,444444</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>17853,704</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>97603,2</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	6344,208	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje) (9) = (7)-(8)</b>	<b>91258,992</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>84318,941</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola (11)=(7/3)</b>	<b>7,35%</b>	
<b>Balance Total de producción energética (12)=(9-6)</b>	<b>73405,29</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>5,11%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	27,112	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	21,6896	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Franki 100 Nitrógeno

	MJ/ha
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>	
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>10470,370</b>
Semillas	354,630
Abonos	6354,630
Fitosanitarios	640,741
Riegos	3120,370
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5389,815</b>
<b>Cultivo</b>	<b>5389,815</b>
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5354,630
otros ( aceite)	35,185
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>15860,185</b>
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4569,444444</b>
Transporte hasta almacenamiento	
Transporte a planta (sin pérdidas)	4569,444444
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4569,444444</b>
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	
<b>20429,630</b>	
<b>SALIDAS</b>	
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	
<b>107550</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	6990,75
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>	
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>100559,25</b>
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>	
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	
<b>91689,815</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>	
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>6,78%</b>
<b>Balance Total de producción energética</b>	
<b>(12)=(9-6)</b>	
<b>80129,62</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>4,92%</b>

<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	29,875	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	23,9	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Franki 200 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>15625,926</b>	
Semillas	354,630	
Abonos	11510,185	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	3120,370	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5389,815</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5389,815</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5354,630	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>21015,741</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4569,444444</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	4569,444444	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4569,444444</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>25585,185</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>101898</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	6623,37	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>95274,63</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>80882,259</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>		
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>4,85%</b>	
<b>Balance Total de producción energética</b>		
<b>(12)=(9-6)</b>	<b>69689,44</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>3,72%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	28,305	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	22,644	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Velox 0 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>8181,481</b>	
Semillas	98,148	
Abonos	1201,852	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5248,148</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5248,148</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5212,963	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>13429,630</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	4570,37037	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>18000,000</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>151005,6</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	9815,364	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje) (9) = (7)-(8)</b>	<b>141190,236</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>137575,970</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola (11)=(7/3)</b>	<b>11,24%</b>	
<b>Balance Total de producción energética (12)=(9-6)</b>	<b>123190,24</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>7,84%</b>	
Producción Biomasa Cultivo (14%)	41,946	Tn/ha
Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)	33,5568	Tn/ha
MJ por T de biomasa 15% humedad	4500	MJ/T 14% de humedad
Porcentaje de perdidas en recolección	20	%
Porcentaje de perdidas en almacenamiento	6,5	%



<b>Velox 50 Nitrógeno</b>		
	<b>MJ/ha</b>	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>10759,259</b>	
Semillas	98,148	
Abonos	3779,630	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5390,741</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5390,741</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5355,556	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>16150,000</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	4570,37037	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>		
	<b>20720,370</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>		
	<b>131742</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	8563,23	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>123178,77</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>115592,000</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola (11)=(7/3)</b>	<b>8,16%</b>	
<b>Balance Total de producción energética (12)=(9-6)</b>	<b>102458,40</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>5,94%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	36,595	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	29,276	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Velox 100 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>13333,333</b>	
Semillas	98,148	
Abonos	6353,704	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5390,741</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5390,741</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5355,556	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>18724,074</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	4570,37037	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>		
<b>23294,444</b>		
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>		
<b>131673,6</b>		
Pérdidas almacenaje (8)	8558,784	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>123114,816</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>		
<b>112949,526</b>		
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>		
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>7,03%</b>	
<b>Balance Total de producción energética</b>		
<b>(12)=(9-6)</b>		
<b>99820,37</b>		
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>5,29%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	36,576	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	29,2608	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Velox 200 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>18488,889</b>	
Semillas	98,148	
Abonos	11509,259	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5390,741</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5390,741</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5355,556	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>23879,630</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	4570,37037	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>4570,37037</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>28450,000</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>133232,4</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	8660,106	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje) (9) = (7)-(8)</b>	<b>124572,294</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>109352,770</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola (11)=(7/3)</b>	<b>5,58%</b>	
<b>Balance Total de producción energética (12)=(9-6)</b>	<b>96122,29</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>4,38%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	37,009	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	29,6072	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Biomass 0 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>8192,593</b>	
Semillas	109,259	
Abonos	1201,852	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5248,148</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5248,148</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5212,963	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>13440,741</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>9138,888889</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	9138,888889	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>9138,888889</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>		
<b>22579,630</b>		
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>		
<b>264452,4</b>		
Pérdidas almacenaje (8)	17189,406	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>247262,994</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>		
<b>251011,659</b>		
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>		
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>19,68%</b>	
<b>Balance Total de producción energética</b>		
<b>(12)=(9-6)</b>		
<b>224683,36</b>		
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>		
<b>10,95%</b>		
Producción Biomasa Cultivo (14%)	73,459	Tn/ha
Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)	58,7672	Tn/ha
MJ por T de biomasa 15% humedad	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
Porcentaje de perdidas en recolección	20	%
Porcentaje de perdidas en almacenamiento	6,5	%

## Biomass 50 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>10770,370</b>	
Semillas	109,259	
Abonos	3779,630	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5390,741</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5390,741</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5355,556	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>16161,111</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>6853,703704</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	6853,703704	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>6853,703704</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>23014,815</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>232671,6</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	15123,654	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje) (9) = (7)-(8)</b>	<b>217547,946</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>216510,489</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola (11)=(7/3)</b>	<b>14,40%</b>	
<b>Balance Total de producción energética (12)=(9-6)</b>	<b>194533,13</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>9,45%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	64,631	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	51,7048	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

## Biomass 100 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>13344,444</b>	
Semillas	109,259	
Abonos	6353,704	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5390,741</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5390,741</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5355,556	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>18735,185</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>9138,888889</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	9138,888889	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>9138,888889</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>		
<b>27874,074</b>		
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>		
<b>261493,2</b>		
Pérdidas almacenaje (8)	16997,058	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>244496,142</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>		
<b>242758,015</b>		
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>		
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>13,96%</b>	
<b>Balance Total de producción energética</b>		
<b>(12)=(9-6)</b>		
<b>216622,07</b>		
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>		
<b>8,77%</b>		
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	72,637	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	58,1096	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%



## Biomass 200 Nitrógeno

	MJ/ha	
<b>ENTRADAS CULTIVO</b>		
<b>Consumibles ( 1 )</b>	<b>18500,000</b>	
Semillas	109,259	
Abonos	11509,259	
Fitosanitarios	640,741	
Riegos	6240,741	
<b>Maquinaria (2)</b>	<b>5390,741</b>	
<b>Cultivo</b>	<b>5390,741</b>	
Diesel consumido (Fase Agrícola)	5355,556	
otros ( aceite)	35,185	
<b>Total entradas cultivo (3) = (1) +(2)</b>	<b>23890,741</b>	
<b>Entradas transporte (4)</b>	<b>9138,888889</b>	
Transporte hasta almacenamiento		
Transporte a planta (sin pérdidas)	9138,888889	
<b>Total entradas logística (5) = (4)</b>	<b>9138,888889</b>	
<b>TOTAL ENTRADAS (6) = (3)+(5)</b>	<b>33029,630</b>	
<b>SALIDAS</b>		
<b>SALIDAS CULTIVO (7)</b>	<b>291988,8</b>	
Pérdidas almacenaje (8)	18979,272	
<b>SALIDAS DEL CULTIVO (tras almacenaje)</b>		
<b>(9) = (7)-(8)</b>	<b>273009,528</b>	
<b>BALANCE ENERGÉTICO</b>		
<b>Balance Fase agrícola (10) = (7) - (3)</b>	<b>268098,059</b>	
<b>Rendimiento energético fase agrícola</b>		
<b>(11)=(7/3)</b>	<b>12,22%</b>	
<b>Balance Total de producción energética</b>		
<b>(12)=(9-6)</b>	<b>239979,90</b>	
<b>Rendimiento energético Total (13)=(9/6)</b>	<b>8,27%</b>	
<b>Producción Biomasa Cultivo (14%)</b>	81,108	Tn/ha
<b>Producción Biomasa Recolectada (14% humedad)</b>	64,8864	Tn/ha
<b>MJ por T de biomasa 15% humedad</b>	<b>4500</b>	MJ/T 14% de humedad
<b>Porcentaje de perdidas en recolección</b>	20	%
<b>Porcentaje de perdidas en almacenamiento</b>	6,5	%

# ANEXO 5 HUELLA DE CARBONO SORGO

	Cultivo 1	HC (kg CO2 eq)	MJ Totales	Cultivo 2	HC	MJ	Cultivo 3	HC	MJ	Cultivo 4	HC	MJ	Cultivo 5	HC	MJ	Cultivo 6	HC	MJ	Cultivo 7	HC	MJ	Cultivo 8	HC	MJ
	Velox 0 uf N2			Velox 50 uf N2			Velox 100 uf N2			Velox 200 uf N2			Biomass 0 uf N2			Biomass 50 uf N2			Biomass 100 uf N2			Biomass 200 uf N2		
Superficie (54 m2)	0,0054			0,0054			0,0054			0,0054			0,0054			0,0054			0,0054			0,0054		
Producción kg/ha	41946,48394			36595,17811			36576,96106			37099,78159			73458,90755			64631,49584			72637,81941			81108,44818		
Producción TON	0,226511013			0,197613962			0,19751559			0,200338821			0,396678101			0,349010078			0,392244225			0,432798562		
Abonado de fondo N (kg/ha)	0			0			0			0			0			0			0			0		
P2O5 (kg/ha)	70	0,21	3,70	70	0,21	3,70	70	0,21	3,70	70	0,21	3,70	70	0,21	3,70	70	0,21	3,70	70	0,21	3,70	70	0,21	3,70
K2O (kg/ha)	70	0,17	2,79	70	0,17	2,79	70	0,17	2,79	70	0,17	2,79	70	0,17	2,79	70	0,17	2,79	70	0,17	2,79	70	0,17	2,79
Abonado de cobertura NAC 27% (kg/ha)	0			185,18	1,73	13,92	370,27	3,46	27,82	740,74	6,92	55,66	0	0,00	0,00	185,18	1,73	13,92	370,27	3,46	27,82	740,74	6,92	55,66
Herbicida																								
Producto aplicado	PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4		
Dosis (l/ha)	4			4			4			4			4			4			4			4		
% materia activa	ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLORO 30% [SC] P/V		
Densidad PRIMEXTRA LIQUID (g/cm3)	1,082			1,082			1,082			1,082			1,082			1,082			1,082			1,082		
Kg Atracina/ha	0,8656	0,04	1,38	0,8656	0,04	1,38	0,8656	0,04	1,38	0,8656	0,04	1,38	0,8656	0,04	1,38	0,8656	0,04	1,38	0,8656	0,04	1,38	0,8656	0,04	1,38
Kg Metolaclo/ha	1,2984	0,06	2,07	1,2984	0,06	2,07	1,2984	0,06	2,07	1,2984	0,06	2,07	1,2984	0,06	2,07	1,2984	0,06	2,07	1,2984	0,06	2,07	1,2984	0,06	2,07
Insecticida																								
Producto aplicado	KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING		
Dosis (Kg/ha) (Solido)	0,24			0,24			0,24			0,24			0,24			0,24			0,24			0,24		
% materia activa	LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P		
Kg/ha LAMBDA CIHALOTRIN 25%	0,006	0,00	0,01	0,006	0,00	0,01	0,006	0,00	0,01	0,006	0,00	0,01	0,006	0,00	0,01	0,006	0,00	0,01	0,006	0,00	0,01	0,006	0,00	0,01
Producción de pacas (Nº)	105			91			91			91			184			182			182			203		
Semillas Dosis (Nº semi/ha)	300000			300000			300000			300000			300000			300000			300000			300000		
Kilos de semilla/ha	7,95	0,04	0,53	7,95	0,04	0,53	7,95	0,04	0,53	7,95	0,04	0,53	8,82	0,04	0,59	8,82	0,04	0,59	8,82	0,04	0,59	8,82	0,04	0,59
Nº de viajes (ida + vuelta) Km recorridos	4,00 400,0			4,00 400,0			4,00 400,0			4,00 400,0			8,00 800,0			8,00 800,0			8,00 800,0			8,00 800,0		
Litros de Gasoil consumidos en Transporte	128	1,89863	24,68	128	1,90	24,68	128	1,90	24,68	128	1,90	24,68	256	3,80	49,35	192	2,85	37,01	256	3,80	49,35	256	3,80	49,35
Litros de Gasoil Fase Agrícola (Litros/ha)	146	2,16562	28,15	150	2,22496	28,92	150	2,22496	28,92	150	2,22496	28,92	146	2,16562	28,15	150	2,22496	28,92	150	2,22496	28,92	150	2,22496	28,92
Trasporte (l/ha)	61,0			53,2			53,2			54,0			106,8			94,0			105,7			118,0		
Viajes Km Totales	100			100			100			100			100			100			100			100		
Tractor (h/ha)	16			16			16			16			16			16			16			16		
Acetate total utilizado (l/ha)	0,96	0,01	0,19	0,96	0,01	0,19	0,96	0,01	0,19	0,96	0,01	0,19	0,96	0,01	0,19	0,96	0,01	0,19	0,96	0,01	0,19	0,96	0,01	0,19
Electricidad bomba Riego (kWh/ha)	600	0,67	33,70	600	0,67	33,70	600	0,67	33,70	600	0,67	33,70	600	0,67	33,70	600	0,67	33,70	600	0,67	33,70	600	0,67	33,70
6. EMISIONES DE N2O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO2 DERIVADAS DE LA APLICACION DE CAL Y UREA																								
FSN (kg N)	0,000			0,270			0,540			1,080			0,000			0,270			0,540			1,080		
FCR (kg N)	0,505			0,505			0,505			0,505			0,505			0,505			0,505			0,505		
FCR (kg N)	0,000			0,000			0,000			0,000			0,000			0,000			0,000			0,000		
Direct N2O Emissions from Managed Soils (kgCO2e)		2,366			3,630			4,894			7,423			2,366			3,630			4,894			7,423	
6.1 Indirect N2O emissions from managed soils																								
6.1.1 N2O from Atmospheric Deposition of N Volatilised from Managed Soils																								
Indirect N2O Emissions from Managed Soils (kgCO2e) (I)		0,000			0,126			0,253			0,506			0,000			0,126			0,253			0,506	
6.1.2 N2O from N leaching/runoff from Managed Soils																								
Indirect N2O Emissions from Managed Soils (kgCO2e) (II)		0,532			0,817			1,101			1,670			0,532			0,817			1,101			1,670	
TOTAL kg CO2_eq y TOTAL MJ	Cultivo 1	8,18	97,19	Cultivo 2	11,64	111,87	Cultivo 3	15,04	125,78	Cultivo 4	21,86	153,62	Cultivo 4	10,08	121,92	Cultivo 4	12,59	124,27	Cultivo 4	16,95	150,51	Cultivo 4	23,76	178,35

# HUELLA DE CARBONO MAÍZ

	Cultivo 1	HC (kg CO2 eq)	MJ Totales	Cultivo 2	HC	MJ	Cultivo 3	HC	MJ	Cultivo 4	HC	MJ	Cultivo 5	HC	MJ	Cultivo 6	HC	MJ	Cultivo 7	HC	MJ	Cultivo 8	HC	MJ
	Meribel 0 of N2			Meribel 50 of N2			Meribel 100 of N2			Meribel 200 of N2			Franki 0 of N2			Franki 50 of N2			Franki 100 of N2			Franki 200 of N2		
Superficie (54 m2)	0,0108			0,0108			0,0108			0,0108			0,0108			0,0108			0,0108			0,0108		
Producción kg/ha	16685,67019			19935,12123			23243,28165			22383,12518			24995,69999			27112,95634			29875,87623			28305,8951		
Producción TON	0,180205238			0,21395692			0,251027442			0,241737752			0,28995356			0,292819928			0,322659463			0,305703667		
Abonado de fondo																								
N (kg/ha)	0			0			0			0			0			0			0			0		
P2O5 (kg/ha)	70	0,43	7,41	70	0,43	7,41	70	0,43	7,41	70	0,43	7,41	70	0,43	7,41	70	0,43	7,41	70	0,43	7,41	70	0,43	7,41
K2O (kg/ha)	70	0,34	5,57	70	0,34	5,57	70	0,34	5,57	70	0,34	5,57	70	0,34	5,57	70	0,34	5,57	70	0,34	5,57	70	0,34	5,57
Abonado de cobertura NAC 27% (kg/ha)	0			185,18	3,46	27,83	370,27	6,92	55,65	740,74	13,84	111,33	0	0,00	0,00	185,18	3,46	27,83	370,27	6,92	55,65	740,74	13,84	111,33
Herbicida																								
Producto aplicado	PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4			PRIMEXTRA LIQUID GOLD 4		
Dosis (l/ha)	4			4			4			4			4			4			4			4		
% materia activa	ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V			ATRAZINA 20% + METOLACLOR 30% [SC] P/V		
Densidad PRIMEXTRA LIQUID (g/cm3)	1,082			1,082			1,082			1,082			1,082			1,082			1,082			1,082		
Kg Atrazina/ha	0,8656	0,08	2,76	0,8656	0,08	2,76	0,8656	0,08	2,76	0,8656	0,08	2,76	0,8656	0,08	2,76	0,8656	0,08	2,76	0,8656	0,08	2,76	0,8656	0,08	2,76
Kg Metolaclo/ha	1,2984	0,13	4,14	1,2984	0,13	4,14	1,2984	0,13	4,14	1,2984	0,13	4,14	1,2984	0,13	4,14	1,2984	0,13	4,14	1,2984	0,13	4,14	1,2984	0,13	4,14
Insecticida																								
Producto aplicado	KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING			KARATE KING		
Dosis (kg/ha) (Sofo)	0,24			0,24			0,24			0,24			0,24			0,24			0,24			0,24		
% materia activa	LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P			LAMBDA CIHALOTRIN 2,5 % [WG] P/P		
Kg/ha LAMBDA CIHALOTRIN 25%	0,006	0,00	0,02	0,006	0,00	0,02	0,006	0,00	0,02	0,006	0,00	0,02	0,006	0,00	0,02	0,006	0,00	0,02	0,006	0,00	0,02	0,006	0,00	0,02
Producción de pacas (Nº)	42			50			58			56			62			68			75			71		
Semillas Dosis (Nº semi/ha)	100000			100000			100000			100000			100000			100000			100000			100000		
Kilos de semilla/ha	24,2	0,23	3,21	24,2	0,23	3,21	24,2	0,23	3,21	24,2	0,23	3,21	24,2	0,23	3,21	24,2	0,23	3,21	24,2	0,23	3,21	24,2	0,23	3,21
Nº de viajes (ida + vuelta)	2,00			2,00			4,00			4,00			4,00			4,00			4,00			4,00		
Km recorridos	200,0			200			400			400			400			400			400			400		
Litros de Gasoil Fase Agrícola (Litros/ha)	146	4,33125	56,29	150	4,44991	57,83	150	4,44991	57,83	150	4,44991	57,83	146	4,33125	56,29	150	4,44991	57,83	150	4,44991	57,83	150	4,44991	57,83
L gasoil consumidos	64	1,89863	24,68	64	1,90	24,68	128	3,80	49,35	128	3,80	49,35	128	3,80	49,35	128	3,80	49,35	128	3,80	49,35	128	3,80	49,35
Trasporte (l/ha)	24,3			29,0			33,8			32,6			36,4			39,4			43,5			41,2		
Viajes Km Totales	100			100			100			100			100			100			100			100		
Tractor (h/ha)	16			16			16			16			16			16			16			16		
Acilte total utilizado (l/ha)	0,96	0,03	0,38	0,96	0,03	0,38	0,96	0,03	0,38	0,96	0,03	0,38	0,96	0,03	0,38	0,96	0,03	0,38	0,96	0,03	0,38	0,96	0,03	0,38
Electricidad bomba Riego (kWh/ha)	600	1,35	67,39	600	1,35	67,39	600	1,35	67,39	600	1,35	67,39	600	1,35	67,39	600	1,35	67,39	600	1,35	67,39	600	1,35	67,39
<b>6. EMISIONES DE N2O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO2 DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE CAL Y UREA</b>																								
FSN (kg N)	0,000			0,540			1,080			2,160			0,000			0,540			1,080			2,160		
FCR (kg N)	0,733			0,733			0,733			0,733			0,733			0,733			0,733			0,733		
Direct N2O Emissions from Managed Soils (kgCO2e)		3,431			5,960			8,487			13,546			3,431			5,960			8,487			13,546	
<b>6.1 Indirect N2O emissions from managed soils</b>																								
<b>6.1.1 N2O from Atmospheric Deposition of N Volatilised from Managed Soils</b>																								
Indirect N2O Emissions from Managed Soils (kgCO2e) (I)																								
6.1.2 N2O from N leaching/runoff from Managed Soils		0,000			0,253			0,506			1,011			0,000			0,253			0,506			1,011	
Indirect N2O Emissions from Managed Soils (kgCO2e) (II)																								
TOTAL kg CO2 eq/ha y TOTAL kg	Cultivo 1	13,02	171,85	Cultivo 2	19,95	201,23	Cultivo 3	28,65	253,72	Cultivo 4	42,28	309,40	Cultivo 4	14,96	197,14	Cultivo 4	21,89	226,51	Cultivo 4	28,70	254,33	Cultivo 4	42,32	310,01

## ANEXO 6

### Órdenes y análisis realizados con el programa “R”

A continuación expondremos las ordenes principales que hemos introducido en el programa “R” para la realización de los análisis estadísticos.

```
SR2012<- read.table("C:/DATOS PROYECTO/SR2012.txt", header = T)
```

Se ha partió de un fichero de datos excel que tras su conversión a txt, con la orden que figura anteriormente, el programa “R” es capaz de leerlo e identificar los datos que hay en el fichero.

```
attach ( SR2012)
```

Con esta orden importamos al programa el fichero laído anteriormente.

```
SR2012.aov<- aov(PesoFresco~~Variedad*Abonado+REP+Error(REP/Variedad))
```

De esta forma se genera el fichero en el que se va a guardar la información del análisis de varianza según el diseño splits –Plot.

```
Summary (SR2012.aov)
```

De esta forma podemos ver la tabla de resultados del análisis de varianza.

```
ECM2<- summary(SR2012.aov$"Within")[[1]][3,3]  
ECM<- summary(SR2012.aov$"REP:Variedad")[[1]][2,3]
```

Así se da nombre a los ficheros que tienen la información de los dos tipos de errores(error de la parcela y error de la subparcela) que se generan en un análisis split-Plot. Esta información será posteriormente utilizada para la realización del coeficiente de variación y las separaciones de medias

```
media.total<-mean(SR2012$PesoFresco)  
ss.total<-sum((SR2012$PesoFresco-media.total)^2)  
ss.res<-summary(SR2012.aov$"Within")[[1]][3,2]  
ss.modelo<-ss.total-ss.res  
r.cuadrado<-ss.modelo/ss.total  
coef.var<-(sqrt(ECM2)/media.total)*100
```

Estas son las ordenes para la realización del coeficiente de variación y el  $R^2$ .

```
Res<-proj(SR2012.aov)$"Within"[ ,3]  
Resajus<-SR2012$PesoFresco-Res  
Resstan<-(Res/sqrt(ECM2))
```

De esta forma se crean los ficheros con los residuos que posteriormente se van a someter a las pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza.

```
shapiro.test(Res)
```

Test de Shapiro para comprobar la normalidad de los residuos

```
levene.test(Res,SR2012$Variedad)
```

Test de Levene para confirmar la homogeneidad de la varianza en los residuos, en este caso agrupados por variedades.

```
> comparison<- HSD.test(PesoFresco,  
Variedad:Abonado,df,ECM2,alpha=0.05,group=TRUE)
```

Comando para realizar la separación de medias mediante el test de Tukey. En este caso nótese que se utilizan los valores “ECM2” y “df” calculados previamente.