

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EFECTO DE LA APLICACIÓN EN PRECOSECHA DEL HERBICIDA
GLIFOSATO EN CEBADA CERVECERA (*Hordeum vulgare*) SOBRE LOS
PARAMETROS DE CALIDAD EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA

Por

Martín VEZOLI FERREIRA
Roberto SILVEIRA PISANO

TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo.
(Orientación Agrícola Ganadera)

PAYSANDU

URUGUAY

1999

PAGINA DE APROBACION

Tesis aprobada por:

Director: Ing. Ag. Grisel Fernandez

Nombre completo y firma

Ing. Ag. Juana Billalva

Nombre completo y firma

Ing. Ag. Julio Izza

Nombre completo y firma

Fecha: 17/9/1999

Autor:

Martin Vezoli Ferreira

Nombre completo y firma

Roberto Silveira Pisano

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer en primer término a todas las personas de la EEMAC que colaboraron en este trabajo, a Grisel y Juana por su apoyo en todo lo que concernió al mismo. También y en primerísimo término a la Cervecería y Maltería Paysandú que aportó todo lo relativo a los análisis de micromalteo y recursos para que esta tesis se llevara a cabo. Al ingeniero Izza por aportar sus conocimientos, ayuda y disposición en todo este trabajo.

A nuestras señoras Romina y Soraya por su incommensurable apoyo y paciencia. También a sus familias y Bruno; este trabajo es una manera que tenemos de darles las gracias por todo lo que aunque intangible fue y seguirá siendo imprescindible.

A todos los compañeros y docentes que colaboraron con su apoyo y amistad a lo largo de toda la carrera y que por fortuna son demasiados para nombrarlos y demasiado buenos para no recordarlos.

Dedicamos este trabajo a nuestros padres,

Simplemente Gracias.

Tabla de contenido

PAGINA DE APROBACION	3
AGRADECIMIENTOS	4
TABLA DE CONTENIDO	5
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	7
1 INTRODUCCION.....	10
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Calidad de cebada cervecera	12
2.2 Estimación de la calidad de cebada y malta	14
2.2.1 Estimación de la calidad de cebada	14
2.2.2 Estimación de la calidad de la malta.....	16
2.3 El Herbicida Glifosato.....	18
2.3.1 Características generales y modo de acción.....	18
2.4 Antecedentes en la aplicación de Glifosato pre cosecha.....	19
2.4.1 Efecto de una aplicación precosecha en el contenido de proteína del grano.....	21
3 MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Características generales del experimento.....	24
3.2 Metodología.....	24
3.3 Determinaciones	24
3.3.1 Calidad del Grano	25
3.3.2 Calidad de la Malta.....	25
3.4 Análisis estadístico y procesamiento de los datos.....	26
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1 Análisis de calidad del grano	28
4.1.1 Discusión sobre el análisis del grano	32
4.2 Análisis de la malta.....	33
5 CONCLUSIONES.....	38

6 RESUMEN (SUMMARY)	40
7 BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXO 1.....	44
1.1 Análisis de Varianza para porcentaje de cebada de 1 ^a , 2 ^a y 3 ^a	44
ANEXO 2	45
1.2 ANAVA para peso de 100 granos para cada una de las dosis.	45
ANEXO 3	47
1.3 Análisis para peso de 100 granos considerando como covariables dosis, grado e interacción dosis * grado.	47
ANEXO 4	48
1.4 Análisis de la diferencia de cuadrados para peso sin la humedad como covariable.....	48

Lista de cuadros e ilustraciones

Tabla 1 Composición química (porcentaje en peso en base seca) de grano de cebada y la malta obtenida a partir de ella.	14
Tabla 2 Porcentaje de humedad promedio al momento de la cosecha según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.	29
Tabla 3. Peso de los 100 granos corregido a 13 % de humedad, según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.	30
Tabla 4 Porcentaje de cebada de 1 ^a + cebada de 2 ^a según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.	30
Tabla 5 Porcentaje de germinación a los 3 días según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.	31
Tabla 6 Porcentaje de germinación a los 3 días para semillas que estuvieron en 4ml de agua en el test de Pollock, según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.	32
Tabla 7 Porcentaje de germinación a los tres días para semillas que estuvieron en 8ml de agua en el test de Pollock, según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.	32
Tabla 8 Diferencia entre los porcentajes de germinación a los 3 días de las semillas que estuvieron en 4 ml y las semillas que estuvieron en 8 ml de agua en el test de Pollock, según contenido de humedad al momento de aplicación de glifosato y según dosis.	32
Tabla 9 Porcentaje de proteína de la malta.	33
Tabla 10 Índice de Kolbach (Porcentaje del nitrógeno de la malta que se solubiliza en el mosto).	34
Tabla 11 Índice de Kolbach (Porcentaje del nitrógeno de la malta que se solubiliza en el mosto).	34
Tabla 12 Nitrógeno soluble en el mosto (mg por 100g de malta sustancia seca).	34
Tabla 13 Poder Diastásico en unidades W.K.	35
Tabla 14 Viscosidad del mosto (mPa . s-1).	35
Tabla 15 Extracto (porcentaje de sustancia seca que se disuelve en el mosto).	35
Tabla 16 Diferencia entre Extracto molido fino y grueso (en porcentaje).	36

Tabla 17 Índice de Hartong a 45 °C (VZ 45).	36
Tabla 18 Dureza de la malla determinada con el friabilímetro.	36
Tabla 19 Análisis de Varianza para porcentaje de cebada de 1 ^a .	44
Tabla 20 Análisis de Varianza para porcentaje de cebada de 2 ^a .	44
Tabla 21 Análisis de Varianza para porcentaje de cebada de 3 ^a .	44
Tabla 22 Estimación de los parámetros de covarianza para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 0.	45
Tabla 23 ANAVA para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 0	45
Tabla 24 Estimación de los parámetros de covarianza para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 2.	45
Tabla 25 ANAVA para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 2.	45
Tabla 26 Estimación de los parámetros de covarianza para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 4.	46
Tabla 27 ANAVA para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 4.	46
Tabla 28 Estimaciones de parámetros de covarianza para peso de 100 granos considerando como covariables dosis, grado e interacción dosis * grado.	47
Tabla 29 ANAVA para peso de 100 granos considerando como covariables dosis, grado e interacción dosis * grado.	47
Tabla 30 Análisis de la diferencia de cuadrados para peso de la dosis 0.	48
Tabla 31 Análisis de la diferencia de cuadrados para peso de la dosis 2.	48

1 INTRODUCCION

La cosecha de la cebada en nuestro país está influída por varios factores ambientales. El atraso en la misma puede resultar en pérdidas de grano, disminución en la calidad del grano para la industria y también aumenta el riesgo a enfermedades.

Si bien se ha generado alguna información en relación a las ventajas en la calidad de cosecha en las aplicaciones de glifosato precosecha, las investigaciones relativas a los efectos de esta tecnología sobre las características del grano de cebada a emplear en la industria cervecera son muy escasas. Es conocido que este herbicida se trasloca con los asimilados a áreas de alta actividad metabólica por lo tanto hay potencial para la traslocación de glifosato a las semillas en desarrollo pudiendo afectarse las propiedades de la semilla de importancia en el proceso industrial.

Un mayor conocimiento de como una aplicación de glifosato antes de la cosecha afecta la calidad del grano de cebada destinado a la producción de cerveza y de semilla le permitirá al productor tomar decisiones de manejo fundamentales y también a la industria conocer como puede verse afectado el proceso de malteo.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de la aplicación de glifosato en pre cosecha de cebada cervecera a dos dosis (720 g ia.ha^{-1} y $1440 \text{ g ia.ha}^{-1}$) y para grados de humedad del grano diferentes (menos de 20%, 20 - 30% y mas de 30%) sobre los parámetros de calidad de interés para la industria cervecera.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CALIDAD DE CEBADA CERVECERA

La cebada empleada en la industria cervecera es sometida a diversos análisis que estiman como se comportará cuando se someta al proceso de malteo. Para poder entender más profundamente el concepto de calidad de cebada y de malta, se presentan brevemente las características mas salientes de los procesos de malteo y de elaboración de cerveza.

El malteo es un proceso biológico que tiene lugar en la maltería, donde la cebada es transformada en malta mediante la germinación en condiciones ambientales controladas. Los principales fenómenos que la caracterizan son la síntesis de enzimas hidrolíticas y la degradación o modificación de la estructura de los granos de cebada. Cuando se considera que ambos fenómenos han llegado al estado deseado, se interrumpe la germinación mediante un secado de los granos.

El remojo es la primera de las tres etapas del proceso de malteo. Uno de los objetivos en esta etapa es lavar la cebada, de manera de retirar polvo e impurezas, así como de reducir el número de microorganismos posiblemente dañinos ubicados en la superficie del grano. También se lleva el nivel de humedad dentro del grano a un valor que permita la hidratación y solubilización de importantes compuestos orgánicos, de manera de posibilitar que tengan lugar las reacciones bioquímicas deseadas (principalmente durante la germinación).

El nivel de humedad permite la germinación del grano, aunque no es suficiente para lograr una buena modificación, razón por la cual se continúa con la operación de remojo hasta que se hidrate totalmente el endosperma. De esta manera se logran las condiciones adecuadas para el movimiento de reservas y para las reacciones hidrolíticas que ocurren durante su modificación.

La germinación es el segundo proceso del malteo y puede ser considerada la etapa más importante del malteo. En efecto, el proceso global de conversión del endosperma "duro" de la cebada al endosperma "blando" de la malta está basado fundamentalmente en la germinación de los granos, aunque la modificación comienza en la etapa del remojo y culmina en las primeras horas del secado.

Los objetivos de la germinación son la síntesis de enzimas hidrolíticas controladas por hormonas: enzimas amilolíticas (principalmente alfa-amilasa), enzimas glucanolíticas (beta-glucanasas, etc.), enzimas proteolíticas y otras enzimas. También se produce la hidrólisis parcial del almidón, de los beta-glucanos (principal componente de las paredes celulares del endosperma) y de las proteínas.

La última etapa del malteo es el secado, en esta etapa se detiene la modificación del endosperma y de esta manera se detiene la transición de "malta verde" a "malta finalizada", obteniéndose así un producto que puede almacenarse y del cual pueden extraerse fácilmente las raicillas.

Es importante señalar que no resulta conveniente que todos los biopolímeros se hidrolicen durante el malteo. Esto marca una diferencia considerable entre el proceso de germinación en la industria y el que se produce naturalmente en el campo. Ello es así porque los objetivos son diferentes: en la industria se tratan de obtener los nutrientes que las levaduras habrán de fermentar para producir cerveza, mientras que en la Naturaleza lo fundamental resulta alimentar el embrión con las sustancias de reserva contenidas en el endosperma a efectos de permitir su crecimiento. Así, en el malteo se trata de que ocurra exactamente lo contrario, o sea que el embrión crezca lo menos posible para que no consuma el almidón y las proteínas.

Munck (citado por Acevedo, H. 1994) presenta en la Tabla 1 los cambios globales que se producen en la composición química de una cebada y de la malta obtenida a partir de ella.

Cómo se puede apreciar, desde el punto de vista de la composición química global, el contenido de almidón varía poco al cabo del malteo, y el contenido total porcentual de lípidos y proteínas totales no varía significativamente. Los incrementos de los porcentajes de aminoácidos y péptidos (provenientes de la hidrólisis del almidón) son importantes, pero debe observarse que se parte de valores muy bajos (Acevedo, H. 1994).

El alcance de la modificación del grano durante el malteo debería limitarse a la degradación de las paredes celulares y de la proteína estructural pero no del almidón.

Una vez en la cervecería, la malta es molida y mezclada con otro cereal utilizado como fuente de almidón, al que se le llama adjunto (en nuestro país se utiliza arroz). La razón de esto es que las enzimas que se producen en el grano de malta son suficientes normalmente para catalizar la hidrólisis del almidón contenido en la cebada y en el adjunto (que puede llegar a aportar hasta un 40 porciento del almidón total). Se agrega agua y se trabaja a temperaturas elevadas de manera facilitar la extracción del almidón y de otras sustancias solubles de la molienda al mosto, y a la vez, permitir que las enzimas hidrolicen a los biopolímeros.

Desde un punto de vista químico, el propósito más importante del malteo y del coccimiento es producir un mosto que contenga todos los nutrientes apropiados para la levadura que habrá de fermentar (una vez enfriado) los azúcares provenientes de la hidrólisis del almidón, dando lugar así a la elaboración de cerveza.

	Cebada	Malta
Almidón	64.0	60.0
Beta-glucanos insolubles	3.5	0.5
Lípidos	2.5	2.5
Proteína total	9.5	9.5
Aminoácidos y péptidos	0.5	1.5
Azúcares libres totales	2.7	7.5

Tabla 1 Composición química (porcentaje en peso en base seca) de grano de cebada y la malta obtenida a partir de ella.

2.2 ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE CEBADA Y MALTA

Una vez presentados algunos de los muchos enfoques con que se puede expresar el complejo proceso del malteo, resultará un poco más sencillo discutir el problema de la determinación de la calidad de la malta y su relación con la cebada original.

Los parámetros que aquí se desarrollan son los que mide la cervecería y maltería Paysandú para estimar la calidad de cebada con fines industriales.

2.2.1 Estimación de la calidad de cebada

Humedad

El porcentaje de humedad de una cebada al momento de la cosecha es muy importante para la comercialización, ya que de esta depende la posibilidad de almacenamiento y conservación. Un 10% de humedad es el límite que establece la industria.

Análisis de germinación

Es la principal característica de una cebada cervecera, ya que todos los granos deberían germinar durante el malteo. Los que no germinen no colaborarán en la producción de enzimas. (Arias, 1991).

La energía germinativa se determina a los tres días. A partir de los cinco días los recuentos que se efectúen evaluarán lo que se denomina poder germinativo.

Estos análisis de germinación dependen del destino que tenga la cebada. Una cebada destinada a la elaboración de malta se considera germinada cuando el grano comienza a emitir raicillas, en cambio las evaluaciones de cebada como semilla se exige el desarrollo del acróspiro. Se trabaja a temperaturas de 20 °C siempre en presencia de luz. El límite mínimo establecido de energía germinativa es de 95 %.

Sensibilidad al agua (Test de Pollock)

Es el comportamiento que algunos lotes de cebada muestran al entrar en contacto con exceso de agua. Se manifiesta por una menor energía germinativa que la determinada por los análisis y poco vigor germinativo.

Esta sensibilidad está relacionada en un 15% con el genotipo y en un 55% con el ambiente (Reiner, 1969 citado por Arias, 1991). Depende, en gran parte, de las condiciones de maduración. La sensibilidad al agua de una cebada está en relación estrecha con la dormancia. Las cebadas que no han alcanzado su madurez germinativa presentan alta sensibilidad al agua (Arias, 1991).

En el test de Pollock se exige un 95% de germinación como mínimo para las semillas que estaban en cajas de petri conteniendo 4 ml de agua y 80% para las que estaban en cajas con 8 ml de agua.

La diferencia entre los porcentajes de germinación de las dos placas transcurridas 72 horas se interpreta de la siguiente manera: muy poco sensible menos del 10%, poco sensible entre 10 y 25%, sensible entre 26 y 45 %, y muy sensible mas del 45%.

Peso

El peso del grano es uno de los componentes del rendimiento. Está relacionado directamente con la cantidad de almidón y por lo tanto tiene relación con la calidad.

Clasificación por tamaño

La clasificación por tamaño o mallaje, es determinada con zarandas o tamices de 2,8 mm; 2,5 mm y 2,2 mm.

El motivo de esta clasificación es que, en maltería, se deben remojar y germinar siempre en forma separada los granos mayores de 2,5 mm, pues estos se comportan en forma completamente distinta a la fracción 2,2 - 2,5 mm.

La fracción 2,2 - 2,5 mm tiene por lo general mas porcentaje de glumelas, mas proteína y menos extracto (Arias, 1991).

2.2.2 Estimación de la calidad de la malta

Los análisis químicos aplicados a la malta - en este caso de tipo pilsen - se pueden agrupar en los que se refieren al rendimiento como el extracto, los relacionados a la disolución citolítica (diferencia de extracto, viscosidad del mosto, dureza de la malta). Los que conciernen a la disolución proteolítica (porcentaje de proteína, índice de Kolbach, nitrógeno soluble en el mosto, índice de Hartong) y actividad de las enzimas amilolíticas (poder diastásico).

Los lotes de cebada de este experimento se sometieron al proceso de micromalteo, que simula las condiciones que ocurren en la maltería pero a menor escala, trabajando con pequeñas cantidades de semilla y comparándola con testigos bien conocidos (en este caso con malta elaborada a partir de cebada variedad Clipper).

En general los resultados obtenidos en micromalteo son más favorables que los obtenidos en escala industrial. Por las mejores condiciones en que se trabaja la muestra se logran mayor extracto y menor diferencia entre molido fino y grueso.

Extracto

El extracto se determina después de un molido estandarizado (extracto molido fino) y de acuerdo a un método estándar se obtiene el mosto de laboratorio.

El extracto es la principal característica de una malta. Se lo puede definir como el porcentaje de sustancia seca de la malta que se disuelve en el mosto durante el braseado. Es un dato de rendimiento se clasifica de la siguiente manera: muy bueno mas del 82%, bueno entre 80 y 82 % aceptable entre 79 y 80 % e insuficiente menos del 79%.

Poder Diastásico

De todas las enzimas producidas durante el malteo, las principales son las que degradan el almidón. Su presencia en la malta está asociada a una rápida y adecuada transformación del almidón durante el braseado. Entre estas destacamos las alfa y beta amilasas.

El poder diastásico mide en unidades Windisch Kolbach la actividad de la beta amilasa.

Diferencia de extracto

La diferencia de los extractos de una malta obtenidos con dos tipos de molido determina el grado de disolución de las paredes celulares. El extracto molido fino obtiene un 90% de harina mientras que el extracto molido grueso obtiene un 25% de harina. Dicha diferencia puede considerarse como muy buena menos de 1,3%, buena entre 1,3 y 1,9 %, aceptable entre 2,0 y 2,6 % e insuficiente mas del 2,6%.

Viscosidad del mosto

Es otro índice de la disolución citolítica y se expresa en milipascales por segundo ($\text{mPa} \cdot \text{s}^{-1}$). La viscosidad del agua es igual a $1,0 \text{ mPa} \cdot \text{s}^{-1}$. La escala para este índice sería la siguiente: muy buena menos de $1,53 \text{ mPa} \cdot \text{s}^{-1}$, buena entre $1,53$ y $1,61 \text{ mPa} \cdot \text{s}^{-1}$, aceptable entre $1,62$ y $1,67 \text{ mPa} \cdot \text{s}^{-1}$ e inaceptable mas de $1,67 \text{ mPa} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dureza de la malta

Está relacionada con la harinosisidad de los granos, la determinación del porcentaje de granos harinosos, vítreos y semivítreos se determina mediante el empleo del friabilímetro y la escala sería la siguiente: muy buena entre 81 y 100, buena entre 71 y 80, aceptable entre 65 y 70 e insuficiente menos de 65.

Proteína

El porcentaje de proteína de la malta generalmente es similar al de la cebada. La industria maltera establece actualmente en 13% de proteína en grano como el límite superior para la comercialización.

Índice de Kolbach

Expresa el porcentaje del nitrógeno de la malta que se solubiliza en el mosto y también se denomina índice de disolución del nitrógeno. Dependiendo del tenor proteico, una mayor o menor disolución dará valores muy diversos de nitrógeno soluble (Arias, 1991). La escala para la interpretación del índice de Kolbach es la siguiente muy bueno mas de 41%, bueno entre 38 y 41 %, aceptable entre 35 y 38% e insuficiente menos de 35%.

Nitrógeno soluble en el mosto

Se habla de nitrógeno y no de proteína porque no todos los compuestos nitrogenados del mosto son proteínas. Se expresa en mg por 100 g de malta en base seca.

Es necesario un nivel mínimo para asegurar una adecuada nutrición de las levaduras que serán las encargadas de la fermentación, pero niveles elevados de nitrógeno son perjudiciales. La evaluación del Nitrógeno soluble en el mosto es la siguiente: muy poco menos de 550 , medio – bueno entre 550 y 600, muy bueno

entre 600 y 650, medio – bueno entre 650 y 700, muy alto mas de 700. Estos datos son en mg / 100 g malta en base seca.

Indice de Hartong a 45 °C (VZ 45)

Consiste en comparar los extractos obtenidos a 20 °C, 45 °C, 65 °C y 80 °C con aquel obtenido por el mismo método estándar al que se hacía referencia en extracto, obteniéndose así cuatro números relativos; con estos cuatro números relativos se obtiene el número de Hartong.

Este índice está relacionado principalmente con la capacidad enzimática de las proteasas y de las enzimas que trabajan a baja temperatura (Arias, 1991). La evaluación del índice de Hartong es la siguiente: insuficiente menos de 36, aceptable entre 36 y 40, enzimático entre 41 y 45, muy enzimático mas de 45.

2.3 EL HERBICIDA GLIFOSATO

El glifosato (N – fosfometil glicina) es un Herbicida postemergente no selectivo ampliamente utilizado. Debido a su capacidad de traslocarse en el floema, es particularmente útil para matar órganos subterráneos de plantas perennes que tienden a prosperar en pasturas y sistemas de agricultura conservacionista (Martino, 1995).

2.3.1 Características generales y modo de acción

El herbicida es usualmente formulado como la sal isopropilamílica de glifosato, aunque también hay otras formas (sulfosato). Roundup, la primera formulación líquida y la empleada en este trabajo, contiene 36% de equivalente ácido y 48% de equivalente sal.

El sitio metabólico de acción es en la vía del ácido chiquímico, proceso que sólo ocurre en plantas, bacterias y hongos, y que conduce a la síntesis de los aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina y triptofano.

La absorción de glifosato por las plantas es a través de la cutícula de las hojas durante los días siguientes a la aplicación, bajo condiciones favorables el glifosato es usualmente absorbido rápidamente por el follaje, seguido luego de un período de comparativamente lenta asimilación (Malik et al. citados por Cessna et al, 1994). La absorción cesa tres días después de la aplicación en especies perennes, mientras que en las especies anuales, la misma continuó por mas de tres días.

El principal tipo de traslocación es a través del simplasto o sea principalmente por el floema y otros tejidos vivos. Se ha observado, en algunos casos, traslocación aposimplástica (Coirolo y Núñez, 1997).

Una vez dentro de la planta el glifosato es generalmente traslocado con los asimilados a áreas de actividad metabólica alta. Dicho movimiento fuente – fosa fue

corroborado por varios autores: Martino, 1995. Gongler y Geiger, 1981 (citados por Cessna et al, 1994) trabajando con *beta vulgaris*. Haderlie et al., 1978 (citados por Cessna et al, 1994) en *Glycine Max*. Sprankle et al., 1975 (citados por Cessna et al, 1994) trabajando con *Agropyron Repens*. Davis et al., 1979 (citados por Cessna et al, 1994) en *Medicago Sativa*. Wyrill y Burnside, 1976 (citados por Cessna et al, 1994) trabajando con *Asclepias Siriaca* y *Apocynum Cannabinum*.

Por lo tanto hay potencial para la traslocación de residuos de glifosato a las semillas en desarrollo de plantas tratadas (Cessna et al., 1994) pudiendo afectarse ciertos parámetros de calidad del grano de cebada cervecera.

2.4 ANTECEDENTES EN LA APLICACIÓN DE GLIFOSATO PRE COSECHA.

Los desecantes químicos son herbicidas que, aplicados por medio de una pulverización, secan artificialmente el follaje sin afectar los granos. Su aplicación es interesante con el objeto de adelantar y facilitar la cosecha mecánica. La misma se efectúa cuando los granos presentan entre 25 y 30% de humedad, % de humedad a los que se alcanza generalmente la madurez fisiológica. La utilización de desecantes tiene la ventaja adicional de mejorar los posibles problemas de manejo ocasionados por el rastrojo (Coirolo y Núñez, 1997).

Uno de los motivos que hacen aparecer al glifosato como una alternativa muy interesante son la sensible disminución del precio del herbicida y la prohibición en algunos países de la utilización de los dipiridilos debido a su alta toxicidad (Coirolo y Núñez, 1997).

Debido a las características del ciclo del cultivo de cebada en nuestro país, es frecuente encontrar fuertes enmalezamientos en las etapas finales, cercanas a la cosecha. Estas infestaciones, correspondientes a emergencias tardías de especies invernales e incluso estivales que inician su ciclo, pueden constituir un serio inconveniente. Respecto a este tema, Fernández et al (1994), señalaron que una aplicación en esta etapa buscando la eliminación o secado de esas malezas permite mejorar las operaciones y la calidad de la cosecha. Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron una disminución del 50% del enmalezamiento al momento de la cosecha, aplicando una dosis de 540 g ha⁻¹ de glifosato previo a la misma.

Como ventaja adicional, estos autores señalan que con esta práctica es posible disminuir el número de semillas de malezas que ingresan al suelo. Siendo esto particularmente importante en sistemas de siembra directa en los que no existe remoción del suelo y donde, la mayor parte de las infestaciones de malezas son el resultado de semillazones recientes que permanecen en la superficie del suelo o a muy escasa profundidad. Los resultados mostraron que los potenciales de reinfección de *Lolium multiflorum* y de *Ammi majus*, estimados a partir del número de espigas y umbelas por hectárea respectivamente, fueron drásticamente disminuidos.

El empleo de glifosato previo a la cosecha de cebada podría acelerar la velocidad de secado y evitar pérdidas económicas, puesto que los retrasos se

asocian con incrementos de enfermedades las cuales pueden llegar a disminuir la capacidad de germinación de la semilla.

Existe escasa información sobre el uso de este desecante como ayuda en la cosecha, a pesar de que los registros para su aplicación en estas condiciones están activas en varios países de Europa - según Clemence, 1989 citado por Darwent et al, 1993 -.

De acuerdo con estos últimos aplicaciones de 4,32 kg . ha⁻¹ de glifosato son realizadas entre los días 7 y 17 antes de la cosecha sin afectar el rendimiento en grano, el peso de las 1000 semillas ni el contenido de proteína cruda (O'Keefe y Makepeace, 1985 citados por Darwent et al, 1993), aunque una pequeña depresión en la germinación fue encontrada por Sheppard et al., 1982 (citado por Coirolo y Núñez, 1997).

Darwent et al. (1993) demostraron que aplicaciones de glifosato en trigo de finales de julio principios de setiembre, en el oeste de Canadá, a dosis de 1,25; 2,5 y 4,7 l . ha⁻¹ de Roundup en los casos en que el grano tenía más de 25 % de humedad, aumentaron ligeramente el secado de la semilla y el follaje, en comparación con el cultivo sin aplicación. Los tratamientos de glifosato aplicados por debajo de 25 % de humedad en grano, no tuvieron efecto en el secado ni de la semilla ni del follaje. En experimentos en donde en las parcelas control y las tratadas con glifosato el trigo se cortó directamente a la madurez, los promedios de rendimiento de cosecha disminuyeron a medida que las dosis de glifosato aumentaron. Sin embargo, aplicaciones a humedad de grano de 40 % y menores, causaron muy pocas o ninguna perdida de cosecha.

Hubieron muy pocas o ninguna diferencia en peso de 1000 granos, densidad (peso hectolítico), germinación de semilla y contenido de proteína en las parcelas con aplicación de glifosato a contenidos de humedad menores a 40 % con respecto a las parcelas control hileradas y posteriormente trilladas al mismo contenido de humedad o directamente cortadas a la madurez.

Respecto a proteína encontraron que las pequeñas variaciones detectadas correspondían a parcelas a las que se le aplicó glifosato o fueron cosechadas cuando el contenido de humedad era mayor a 61%.

Los autores responsabilizan la merma en rendimiento o en calidad a la inmadurez del cultivo al momento de aplicación del glifosato cuando el contenido de humedad fue de 41% o más.

A pesar que los resultados muestran un pequeño aumento en la velocidad de secado del trigo, su uso como desecante puede ser limitado. Los máximos beneficios de secado se observaron cuando el contenido de humedad del grano era mayor a 41%. Sin embargo, el potencial de pérdidas en rendimiento y los niveles excesivos de residuos encontrados por Cessna et al., 1994 (trabajo analizado mas adelante) previenen contra la aplicación a esta humedad.

Cuando se aplicó al trigo con un contenido de humedad en el grano de 20 ~ 40% aumentó la velocidad de secado del grano y de la parte vegetativa, con

tolerancia aceptable por parte del cultivo y de los niveles de residuo (Cessna et al., 1994). Sin embargo esas diferencias demoraron de 10 a 15 días para desarrollarse.

Estos autores encontraron que la aplicación de 4,7 l ha⁻¹ de Roundup a plantas que presentaban un contenido de humedad en el grano menor a 40%, presentaron residuos de glifosato menores a 5 mg . kg⁻¹ (el límite máximo admitido por el departamento de Sanidad de Canadá).

Por último Darwent et al. (1993) concluyen que a pesar de las limitaciones del glifosato aplicado precosecha como desecante en trigo, su potencial para el control de malezas parece excelente. Si se aplica al cultivo con un contenido de humedad del grano menor a 41% el control de malezas parece posible sin dañar al cultivo y sin problemas con los residuos excesivos de glifosato. Estas aplicaciones pueden ser beneficiosas en la cosecha a través de la desecación de las malezas que se encuentran verdes en ese momento y también en reducir la población de malezas perennes a los cultivos siguientes.

Clarke, 1981 aplicó 0,5 y 1,0 l . ha⁻¹ de glifosato precosecha en trigo cuando el contenido de humedad del grano era 39 – 43%. Según este autor no hubo incremento en la velocidad de secado por aplicación de glifosato ni en años lluviosos, ni en años en los que no llovió entre la aplicación y la cosecha. Tampoco hubo efecto sobre: el rendimiento, peso de los 1000 granos o contenido de nitrógeno en el grano.

Darwent et al, 1993 señalan que las condiciones de altas temperaturas y baja humedad en las que madura y se cosecha el trigo en la localidad donde Clarke, 1981 llevó a cabo sus ensayos, pueden llevar a que este último no haya apreciado un aumento en la velocidad de secado del trigo; por eso los primeros obtuvieron mejores resultados luego de la aplicación ya que realizaron sus ensayos en una zona que presenta condiciones de menores temperaturas, menor evapotranspiración y mayores precipitaciones.

Toubia - Rahme et al. demostraron que el glifosato aplicado en 2 y 4 l ha⁻¹ de Roundup sobre el rastrojo de cebada produce un efecto inhibitorio en la formación de esclerocios de *Drechslera teres*. Este hongo es el causante de la mancha en red de la cebada. El efecto inhibitorio se constató antes y después de que ocurriera una infección por el hongo. Sin embargo estos investigadores alertan sobre la extrapolación de estos resultados (obtenidos en laboratorio) a condiciones de campo, donde la inactivación y degradación del glifosato es más importante.

2.4.1 Efecto de una aplicación precosecha en el contenido de proteína del grano

Dada la gran importancia que tiene el contenido de proteína en la comercialización del grano de cebada y en la calidad maltera del mismo se exponen a continuación antecedentes bibliográficos sobre el tema.

Según Brassetti y Siri (1993) próximo a la madurez fisiológica existe un leve incremento en el porcentaje de nitrógeno en el grano, independiente de las condiciones de llenado. El mismo responde a la traslocación de nitrógeno desde las hojas senescentes acompañado por la reducción del área fotosintética.

Esto lo corroboran Gayol y Martín (1998) quienes trabajando con varios cultivares de cebada muestran que el contenido de nitrógeno tiene tres etapas a medida que avanza el llenado del grano. Al comienzo del llenado el contenido de nitrógeno es alto, pero después disminuye debido a que comienza la traslocación de carbohidratos pobres en nitrógeno, lo cual tiene un efecto de dilución en el porcentaje de nitrógeno del grano. Por último ocurre la traslocación de carbohidratos ricos en nitrógeno desde las hojas senescentes lo cual aumenta el porcentaje de nitrógeno en el grano.

Por lo tanto podría pensarse que el aplicar un herbicida próximo a madurez fisiológica puede tener como consecuencia una disminución en el porcentaje de proteína del grano. Sin embargo O'Keefe et al. detectaron una tendencia al aumento en el contenido de proteína en grano por aplicación de glifosato precosecha en trigo.

También se puede sospechar que una vez alcanzada la madurez fisiológica no es esperable que el glifosato afecte el grano de las plantas tratadas. Este hecho lo corroboran Cerdeira et al., 1994 al no encontrar efecto de la desecación en el contenido de proteína o de polipéptidos en granos que ya estaban maduros, contra disminuciones encontrados en granos que se encontraban inmaduros.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolló en un cultivo comercial de cebada variedad Bowman ubicado en la localidad de Dolores del departamento de Soriano el 27 noviembre de 1995. En la chacra se delimitaron tres grandes áreas, cada una de las cuales tuvo un ancho de 16 m (ancho correspondiente a la aplicación aérea) y 100 m de largo. En estas tres áreas se sortearon los tratamientos correspondientes al testigo (D0), una aplicación de 720 g ia ha^{-1} de glifosato (2 l de producto comercial Roundup o D2) y 1440g ia ha^{-1} de glifosato (4l de producto comercial Roundup o D4).

Dentro de estas áreas se marcaron parcelas según el grado de humedad de las espigas, correspondiendo el Grado 1 a espigas que tuvieron 30% o más de humedad, el Grado 2 a espigas que tuvieron entre 20 y 30% de humedad y el Grado 3 a las espigas que presentaron 12.5% o menos de humedad.

Una semana después de la aplicación se realizó la cosecha de los granos de manera manual.

3.2 METODOLOGÍA

El trabajo experimental no tuvo diseño experimental en la medida en que las aplicaciones de glifosato fueron realizados con avión en bandas no pudiendo ser aleatorizados. La selección por el grado de humedad de las espigas se realizó por apreciación visual luego de medir el contenido de humedad empleando un humedímetro de campo marca Delmhorst.

En el campo se detectaron grupos de plantas que eran distintos entre sí en cuanto al estado de desarrollo. Dicha desuniformidad identificada en grupos permitió que se identificaran fácilmente tres tipos de planta según su aspecto, lo cual correspondía a tres contenidos de humedad en el grano.

Se marcaron tres repeticiones de cada grado de humedad, excepto para la dosis 4 donde no se pudo encontrar parcelas con grado 1, sino que se encontraron unas pocas espigas que presentaban ese grado de humedad.

3.3 DETERMINACIONES

Se realizaron determinaciones referentes a la calidad del grano y de la malta empleando los métodos y procedimientos de la cervecería y maltería Paysandú S.A.. Los análisis correspondientes a la calidad del grano se realizaron en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, mientras que los análisis de calidad de la malta se realizaron en la cervecería y maltería Paysandú S.A..

3.3.1 Calidad del Grano

Las determinaciones de peso, tamaño y humedad se realizaron de la siguiente manera:

Tamaño del grano: Utilizando una zaranda con dos mallas se determinó el tamaño del grano de muestras de 100 g de cada repetición por grado de humedad y dosis.

Peso del grano: Corresponde al peso de 5 muestras de 100 semillas, cada una obtenida de cada repetición por grado de humedad y dosis y corregidos al 13% de humedad.

Porcentaje de humedad del grano: Se determinó con el mismo humedímetro que se empleó a campo, cada muestra consiste de aproximadamente 10 semillas. Se realizaron 3 determinaciones; la primera antes de la elección de las parcelas para determinar cuántos grados de humedad había en ese momento. La segunda inmediatamente después de la cosecha, se determinó para una muestra por cada repetición de grado y dosis, también se determinó para una muestra de grado 1 para la dosis de 4 l de glifosato, la cual fue la única que se pudo hallar en la chacra. Por último se determinó la humedad tres meses después de la cosecha. Esto se realizó para 5 muestras por cada repetición por grado de humedad y dosis.

Test de Pollock: Se evaluó el porcentaje de germinación en cajas de petri con dos hojas de papel whatman número 1 donde se colocaron 100 semillas. Se realizaron 3 pruebas empleando 4 y 8 ml de agua destilada y deionizada para cada repetición por dosis y grado de humedad. Las cajas fueron selladas para evitar pérdidas de agua y se llevaron a estufa con luz a 20 °C, los conteos se realizaron a los 3 y 5 días. Las semillas se consideraron germinadas cuando se determinó la presencia de raicillas.

Análisis de Germinación: Se hicieron germinar en estufa a 20 °C y en presencia de luz, 100 semillas de cada repetición por grado de humedad y dosis puestas entre tres hojas de papel whatman nº 1. Al igual que en condiciones comerciales la semillas fueron tratadas con el fungicida Mancozeb. El porcentaje de germinación se determinó a los 4 y 7 días. En este caso se consideró como germinada las semillas que presentaban acrospiro desarrollado.

Porcentaje de proteína: se determinó el porcentaje de proteína de la malta y se realiza la discusión tomando como base este último debido a que no guarda diferencias con el contenido de proteína en grano.

3.3.2 Calidad de la Malta

La calidad de la malta fue determinada en el laboratorio de la Maltería y Cervecería Paysandú S.A.. Los parámetros de la malta y el mosto obtenidos por micromalteo fueron: extracto, poder diastásico, diferencia de extracto, viscosidad del mosto, dureza de la malta, nitrógeno soluble en el mosto, porcentaje de proteína de la malta, índice de Kolbach, índice de hartong a 45 °C (VZ 45), desarrollo de la plúmula.

Estas determinaciones correspondieron a una muestra por cada repetición por grado de humedad y dosis. Excepto para grado 1 debido a que no

se llegó a obtener la cantidad necesaria para realizarle el micromalteo, de todas formas se sospecha que estos granos no se hubieran maltear por la bajísima calidad que presentaban los mismos al momento de la cosecha.

3.4 ANALISIS ESTADISTICO Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Los resultados de las distintas variables determinadas fueron procesados calculándose sus medias y desviaciones estándar. Con estos datos se calcularon los Intervalos de Confianza que se utilizaron en la comparación de medias a los niveles de 95 % según el caso considerado. En algunos casos los resultados se comprobaron mediante el análisis de varianza.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de los análisis de calidad del grano y de la calidad de la malta obtenida de este grano. Para todos los análisis se empleó el cálculo de intervalos de confianza, en algunos casos cuando el número de repeticiones lo permitió, se realizó ANAVA cuyos resultados se presentan en los anexos.

Los "grados de humedad" a los que se hará referencia en las tablas e ilustraciones refieren a los distintos contenidos de humedad que presentaban los granos al momento de la aplicación del glifosato. Estos contenidos de humedad eran: Grado 1: 30-35%, Grado 2: 20-25% y Grado 3: 12%.

4.1 ANÁLISIS DE CALIDAD DEL GRANO

Porcentaje de humedad en grano

En las determinaciones realizadas al momento de la cosecha pudo observarse un efecto marcado del herbicida precosecha en la humedad del grano. (Fig. 1 y Tabla 1)

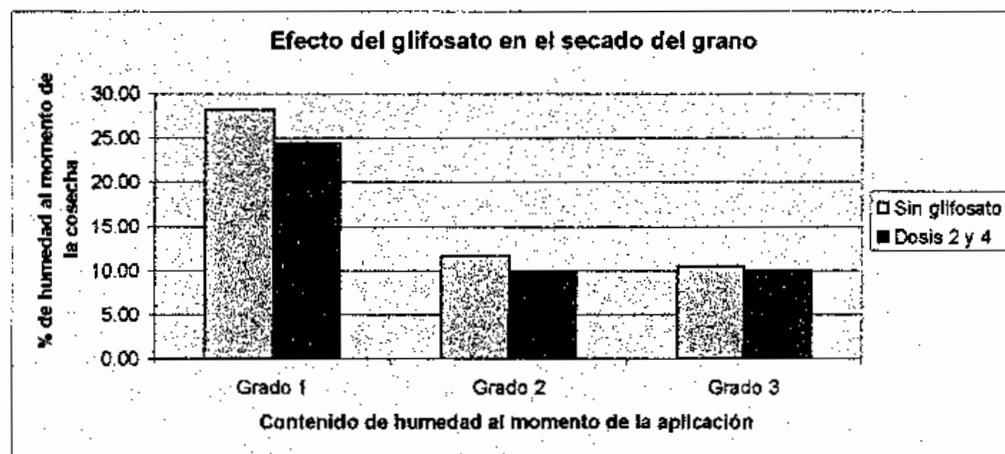


Figura N°1 Efecto del glifosato aplicado precosecha en el secado del grano.

Como lo destaca la Ilustración 1 y tal como resultaba esperable en función de lo revisado en la bibliografía la disminución en el contenido de humedad del grano alcanzada es mayor en los granos que tenían mayores niveles de humedad al momento de la aplicación. Los granos tratados que estaban en grado 1 presentaron una disminución promedio del 14% respecto a los no tratados, lo cual fue menos que los granos grado 2 que tuvieron 15% menos de humedad en el grano. Los granos grado 3 perdieron apenas un 5% de humedad.

El análisis de la Tabla N°2 a continuación, muestra además la existencia de efectos de la dosis. Estos resultaron variables dependiendo de la maduración del grano al momento de la aplicación. En el caso de los granos más húmedos sólo la dosis mayor resultó efectiva, en los granos clasificados como Grado 2 se obtuvieron respuesta con la

menor dosis ensayada y a su vez esta fue menos efectiva que los 4 litros mientras que en los granos más secos (Grado 3) ambas dosis tuvieron igual efecto.

	Grado 1	IC 95	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	28,17	(27,84 - 28,49)	11,63	(10,79 - 12,46)	10,50	(10,50 - 10,50)
Dosis 2	27,67	(25,31 - 30,02)	10,25	(9,97 - 10,53)	10,00	(10,00 - 10,00)
Dosis 4	21,88	(21,26 - 22,49)	9,58	(9,42 - 9,75)	10,00	(10,00 - 10,00)

Tabla 2 Porcentaje de humedad promedio al momento de la cosecha según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.

Considerando que la situación más frecuente a campo sería decidir la utilización de esta tecnología en un cultivo cuyos granos se encontraran promedialmente con una humedad similar a la que en este experimento se clasificó como Grado 2, parecería más allá de las respuestas obtenidas que no existirían ventajas con la utilización de la misma quedando sin sentido la diferencia entre dosis. Las parcelas sin tratamiento (Dosis 0) alcanzaron humedades bajísimas a cosecha del orden de 11,63 como muestra la Tabla N°1. Es importante destacar que en los días previos a la cosecha hubo mucho viento y altas temperaturas, lo cual fue muy favorable para el secado de los granos.

Peso de 100 granos corregido al 13 % de humedad

Como se comentara en Materiales y Métodos en el caso de esta variable se estudió además su relación con el desarrollo diferencial al momento de la aplicación, estimado a partir de los contenidos de humedad en ese momento. Para este análisis se utilizó ANAVA en la medida en que se contaba con suficientes repeticiones.

Como puede observarse en la Tabla N°3 en el caso de la dosis 0 se detectaron efectos significativos del grado de maduración alcanzado al momento de la aplicación en el peso final de los granos. Los granos pertenecientes al Grado 2 resultaron significativamente más pesados que los del Grado 1 y 3.

No llamaría la atención que los granos de grado 1 fueran menos pesados porque al momento de la aplicación eran los de mayor contenido de humedad, o sea que fueron plantas que se implantaron mas tarde y por lo tanto eran las de menor rendimiento. En relación a los granos de Grado 3 una posible explicación es que hayan enfrentado peores condiciones durante el periodo vegetativo o de llenado de grano.

Con relación al efecto de las aplicaciones precosecha en esta variable no pudieron comprobarse efectos del herbicida en la determinación del peso final (Tabla N°3)

	Grado 1	IC 95	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	4,19	(4,10 - 4,29)	4,70	(4,59 - 4,81)	4,23	(4,17 - 4,28)
Dosis 2	4,08	(4,01 - 4,16)	4,57	(4,44 - 4,70)	4,11	(4,04 - 4,19)
Dosis 4			4,62	(4,57 - 4,67)	4,16	(4,06 - 4,25)

Tabla 3. Peso de los 100 granos corregido a 13 % de humedad, según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.

Estos resultados están indicando que al momento de la aplicación ya había ocurrido en todas las plantas estudiadas, inclusive las que se encontraban en los estados de maduración menos avanzados (G1), la completa translocación de carbohidratos, y que el glifosato no afectó el llenado de los granos.

Tamaño

Los porcentajes de 1^a, de 2^a y de 3^a variaron muy significativamente según el grado de maduración al momento de aplicación ($P<0,0001$), detectando además el análisis una interacción grado de maduración por dosis (Anexo 2).

En general los porcentajes de 1^a y 2^a resultaron siempre más elevados en el Grado 2, excepto en el caso del % de 3^a en la dosis 2 en la que no se detectaron diferencias entre los distintos grados de maduración.

Al igual que con el peso, los granos de mayor tamaño fueron los que presentaban grado 2 cuando se realizó la aplicación, lo cual se puede apreciar en la Tabla 4. Ante estos resultados se puede pensar que es normal que los granos que tuvieron mayor peso son los que pueden presentar mayor tamaño, sin embargo Arias, 1991 advierte que un grano puede ser pesado y alargado y por tanto puede tener un bajo porcentaje de granos sobre el tamiz de 2,5 mm.

	Grado 1	IC 95	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	67,67	(59,65 - 75,68)	94,67	(92,65 - 96,68)	85,33	(83,32 - 87,35)
Dosis 2	67,00	(44,83 - 89,17)	92,33	(91,11 - 93,56)	82,67	(79,43 - 85,90)
Dosis 4			90,67	(87,86 - 93,48)	75,67	(71,56 - 79,77)

Tabla 4 Porcentaje de cebada de 1^a + cebada de 2^a según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.

Analizando la Tabla N°4 se aprecia que para los grados 2 y 3 hay una tendencia del glifosato a reducir el porcentaje de 1^a + 2^a. Esto resulta importante sobretodo para los granos de grado 3 en los que la dosis 4 determinaría un rechazo en el recibo debido a que el porcentaje de 1^a + 2^a debe ser superior al 80%.

Al igual que para el peso, se podría pensar que las plantas que se encontraban en grado 1 al momento de la aplicación pudieron presentar problemas en la etapa de desarrollo vegetativo y que las plantas que se encontraban en grado 3 pudieron haber tenido problemas en la etapa vegetativa o de llenado de grano.

Germinación

Como puede observarse en la Tabla N°5 el tratamiento precosecha no afectó el porcentaje de germinación, resultando similares los valores para esta variable en las 3 dosis de glifosato.

La estricta consideración de los intervalos de confianza calculados llevaría a afirmar que la totalidad de los tratamientos caen dentro de las exigencias para semilla (95% de germinación). De la simple observación de los datos resulta destacable además la uniformidad de los resultados en el caso de los granos Grado 2 y la desuniformidad en el caso del Grado 1 fundamentalmente.

	Grado 1	IC 95	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	82,00	(63,20 - 100,08)	99,00	(99,00 - 99,00)	95,00	(87,90 - 102,10)
Dosis 2	86,50	(75,70 - 97,30)	98,00	(96,00 - 100,00)	100,00	(100,00 - 100,00)
Dosis 4			98,00	(96,90 - 99,10)	91,30	(79,10 - 103,50)

Tabla 5 Porcentaje de germinación a los 3 días según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.

Test de Pollock

En la Tabla N°6 se aprecia que los granos que presentaban grado de humedad 2 al momento de la aplicación tuvieron un comportamiento similar que los correspondientes al grado 3 germinando a iguales niveles con 4 ml de agua.

Los granos grado 1 mostraron un comportamiento diferente. Relativizando el valor del intervalo de confianza, en la dosis cero no alcanzaron valores del 95 % de germinación o superiores tal como lo exige la industria y quedarían descartados para el malteo. Tampoco en el caso de la dosis D2 se alcanzarían porcentajes de germinación satisfactorios (dada la proximidad del límite superior al valor mínimo exigido), por lo tanto podría pensarse que la totalidad de los granos cosechados en las plantas de implantación tardía serían rechazados para la utilización como semillas y/o industria malteria.

En la Tabla N°7 se observa que solo los granos Grado 2 mantuvieron el buen comportamiento que habían presentado en 4 ml de agua. En el caso de los granos Grado 3 sólo los provenientes de plantas tratadas cumplirían con los estándares exigidos por la industria de 80% de germinación en 8 ml de agua. En relación a los granos Grado 1, resulta llamativo el comportamiento de los granos tratados, los cuales mejoran el porcentaje de germinación al igual que lo hicieran en 4 ml de agua, inclusive superando en promedio a los G3.

Analizando conjuntamente los resultados de los tres test de germinación podríamos destacar una tendencia de los granos G1 a mejorar su capacidad germinativa en condiciones de alta humedad cuando recibieron glifosato. Al respecto es difícil en

función de la bibliografía disponible y las condiciones de este estudio encontrar una explicación.

En la Tabla N°8 donde se resume el resultado del Test de Pollock puede concluirse que los granos Grado 2 se clasificarían, según los estándares (Arias, 1991) como muy poco sensibles, los de Grado 3 fluctúan entre sensibles y poco sensibles y los de Grado 1 estarían entre muy poco sensibles y sensibles.

Por lo tanto los granos que mejor desempeño tuvieron en estos análisis fueron los correspondientes al Grado 2 de humedad.

	Grado 1	IC 95	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	51.67	(44,54 - 58,79)	94.22	(92,06 - 96,38)	97.11	(95,91 - 98,31)
Dosis 2	91.50	(87,1 - 95,90)	95.00	(93,21 - 96,79)	94.44	(89,06 - 99,83)
Dosis 4			95.44	(93,51 - 97,38)	95.33	(92,94 - 97,73)

Tabla 6 Porcentaje de germinación a los 3 días para semillas que estuvieron en 4ml de agua en el test de Pollock, según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.

	Grado 1	IC 95	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	29,00	(23,43 - 34,57)	95,44	(94,05 - 96,83)	72,33	(67,27 - 77,39)
Dosis 2	83,50	(77,74 - 89,26)	90,11	(85,39 - 94,83)	77,11	(68,03 - 86,19)
Dosis 4			90,67	(84,57 - 96,76)	75,33	(69,76 - 80,90)

Tabla 7 Porcentaje de germinación a los tres días para semillas que estuvieron en 8ml de agua en el test de Pollock, según contenido de humedad al momento de la aplicación de glifosato y según dosis.

	Grado 1	IC 95	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	22,67	(12,52 - 32,82)	-1,22	(-4,00 - 1,56)	24,78	(19,58 - 29,98)
Dosis 2	8,00	(-0,25 - 16,25)	4,89	(-0,16 - 9,93)	17,33	(5,91 - 28,75)
Dosis 4			4,78	(-1,62 - 11,17)	20,00	(13,94 - 26,06)

Tabla 8 Diferencia entre los porcentajes de germinación a los 3 días de las semillas que estuvieron en 4 ml y las semillas que estuvieron en 8 ml de agua en el test de Pollock, según contenido de humedad al momento de aplicación de glifosato y según dosis.

4.1.1 Discusión sobre el análisis del grano

Las variaciones más importantes en la calidad de grano mostraron relación con el grado de maduración que presentaban al momento de realizar la aplicación.

Los granos con grado 2 al momento de la aplicación fueron los que mostraron los mejores valores en todos los parámetros evaluados y como fuera comentado podría pensarse que fueron estos los granos correspondientes a las plantas cuyo crecimiento coincidió con mejores condiciones y completaron su ciclo satisfactoriamente. La similitud en los pesos de los Grado 1 y 3 podría atribuirse en el primer caso a disminuciones por efecto de acortamiento del ciclo y en el segundo a la coincidencia de desfavorables condiciones climáticas durante el desarrollo vegetativo. Lo que resulta más difícilmente explicable en función de los resultados de peso de los 100 granos son los bajos valores de tamaño observados para el Grado 1 cuando no muestra grandes diferencias en peso con los granos del Grado 3.

En las pruebas de germinación el efecto del grado de maduración pierde peso relativo y se aprecian efectos de la aplicación del glifosato. La germinación en agua de los granos (tanto en 4 como en 8 ml) se incrementó con la aplicación de herbicida mejorando el desempeño de estos granos.

4.2 ANÁLISIS DE LA MALTA

Los resultados de estos análisis deben interpretarse con precauciones puesto que al momento de efectuarlos la metodología en micromalteo no se encontraba totalmente ajustada. En particular el análisis posterior permitió identificar desajustes en la humedad pico del micromalteo.

Proteína de la malta

Como puede observarse en la Tabla N° 9 los porcentajes de proteína caen dentro del 13% exigido por la industria para todos los grados y dosis analizados, siendo el contenido de proteína mayor para el Grado 2. Aunque no hay efecto de la dosis, se aprecia una cierta tendencia a la disminución a medida que aumenta la dosis de glifosato. Esto es diferente a lo encontrado en los trabajos de O'Keefe basados en la bibliografía parecen comprensibles los resultados obtenidos en el presente experimento porque en estas condiciones senescencia y traslocación serían limitadas en el mismo momento y es un tema sobre el que se justificaría la continuación de estudios en función de la trascendencia del efecto.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	10,87	(10,26 - 11,48)	9,25	(9,17 - 9,33)
Dosis 2	10,17	(9,89 - 10,44)	9,10	(8,94 - 9,26)
Dosis 4	10,10	(9,53 - 10,67)	9,05	(8,97 - 9,13)

Tabla 9 Porcentaje de proteína de la malta.

Índice de Kolbach

Se aprecia un leve efecto del grado de humedad al momento de la aplicación en el índice de Kolbach porque este tuvo una tendencia a ser mayor en los promedios en el Grado 3 (tabla 9); estos granos tendrían un Kolbach muy bueno debido a que su media es 43.98, mientras que los granos Grado 2 con una media de 39.38 tendrían un índice de Kolbach bueno.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	37,97	(34,93 - 41,01)	42,9	(40,35 - 45,45)
Dosis 2	40,23	(38,74 - 41,73)	44,25	(43,17 - 45,33)
Dosis 4	39,93	(36,90 - 42,96)	44,80	(44,21 - 45,39)

Tabla 10 Índice de Kolbach (Porcentaje del nitrógeno de la malta que se solubiliza en el mosto).

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	37,97	(34,93 - 41,01)	42,9	(40,35 - 45,45)
Dosis 2	40,23	(38,74 - 41,73)	44,25	(43,17 - 45,33)
Dosis 4	39,93	(36,90 - 42,96)	44,80	(44,21 - 45,39)

Tabla 11 Índice de Kolbach (Porcentaje del nitrógeno de la malta que se solubiliza en el mosto).

Nitrógeno soluble de la malta

Como se aprecia en la Tabla N°10 no existe efecto del grado de humedad en este parámetro, los valores serían considerados como muy buenos – medio bueno.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	658,67	(640,62 - 676,71)	635	(591,88 - 678,12)
Dosis 2	654,00	(645,02 - 662,98)	644	(614,60 - 673,40)
Dosis 4	643,67	(636,13 - 651,20)	649	(633,32 - 664,68)

Tabla 12 Nitrógeno soluble en el mosto (mg por 100g de malta sustancia seca).

Poder Diastásico

Llaman la atención los bajos valores que presentaron los granos a los que no se les aplicó glifosato en los dos grados de humedad. Sin embargo, cuando se consideran los intervalos de confianza no habría efecto ni del grado ni de la dosis. Debido a que la bibliografía sobre este tema es escasa, no se puede determinar si los valores están dentro de rangos normales.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	320,00	(290,06 - 349,94)	285,00	(275,20 - 294,80)
Dosis 2	351,67	(302,31 - 401,02)	351,50	(346,60 - 356,40)
Dosis 4	313,67	(287,95 - 339,38)	349,00	(323,52 - 374,48)

Tabla 13 Poder Diastásico en unidades W.K.

Viscosidad del mosto

A dosis 2 y 4 existen diferencias significativas entre los distintos grados. En el grado 3 existen diferencias significativas entre la aplicación o no de glifosato. Los valores obtenidos a grado 3 de humedad serían considerados como muy buenos y para grado 2 de humedad se consideran como buenos.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	1,53	(1,49 - 1,57)	1,51	(1,50 - 1,51)
Dosis 2	1,53	(1,49 - 1,56)	1,46	(1,45 - 1,46)
Dosis 4	1,53	(1,49 - 1,56)	1,46	(1,45 - 1,46)

Tabla 14 Viscosidad del mosto (mPa . s-1).

Extracto

Se observa que para los valores obtenidos a distintas dosis como para los distintos grados estarían en el rango de buenos y aceptables.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	79,30	(78,70 - 79,90)	79,50	(79,50 - 79,50)
Dosis 2	80,20	(79,97 - 80,43)	80,55	(80,55 - 80,55)
Dosis 4	80,00	(79,48 - 80,52)	80,50	(80,11 - 80,89)

Tabla 15 Extracto (porcentaje de sustancia seca que se disuelve en el mosto).

Diferencia de extracto

Se observan diferencias significativas entre grado 3 y grado 2. Se considera el valor obtenido para dosis 4 grado 3 como muy bueno, para el mismo grado pero con 2 I serían catalogados como buenos, mientras que para los granos también en grado 3 a los que no se les aplicó glifosato los valores obtenidos son considerados como aceptables. O sea que los valores mejoraron a medida que aumentó la dosis de glifosato para este grado de humedad, existiendo diferencias significativas entre las dosis.

Para el grado 2 los valores obtenidos a dosis 2 y dosis 0 son considerados como insuficientes, mientras que solo algunos de los granos de la dosis 4 son aceptables, a pesar de esto no existe diferencia significativa entre las dosis para este grado de humedad.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	2,83	(2,25 - 3,41)	1,95	(1,95 - 1,95)
Dosis 2	2,67	(2,24 - 3,10)	1,36	(1,36 - 1,94)
Dosis 4	2,43	(1,61 - 3,25)	1,05	(0,76 - 1,34)

Tabla 16 Diferencia entre Extracto molido fino y grueso (en porcentaje).

Índice de Hartong

En este parámetro no se observa efecto del glifosato. Todos los valores obtenidos para este índice son considerados insuficientes, excepto para algunos de los granos G3 los cuales fueron aceptables con y sin glifosato.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	33,93	(32,91 - 34,95)	35,85	(32,03 - 39,67)
Dosis 2	33,87	(33,01 - 34,72)	35,20	(32,06 - 38,34)
Dosis 4	34,80	(32,32 - 37,28)	37,75	(37,46 - 38,04)

Tabla 17 Índice de Hartong a 45 °C (VZ 45).

Dureza de la malta

Se detectaron diferencias significativas para los diferentes grados de humedad, siendo los valores de grado 3 considerados como muy buenos, y en el caso del grado 2 como buenos.

	Grado 2	IC 95	Grado 3	IC 95
Dosis 0	71,00	(65,01 - 76,99)	83,00	(79,07 - 86,92)
Dosis 2	73,33	(61,89 - 84,78)	90,50	(89,52 - 91,48)
Dosis 4	77,00	(60,12 - 73,88)	81,50	(76,60 - 86,40)

Tabla 18 Dureza de la malta determinada con el friabilímetro.

5 CONCLUSIONES

La aplicación de glifosato en precosecha disminuyó la humedad de los granos a cosecha.

Se detectó interacción entre la dosis utilizada y el grado de maduración del grano al momento de la aplicación. La humedad a la cosecha de los granos con menor grado de maduración al momento de la aplicación solo se diferenció del testigo cuando se utilizó la dosis mas alta (4 l) mientras que en el caso de los granos G2 de maduración intermedia hubo respuesta a los 2 l y mayor respuesta cuando se usaron los 4 l.

No se comprobaron efectos de la aplicación de glifosato precosecha en el peso de 100 granos ni en el tamaño de los granos, los cuales si mostraron asociación con el grado de maduración alcanzado al momento de la aplicación.

La germinación en agua evaluada por el test de Pollock en los granos mas inmaduros fue mayor en los granos que recibieron tratamiento herbicida.

En el análisis de micromalteo solo se detectaron efectos de la aplicación del glifosato en la diferencia de extracto, en la dureza de la malta, en el poder diastásico y en la viscosidad del mosto. En todos los casos la respuesta al herbicida resultó favorable.

6 RESUMEN (SUMMARY)

La aplicación de glifosato precosecha de cultivos es una tecnología de reciente utilización que ha demostrado ventajas en la operación de cosecha y sobre varias características relacionadas a la calidad del grano cosechado en algunos cultivos. En el caso particular de cebada cervecera la información relativa a los posibles efectos de esta tecnología sobre las características del grano que requiere la industria es muy escasa. El presente estudio, conducido en una chacra comercial de cebada cervecera var. Bowman en la zona de Dolores (dpto. Soriano-Uruguay) tuvo por objetivos aportar alguna información relativa al tema. A tales efectos para bandas correspondientes a la aplicación aérea de glifosato a la dosis de 720 g ia⁻¹ 1440 y 0 (testigo sin aplicación) se marcaron 3 zonas diferenciadas por topografía dentro de las cuales se identificaron plantas con distinto grado de desarrollo o madurez según apreciación visual, resultando en 3 grupos una vez determinado el % de humedad en grano de las mismas: Grado 1 (30 - 35%), Grado 2 (20 - 25%) y Grado 3 (12%).

En laboratorio se determinó peso, tamaño y humedad de grano inmediatamente post-cosecha. Tres meses más tarde se realizaron pruebas de germinación (estandar y Test de Pollock) La calidad de la malta fue evaluada en el laboratorio de Maltería y Cervecería Paysandú S.A. en donde se efectuó un análisis de micromalteo determinándose: extracto, poder diastásico, diferencia de extracto, viscosidad del mosto, dureza de la malta, nitrógeno soluble en el mosto, porcentaje de proteína de la malta, índice de Kolbach, índice de Hartong a 45 °C y desarrollo de la plúmula en una muestra por cada repetición por grado de humedad y dosis.

La aplicación de glifosato en precosecha disminuyó el contenido de humedad del grano a la cosecha y esta disminución fue mayor en los granos que tenían mayores niveles de humedad al momento de la aplicación. En esta variable se detectaron además, efectos de interacción entre el grado de madurez de los granos al momento de la aplicación y la dosis de glifosato. La humedad a la cosecha de los granos con menor grado de maduración al momento de la aplicación sólo se diferenció del testigo cuando se utilizó la dosis más alta (1440 g ia ha⁻¹) mientras que en el caso de los granos grado 2 de maduración intermedia hubo respuesta a los 720 g ia ha⁻¹ y mayor respuesta cuando se usaron los 1440 g ia ha⁻¹. No se comprobaron efectos de la aplicación en el peso de los 100 granos ni en el tamaño, los cuales si mostraron asociación con el grado de maduración alcanzado al momento de la aplicación.

En el análisis de micromalteo solo se detectaron efectos de la aplicación del glifosato en la diferencia de extracto, en la dureza de la malta, en el poder diastásico y en la viscosidad del mosto. En todos los casos la respuesta al herbicida resultó favorable.

7 BIBLIOGRAFÍA

Cessna, A., Darwent, A., Kirkland, K., Townley – Smith, L., Harker, K., Lefkovitch, L., 1994. Residues of Glyphosate and its metabolite AMPA in wheat seed and foliage following preharvest applications. Canadian Journal of Plant Science. 74: 653 – 651.

Arias, G., 1991. Calidad industrial de la cebada cervecera. Serie técnica N° 18 Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 54 pp.

Acevedo, H., 1994. Calidad industrial en el programa de evaluación. V Reunión Nacional de investigadores de cebada, 1994. 87 – 96.

Darwent, A. L., Kirkland, K. J., Townley – Smith, L., Harker, K. N., Cessna, A. J., Lukov, O. M., Lefkovitch, L. P., 1993. Effect of preharvest applications of glyphosate on the drying, yield and quality of wheat. Canadian journal of plant science. 74: 221 – 230.

Martino, D. L., 1995. El herbicida glifosato. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie técnica N° 61. 27 pp.

Clarke, J. M., 1981. Effect of diquat, paraquat and glyphosate on preharvest drying of wheat. Canadian Journal of plant science. 61: 909 – 913.

Coirolo, C., Núñez, G., 1997. Evaluación de la aplicación de glifosato en un cultivo de sorgo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 28 p.

Fernández, G., Martínez, M. E., Ernst, O., 1994. Uso de glifosato en precosecha de cebada en sistemas de siembra directa. Cangüé. Revista cuatrimestral de la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni. 1: 22 - 23.

Toubia - Rahme, H., Ali - Haimoud, D. E., Garrault, G. y Albertini, L., 1995. Inhibition of Drechslera teres sclerotoid formation in barley straw by application of glyphosate or paraquat. Plant disease 79: 595 - 598.

Cerdeira, A., Cole, A., Luthe, D., 1994. Free amino acid and protein modification in southernpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) with glyphosate. Ciencia-e-Cultura-Sao-Paulo. 46: 3, 172-174; 21 ref.

Gayol, M., Martín, A., 1998. Competencia inter e intraespecífica de cebada cervecera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 56 p.

O'Keefe, M.G., Makepeace, R. J., 1985. Efficacy of glyphosate in arable situations. The herbicide glyphosate. 418 – 434. ISBN 0-408-11153-4.

ANEXO 1

1.1 ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE CEBADA DE 1^a, 2^a Y 3^a.

Modelo:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + G_j + DG_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Source	DDF	Type III F	Pr > F
DOS	15	1.60	0.2340
GRA	15	20.82	0.0001
DOS*GRA	15	0.67	0.5846

Tabla 19 Análisis de Varianza para porcentaje de cebada de 1^a.

Source	NDF	DDF	Type III F	Pr > F
DOS	2	15	0.26	0.7743
GRA	2	15	31.24	0.0001
DOS*GRA	3	15	2.30	0.1187

Tabla 20 Análisis de Varianza para porcentaje de cebada de 2^a.

Source	NDF	DDF	Type III F	Pr > F
DOS	2	15	2.65	0.1033
GRA	2	15	25.13	0.0001
DOS GRA	3	15	6.85	0.0040

Tabla 21 Análisis de Varianza para porcentaje de cebada de 3^a.

Anexo 2

1.2 ANAVA PARA PESO DE 100 GRANOS PARA CADA UNA DE LAS DOSIS.

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij} + \zeta_{ijk}$$

Cov Parm	Ratio	Estimate	Std Error	Z	
REP(GRA)	3.17969297	0.02623600	0.01610482	1.63	0.1033
Residual	1.00000000	0.00825111	0.00194481	4.24	0.0001

Tabla 22 Estimación de los parámetros de covarianza para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 0.

Source	NDF	ddf	Type III F	Pr > F
GRA	2	6	8.59	0.0173

Tabla 23 ANAVA para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 0.

Cov Parm	Ratio	Estimate	Std Error	Z	Pr > Z
REP(GRA)	1.64148881	0.04105158	0.02915351	1.41	0.1591
Residual	1.00000000	0.02500875	0.00625219	4.00	0.0001

Tabla 24 Estimación de los parámetros de covarianza para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 2.

Source	NDF	ddf	Type III F	Pr > F
GRA	2	5	5.03	0.0634

Tabla 25 ANAVA para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 2.

Cov Parm	Ratio	Estimate	Std Error	Z	Pr > Z
REP(GRA)	3.27899461	0.02435200	0.01827478	1.33	0.1827
Residual	1.00000000	0.00742667	0.00214389	3.46	0.0005

Tabla 26 Estimación de los parámetros de covarianza para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 4.

Source	NDF	ddf	Type III F	Pr > F
GRA	1	4	23.19	0.0086

Tabla 27 ANAVA para peso de las 100 semillas para todos los grados de humedad de la dosis 4.

Anexo 3

1.3 ANÁLISIS PARA PESO DE 100 GRANOS CONSIDERANDO COMO COVARIABLES DOSIS, GRADO E INTERACCIÓN DOSIS * GRADO.

Modelo:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + G_j + DG_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Cov Parm	Ratio	Estimate	Std Erro	Pr > Z
REP(DOS*GRA)	2.20866060	0.03062260	0.01220118	51 0.0121
Residual	1.00000000	0.01386478	0.00204425	78 0.0001

Tabla 28 Estimaciones de parámetros de covarianza para peso de 100 granos considerando como covariables dosis, grado e interacción dosis * grado.

Source	NDF	DDF	Type III F	Pr > F
DOS	2	15	0.75	0.4893
GRA	2	15	22.95	0.0001
DOS*GRA	3	15	0.08	0.972

Tabla 29 ANAVA para peso de 100 granos considerando como covariables dosis, grado e interacción dosis * grado.

Anexo 4

1.4 ANÁLISIS DE LA DIFERENCIA DE CUADRADOS PARA PESO SIN LA HUMEDAD COMO COVARIABLE

Level 1	Level 2	Difference	Std Error	DDF	T	Pr > T
GRA 1	GRA 2	-0.39484318	0.14056882	6	-2.81	0.0308
GRA 1	GRA 3	0.15341586	0.14343732	6	1.07	0.3259
GRA 2	GRA 3	0.54825904	0.13884812	6	3.95	0.0075

Tabla 30 Análisis de la diferencia de cuadrados para peso de la dosis 0.

Level 1	Level 2	Difference	Std Error	DDF	T	Pr > T
GRA 1	GRA 2	-0.41448306	0.16964897	5	-2.44	0.0584
GRA 1	GRA 3	0.11276472	0.17397763	5	0.65	0.5455
GRA 2	GRA 3	0.52724778	0.15015103	5	3.51	0.0171

Tabla 31 Análisis de la diferencia de cuadrados para peso de la dosis 2.