

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFECTO DEL HORARIO DE APLICACIÓN Y DE LAS CONDICIONES
METEOROLÓGICAS EN LA EFECTIVIDAD DE HERBICIDAS

por

Federico BELLENDI OLIVIERI
Guillermo CASSARINO PASTORINO
Iliana GARRONE REVETTRIA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO

URUGUAY

2012

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Juana Villalba

Ing. Agr. Grisel Fernández

Ing. Agr. Julio Rodríguez

Fecha: 13 de setiembre de 2012.

Autores: _____

Federico Andrés Bellenda Olivieri

Guillermo Andrés Cassarino Pastorino

Iliana Garrone Revettria

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Dra. Ing. Agr. Juana Villalba, nuestra tutora, por su dedicación y orientación en el desarrollo de este trabajo.

También extender nuestro agradecimiento a Francielle Rodrigues y compañeros de la carrera que colaboraron en nuestras tareas de campo.

Finalmente agradecer de manera muy especial a nuestras familias, amigos y compañeros por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 FACTORES DETERMINANTES EN LA ABSORCIÓN DE HERBICIDAS FOLIARES	2
2.2 EFECTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES AL MOMENTO DE LA APLICACIÓN	7
2.2.1 <u>Efecto de la temperatura y humedad relativa en cambios anatómicos y morfo-fisiológicos de las plantas</u>	11
2.2.2 <u>Efecto de la incidencia de la luz según el horario de aplicación y los cambios anatómicos y morfo-fisiológicos causados en las plantas</u>	13
2.3 FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL CALDO	15
2.3.1 <u>pH</u>	16
2.3.2 <u>Tensión superficial</u>	17
2.3.3 <u>Conductividad eléctrica</u>	18
2.3.4 <u>Viscosidad</u>	19
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS UTILIZADOS.....	20
2.4.1 <u>Atrazina</u>	20
2.4.2 <u>Imazethapir</u>	22
2.4.3 <u>Haloxifop</u>	23
2.4.4 <u>Pyroxsulam</u>	23

2.4.5 <u>Clorsulfuron + Metsulfuron metil</u>	24
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	25
3.1 EVALUACIÓN DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPERIMENTO DE VERANO	25
3.1.1 <u>Diseño experimental y descripción de los tratamientos</u>	25
3.1.2 <u>Metodología de instalación</u>	26
3.1.3 <u>Determinaciones en las plantas</u>	27
3.1.4 <u>Evaluaciones de propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas</u>	27
3.2 EVALUACION DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPERIMENTO DE INVIERNO.....	29
3.2.1 <u>Diseño experimental y descripción de los tratamientos</u>	29
3.2.2 <u>Metodología de instalación</u>	30
3.2.3 <u>Determinaciones en plantas</u>	30
3.2.4 <u>Evaluaciones de propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas</u>	32
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA CADA EXPERIMENTO.....	32
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	35
4.1 EVALUACIÓN DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPRERIMENTO DE VERANO	35
4.1.1 <u>Determinaciones del nivel de fitotoxicidad</u>	35
4.1.2 <u>Determinaciones del Contenido Relativo de Agua en planta</u> ...	37
4.1.3 <u>Determinación de las propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas</u>	38
4.2 EVALUACION DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPERIMENTO DE INVIERNO.....	48
4.2.1 <u>Determinaciones en planta para aplicaciones en trigo en</u>	

<u>estado Z1.3</u>	48
4.2.2 <u>Determinaciones en planta para aplicaciones en trigo en</u> <u>estado Z2.1</u>	52
4.2.3 <u>Determinaciones de propiedades físico-químicas de las</u> <u>soluciones herbicidas</u>	55
5. <u>CONCLUSIONES</u>	58
6. <u>RESUMEN</u>	60
7. <u>SUMMARY</u>	62
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	64

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los herbicidas evaluados	25
2. Condiciones meteorológicas en cada momento de aplicación	26
3. Descripción de los herbicidas evaluados	29
4. Condiciones meteorológicas en cada momento de aplicación	30
5. Fitotoxicidad (expresada en %) de imazethapir en moha a los 11 y 15 días post-aplicación.....	36
6. Fitotoxicidad (expresada en %) de haloxifop en moha a los 11 y 15 días post-aplicación.....	36
7. Temperatura máxima y media (°C) y humedad relativa promedio (%) en los 7 días previo a la aplicación	38
8. Viscosidad de las distintas soluciones debido a cambios en la temperatura.....	42
9. Fitotoxicidad expresada según la escala de daño confeccionada para trigo (Escala 1 a 4: fitotoxicidad decreciente, selectividad creciente)	48
10. Fitotoxicidad expresada según la escala de daño confeccionada para trigo (Escala 1 a 4: fitotoxicidad decreciente, selectividad creciente)	53
11. Propiedades físico-químicas a distintas temperaturas de la solución herbicida	55
12. Propiedades físico-químicas a distintas temperaturas de la solución herbicida	57

Figura No.

1. Detalle de las observaciones para la confección de la escala de fitotoxicidad en trigo. Valores de 1 a 4: fitotoxicidad decreciente, selectividad creciente	31
2. Contenido relativo de agua en la especie indicadora para los 4 horarios de aplicación	37
3. pH de la solución de atrazina con y sin adyuvante en función de la temperatura.....	39
4. Conductividad (mS) de la solución de atrazina en función del uso de adyuvante	40
5. Tensión superficial ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) de la solución de atrazina con y sin adyuvante en función de la temperatura	41
6. pH de la solución de imazethapir con y sin adyuvante en función de la temperatura.....	43
7. Conductividad (mS) de la solución de imazethapir con y sin adyuvante en función de la temperatura	44
8. pH de la solución de haloxifop con y sin adyuvante en función de la temperatura.....	45
9. Conductividad (mS) de la solución de haloxifop con y sin adyuvante en función de la temperatura	46
10. Tensión superficial ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) de la solución de haloxifop con y sin adyuvante en función de la temperatura	47
11. Efecto del horario de aplicación en el peso de las plantas a los 18 dpa, para cada herbicida aplicado	51
12. Efecto del horario de aplicación en el peso de las plantas en estado Z4.7 para cada herbicida aplicado	51

1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas que ocurren durante la aplicación, como temperatura, humedad relativa e incidencia de la luz, inciden en el comportamiento de los herbicidas de actividad foliar. Algunos de los efectos de las condiciones son a través de las expresiones del desarrollo, en cambios en la cantidad y estructura de las cutículas, que constituyen el principal obstáculo que deben atravesar los herbicidas foliares para la llegada a su sitio de acción.

Por otra parte, estos factores pueden, además de determinar cambios en la absorción, afectar la translocación y metabolización, incidiendo finalmente en la actividad del herbicida en la planta.

Paralelamente, la temperatura afecta las propiedades físico-químicas del caldo de aplicación, pudiendo determinar cambios en algunas propiedades del agroquímico, como en la deposición y pudiendo así afectar el resultado final.

Resumiendo, las condiciones ambientales, especialmente temperatura, humedad relativa e incidencia de luz, pueden determinar cambios en el nivel de control y/o en la expresión de selectividad de los herbicidas foliares.

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) evaluar el efecto de distintos horarios de aplicación (9, 14, 18 y 22 hs) y el uso de adyuvante (Agral 90) en la actividad de los herbicidas atrazina, imazethapir y haloxifop, b) evaluar el efecto de distintos horarios de aplicación (8, 12 y 17 hs) y dos condiciones ambientales diferentes en la selectividad de los herbicidas pyroxsulam y clorsulfuron + metsulfuron-metil, para aplicaciones en Z1.3 y Z2.1 de trigo, c) determinar el efecto de distintas temperaturas y el uso de adyuvante en los cambios de las propiedades físico-químicas de los herbicidas evaluados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los herbicidas foliares para ser efectivos deben reunir varios requisitos. El primer paso es entrar en contacto con la maleza, deben ser absorbidos por ésta, y translocarse hasta acumularse en niveles suficientes en el sitio de acción para desencadenar la muerte de la planta.

La efectividad o selectividad de un herbicida foliar depende, principalmente, de la dosis usada, de la susceptibilidad de la especie tratada y de factores de crecimiento de la planta que interaccionan con algunos de los procesos de absorción y/o translocación.

También las características climáticas durante la aplicación pueden interaccionar con estos procesos de absorción y/o translocación o por cambios que inducen en las malezas o por alteraciones en las propiedades físico-químicas del caldo.

En la revisión se presentan los factores determinantes de la absorción, los cambios en la efectividad de los herbicidas por alteraciones de las plantas y del caldo como consecuencia de los factores climáticos.

2.1 FACTORES DETERMINANTES EN LA ABSORCIÓN DE HERBICIDAS FOLIARES

Los herbicidas foliares se caracterizan porque son aplicados directamente sobre el follaje de las plantas, aún así hay productos que presentan acción foliar y también en suelo.

La absorción de herbicidas es un proceso complejo. El caldo de pulverización, el follaje de las plantas y las condiciones ambientales, antes,

durante y después de la aplicación determinan la respuesta al herbicida (Holen y Dexter, citados por Fausey y Renner, 2001).

Según Wang y Liu (2007) es sabido que la penetración de los herbicidas en las hojas de las plantas está asociada a las propiedades físico-químicas de los ingredientes activos, en especial al tamaño de las moléculas y a la "lipofilicidad". En tanto mencionan que no se puede predecir la tasa de absorción de un compuesto en base a ninguna de estas propiedades ni por la combinación de ambas.

Kogan y Pérez (2003) señalan que un primer paso en la absorción foliar es la retención del pulverizado y su permanencia en la superficie foliar, por lo que la especie y la disposición de sus hojas son de gran importancia. Los mismos señalan que hojas verticales dispuestas casi perpendiculares al suelo (erectas) predispondrán al herbicida a escurrir, y también lo harán hojas mas paralelas al suelo pero con mayor contenido de cera. En tanto, especies que presentan hojas anchas y casi paralelas al suelo presentan mayor capacidad de retención del herbicida.

Por otra parte, la superficie de las hojas está recubierta por la cutícula, la cual está compuesta por lípidos que actúan como barrera de protección de las células epiteliales. Su función es reducir las pérdidas de agua y evitar la entrada de patógenos y/o agentes contaminantes. La cutícula de las hojas varía con la especie, las condiciones ambientales donde crece la planta (mayor grosor en zonas áridas y alta intensidad de luz) y la edad (mayor grosor en hojas maduras). En general cuanto mayor es el grosor de la cutícula, mayor es la resistencia a la penetración de los herbicidas (Kogan y Pérez, 2003).

El patrón de penetración y humedecimiento de los herbicidas foliares se relaciona de forma muy estrecha con las características de la superficie foliar (Hull et al., McWhorter, citados por Sanyal et al., 2006). Las características de la

superficie foliar incluyen no solo las características de la cutícula sino el número de estomas, tricomas, glándulas, además de otras características como el ángulo y la posición foliar (Hess, Wanamarta y Penner, citados por Sanyal et al., 2006).

Según Sanyal et al. (2006) uno de los factores que juega un rol importante en el esparcimiento del herbicida es el contenido de cera. Mc Whorter, citado por Chachalis et al. (2001) menciona que el contenido de cera foliar y el área cubierta por las gotas de herbicida están inversamente relacionadas. Así lo señalan Kogan y Pérez (2003) cuando mencionan que a medida que la cantidad de ceras epicuticulares aumenta, disminuye el mojado producido por la gota y por consiguiente el cubrimiento del pulverizado, previniendo el contacto entre las gotas del pulverizado y la cutícula. Los autores relacionan el mayor contenido de cera a un mayor escurrimiento del pulverizado.

Además de la cantidad de ceras, posee un rol importante en la penetración de los herbicidas, su composición, estructura física y la orientación de éstas en las hojas (Juniper, Whitehouse et al., citados por Sanyal et al., 2006). Existen dos tipos de ceras, por un lado las que no repelen, que se componen en gran parte de dioles, esteroides y triterpenos, y aquellas ceras que se componen con cantidades significativas de cetonas y alcanos de cadena larga, las que son más difíciles de mojar sin importar el grosor de la cutícula según Juniper y Bradley, Juniper, Holloway, citados por Sanyal et al. (2006).

En este sentido, Monquero et al. (2004) observaron que en *Commelina benghalensis* existió una mayor tolerancia al glifosato que en las especies *Ipomoea grandifolia* y *Amaranthus hybridus*, debido a la mayor proporción de hidrocarburos altamente hidrofóbicos en la cera epicuticular.

García Torres (1991a) menciona que una vez que la solución del herbicida es depositado sobre la superficie foliar, ésta va penetrando a través de la cutícula a una velocidad variable según su solubilidad y gradiente de concentración en dicha región. La velocidad de penetración aumenta proporcionalmente con la dosis y la concentración externa del producto. La velocidad del transporte del producto en la superficie interna de la cutícula afecta al gradiente de concentración y por consiguiente la velocidad de penetración del producto.

Los herbicidas pueden penetrar en la planta por medio de dos vías, polar y no-polar. En la primera el herbicida debe penetrar la zona cerosa más superficial de la cutícula, continuando su recorrido a través de las zonas no cerosas de la cutina. En la vía no-polar, el herbicida penetra en la cutícula y luego sigue su recorrido a través de las ceras embebidas de la cutina (Kogan y Pérez, 2003).

Otro factor que puede disminuir la humectación y difusión de las gotas de herbicidas es la presencia de tricomas. De acuerdo a Hess et al., citados por Sanyal et al. (2006), cuando los tricomas se encuentran muy próximos entre sí, estos pueden crear burbujas de aire que pueden evitar el contacto de las gotas de la solución herbicida con la superficie foliar y hasta pueden ser repelidas o inclusive pueden llegar a romperse debido al impacto con los tricomas. Cuando los tricomas son ramificados y están presentes en alta densidad, la porción del herbicida adherida a estos puede ser alta, impidiendo la absorción del herbicida.

Sin embargo, Benzing y Burt, citados por Sanyal et al. (2006), mencionan que los tricomas pueden proporcionar un sitio de entrada a los herbicidas de aplicación foliar.

En tanto Hess y Falk (1990), mencionan que aun siendo tricomas simples y en baja densidad, las gotas de pulverización se adhieren a estos

disminuyendo el contacto del herbicida con la planta. Los mismos afirman que si bien ocurre cierta absorción de la solución de herbicidas en los tricomas, no se conoce sobre la eficiencia de absorción dentro de éstos y su posterior translocación hacia las células de la epidermis.

La importancia de la vía estomática también es controversial, según Wanamarta y Penner, citados por Sanyal et al. (2006) cuanto mayor es la cantidad de estomas en las hojas de las plantas mejor sería la infiltración de los herbicidas.

Sin embargo Kogan y Pérez (2003) mencionan que los estomas no son de vital importancia en la absorción y penetración foliar de los herbicidas, ya que los mismos indican que la cavidad sub-estomática se encuentra recubierta por cutícula y llena de aire con una alta humedad relativa, lo que hace difícil la penetración del pulverizado a través del poro estomático. Argumentan además, que los estomas se encuentran cerrados a temperaturas altas, o cuando la planta se encuentra en estrés hídrico, lo que impediría la absorción de los herbicidas cuando son aplicados en dichas condiciones. Por otra parte, García Torres (1991a) señala que la densidad de los estomas suele ser muy baja en la cara superior de las hojas de la mayoría de las especies dicotiledóneas, sobre las cuales se depositan la mayoría de las gotas del pulverizado.

Wang y Liu (2007) señalan que la penetración de los herbicidas varía enormemente con la especie, y según estos autores no hay un método simple hasta el momento para evaluar rápidamente la permeabilidad de la superficie foliar de una planta.

En este sentido, Sanyal et al. (2006) indican que existe una actividad diferencial entre los distintos herbicidas dependiendo de la especie. Las variaciones de cantidad, tipo, calidad y disposición de ceras, estomas y tricomas no solo son evidentes para especies diferentes sino que pueden

ocurrir dentro de una misma especie respondiendo a cambios en las condiciones de crecimiento (Kogan y Pérez, 2003).

El uso de adyuvante puede mejorar la absorción de un herbicida y por lo tanto mejorar su capacidad de actuar, dependiendo del fitosanitario utilizado, especie vegetal y condiciones ambientales. Wang y Liu (2007) comentan que varios adyuvantes están siendo utilizados para incrementar la penetración de los herbicidas en el follaje de las plantas objetivo, pero sus efectos varían con la especie y los productos químicos.

Según Cunha et al. (2010b) el adyuvante cumple con la función de mejorar la eficacia biológica a través de la modificación de las propiedades físico-químicas de los ingredientes activos. Por otra parte la WSSA, citada por Kogan y Pérez (2003) menciona que el agregado del adyuvante se realiza con el objetivo de mejorar la actividad del herbicida y las características de aplicación. Según Roman et al., citados por Maciel et al. (2010) los adyuvantes tenso-activos cumplen con la función de mejorar la emulsificación, dispersión, esparcimiento y humectación.

2.2 EFECTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES AL MOMENTO DE LA APLICACIÓN

Según Stewart et al. (2009) hay varios factores ambientales que podrían explicar las variaciones en la eficacia de los herbicidas a lo largo del día. Es difícil mencionar algunos de estos factores en forma aislada porque existen varias interacciones.

La translocación de herbicidas foliares es principalmente vía floema y ocurre con la translocación de los azúcares fotosintetizados, por lo que todas

las condiciones ambientales que favorecen la fotosíntesis (alta iluminación, humedad y temperatura adecuada) benefician el movimiento del herbicida (García Torres, 1991a).

Los distintos niveles de control en función de la hora en que se apliquen los herbicidas responden a distintos factores, como las condiciones ambientales (temperatura, humedad, viento, rocío, etc.), la superficie expuesta de la hoja (Kraatz y Andersen, 1980), espesor de la cera epicuticular (Hess y Falk, 1990), la tasa metabólica de la planta (Waltz et al., 2004) y la posición de las hojas (Mohr et al., 2007) que afectan la intercepción de los herbicidas post-emergentes y consecuentemente la absorción y la translocación.

Según los resultados de Johnson y Young (2002) la influencia de la temperatura y de la humedad relativa en la eficacia de mesotrione en aplicaciones foliares es dependiente de la especie, y por ello debe ser una consideración importante en las aplicaciones a campo.

Stewart et al. (2009) en sus estudios encontraron asociación en el control de malezas, con los horarios de aplicación, según los herbicidas evaluados. Para el control de *Amaranthus retroflexus* y *Chenopodium album* L. con Atrazina no hubo efecto del horario de aplicación. Sin embargo, el control de *Abutilon theophrasti* L. y *Ambrosia artemisiifolia* fue maximizado cuando la Atrazina se aplicó a las 15:00 horas. El control de *Abutilon theophrasti* L. fue de 13% cuando la Atrazina fue aplicada a las 6:00, 9:00, 12:00, 18:00, 21:00, y 24:00 horas y de 58% cuando se aplicó a las 15:00 horas. De modo similar, el control de *Ambrosia artemisiifolia* fue 19 y 18% superior en la aplicación de las 15:00 horas comparado a las aplicaciones de las 6:00 y 24:00 horas, respectivamente. Estas relaciones entre los niveles de control de malezas y los momentos del día, lo asociaron a la ocurrencia de las mayores temperaturas del aire en esos momentos (31.2°C).

Resultados similares obtuvieron Mohr et al. (2007) en donde el control de malezas fue dependiente del horario de aplicación del herbicida. Los controles de las especies de hoja ancha fueron menores en las aplicaciones de las 6:00 horas y las posteriores a las 20:00 horas. Siempre los mejores controles los obtuvieron para los horarios desde las 10:00 hasta las 20:00 horas, coincidiendo con la ocurrencia de mayores temperaturas, que oscilaron según el experimento de 27.5 a 32°C.

Por su parte Martinson et al. (2005) observaron una menor eficacia de los herbicidas cuando las aplicaciones se realizaron a las 6:00, 21:00 y 24:00 horas, comparadas con aplicaciones de las 9:00 a 18:00 horas, independientemente del herbicida utilizado y el agregado o no de un adyuvante complementario. Aumentos en la dosis de los herbicidas y/o la inclusión de un adyuvante aumentó la eficacia, pero no superó el efecto de la hora del día, por lo cual éste permanece como un factor significativo en el control de malezas. A sí mismo, menciona que las temperaturas altas juegan un rol importante en la eficacia de los herbicidas, ya que los mejores controles de malezas se obtuvieron en los horarios en los que se registraron mayores temperaturas (promedio de 28°C).

También Waltz et al. (2004) obtuvo mayor control de *Abutilon theophrasti* L. con aplicaciones de glifosato durante el día comparado con aplicaciones realizadas antes del amanecer y después del atardecer. Los autores lo relacionan a la presencia de luz y a las temperaturas cuyos registros fueron superiores a 30°C.

Otro de los factores tenidos en cuenta por los aplicadores a la hora de realizar las pulverizaciones con el fin de evitar la deriva es el viento. Waltz et al. (2004) menciona que típicamente los productores realizan las aplicaciones de herbicidas temprano en la mañana (6:00 hs), o a última hora del día (21:00-

24:00 hs) con la finalidad de disminuir la ocurrencia de deriva por la presencia de vientos. Sin embargo Stewart et al. (2009) cuestiona la eficacia de los herbicidas aplicados en estos horarios. Una hipótesis es que la presencia del rocío en la superficie foliar intercepta las gotas del herbicida pulverizado, aumentando el escurrimiento y disminuyendo así el control de las malezas (Fausey y Renner 2001, Martinson et al. 2005). En tanto Stewart et al. (2009) comprobaron que el rocío no contribuyó a la disminución de la eficacia de los herbicidas aplicados a las 6:00 y 24:00 horas de manera importante.

Mientras tanto Kogan y Zúñiga (2001) encontraron que la presencia de rocío en las hojas de malezas en un cultivo de avena (*Avena sativa* L.) sólo afectó la eficacia del glifosato cuando éste fue aplicado en grandes volúmenes (450 L/ha). Volúmenes de pulverización inferiores, independientemente del nivel de rocío han demostrado no afectar el escurrimiento y mejorar la absorción foliar. Fausey y Renner (2001) señalaron que si bien la disminución de la eficacia del herbicida se atribuyó principalmente a la pérdida de herbicida por escurrimiento, otro factor que contribuye es la dilución del caldo con el agua del rocío sobre las hojas.

En tanto Behrens, citado por Martinson et al. (2005) determinó que la mayor reducción en el control de malezas se produjo cuando el rocío se formó después de la aplicación de herbicidas. Martinson et al. (2005) obtuvieron resultados similares encontrando una disminución del control de malezas cuando las aplicaciones fueron realizadas previas a la formación de rocío, o en las horas de la tarde, para el herbicida glifosato, no así para el herbicida glufosinato.

Kogan y Pérez (2003) indican que el rocío puede incrementar el área de contacto, amortiguar el impacto de gotas grandes (>300 μm) del pulverizado sobre la superficie foliar, incrementar la hidratación de la cutícula y mejorar la

distribución del pulverizado, explicando su efecto positivo. La ocurrencia de estas condiciones luego de la aplicación mantiene al herbicida en solución, facilitando la penetración, mientras que un clima cálido y alta luminosidad durante dicho período favorece el transporte en floema (Caseley, s.f.).

Otro factor ambiental que tiene influencia en la efectividad de los herbicidas es la humedad relativa al momento de la aplicación (Martinson et al., 2005). En general, una alta humedad relativa durante y después de la aplicación del herbicida es probable que aumente la penetración y la absorción del herbicida (Hammerton, Koukkari y Johnson, Prasad et al., citados por Martinson et al., 2005). En los resultados de Martinson et al. (2005) se observó que la humedad relativa tuvo un efecto significativo en el porcentaje de control de malezas con glifosato, mientras que dicho efecto no se observó para glufosinato.

2.2.1 Efecto de la temperatura y humedad relativa en cambios anatómicos y morfo-fisiológicos de las plantas

Dentro de las condiciones ambientales que determinan cambios en las plantas, cantidad y estructura de cutículas, y que influyen así en la absorción de los herbicidas foliares, la temperatura es mencionado como el más importante (Fletcher y Kirkwood, citados por Lallana et al., 2006). Según Hess y Falk (1990) las características fisiológicas y morfológicas de las diferentes especies son muy variables y estos cambios pueden determinar diferencias en el control. Por otra parte, Sanyal et al. (2006) menciona que las características morfológicas y físico-químicas de las hojas de varias especies de malezas influyen en el comportamiento de los herbicidas. Y estos cambios están fuertemente determinados por variables ambientales que cambian a lo largo del día, por ejemplo por cambios en la luz (Hatterman et al., 2011).

García Torres (1991a) menciona que las elevadas temperaturas estimulan la penetración de los herbicidas al alterar las características físicas de la cutícula y acelerar ciertos procesos fisiológicos. Andersen et al., citados por Martinson et al. (2002) señalan que la temperatura tiene influencia sobre los niveles de respiración, y otros procesos metabólicos como la permeabilidad de la membrana, la absorción de iones, absorción de agua y absorción de herbicidas.

En ese sentido, incrementos en la temperatura del aire pueden afectar la eficacia de los herbicidas mediante la alteración de la cera cuticular de las hojas, ya que mayores temperaturas incrementan la fluidez de la cutícula y la membrana plasmática resultando en una mayor absorción del herbicida (Johnson y Young, 2002) y también con efecto en la translocación (Price, citado por Stewart et al., 2009).

Caseley (s.f.) señala que en general la absorción y la translocación de herbicidas aumenta con incrementos en la temperatura. Según este autor esto es debido a efectos en el nivel de difusión a través de la cutícula de la planta, mayores niveles de transpiración y subsecuente movimiento apoplástico, y un aumento en la actividad metabólica general de la planta que proporciona fuentes adecuadas de energía para la carga de los asimilados en el flujo de translocación/transporte. El autor señala que la absorción del herbicida puede ser restringida bajo condiciones cálidas y secas ya que se cree que herbicidas solubles en agua requieren estar en solución para ser eficientemente absorbidos.

Price, citado por Martinson et al. (2002), menciona que temperaturas cálidas óptimas promueven la penetración de herbicidas debido a la menor viscosidad de la cutícula, a un aumento en los niveles de difusión y un aumento en la actividad enzimática y proceso metabólico.

Según Martinson et al. (2005) las temperaturas altas provocan una mayor actividad del herbicida. Las temperaturas cálidas promueve la penetración de los herbicidas, aunque temperaturas superiores a las óptimas pueden reducir la entrada de los herbicidas, causando el cierre estomático, y provocando un secado rápido de las gotas de pulverización (Muzik y Muldin, Ritter y Coble, citados por Martinson et al., 2005).

En lo que refiere a humedad relativa, según Hull, citado por Johnson y Young (2002), un aumento de la misma resulta en una mayor hidratación de la cutícula y apertura de estomas, lo cual facilita la difusión de herbicidas solubles en agua hacia el interior de la superficie foliar. Con ello concuerda García Torres (1991a) cuando menciona que el funcionamiento de la cutícula puede compararse al de una esponja. Si bien de forma lenta el agua traspasa la cutícula y se evapora, de forma similar la atraviesan en sentido contrario las sustancias solubles que en ella se depositan. El autor señala que en condiciones de alta humedad sus poros pueden estar abiertos y permiten el paso del agua, y conforme la humedad desciende, los poros se cierran.

Fisiológicamente, la humedad relativa afecta el estado hídrico de la planta, la apertura de estomas, hidratación y permeabilidad de la cutícula, y el mantenimiento de una continuidad acuosa entre la cutícula y el apoplasto (Martinson et al., 2002).

2.2.2 Efecto de la incidencia de la luz en las características anatómicas y morfo-fisiológicas de las plantas

La incidencia de la intensidad de la luz en la efectividad de los herbicidas foliares refiere a los cambios que ésta provoca en el ángulo foliar de algunas especies y por tanto que pueden afectar la deposición de los herbicidas sobre las hojas. Según Norsworthy et al. (1999) el ángulo foliar de las hojas puede ser alterado a lo largo del día ya que éste es dependiente de la intensidad de luz.

Los movimientos foliares diurnos son responsables de la reducida eficacia del herbicida (Doran y Andersen 1976, Norsworthy et al. 1999, Sellers et al. 2003). Estos movimientos foliares provocan cambios en el ángulo foliar que afectan la intercepción y retención del herbicida en las plantas (Andersen y Koukkari, 1978). En su estudio los resultados sugirieron que aunque otros factores pueden estar involucrados, el cambio en la orientación de las hojas con su resultante modificación en la retención de la pulverización, es la causa de mayor importancia en el efecto de la hora del día en respuesta a la aplicación de bentazon en *Abutilon theophrasti*.

Norsworthy et al. (1999) confeccionaron una escala para identificar el ángulo de las hojas, marcando como 0° cuando las hojas estaban horizontales y verticales cuando estaban +90° y -90°. Estos autores obtuvieron disminuciones en la retención de los herbicidas en los tejidos de las hojas de 70 y 67%, consecuencia de disminuciones en el ángulo de las hojas de 72° y 81° y una disminución del 50% en el control luego de la aplicación.

Por su parte Mohr et al. (2007) señala que la variación en el ángulo foliar no explica por sí solo la reducción en el control de malezas. En el experimento de Norsworthy et al. (1999) se observó un efecto del horario de aplicación, aunque menor, en *Sida Spinosa* L., especie que no exhibe movimiento diurno de hojas, siendo un 20% menos su control para aplicaciones de 1.12 Kg/ha de glifosato a las 21:00 horas en comparación a las aplicaciones realizadas a las 16:00 horas, aún cuando no se detectaron diferencias en la intercepción del herbicida.

Otros resultados donde el control de malezas fue dependiente del horario de aplicación, debido al movimiento diurno de las hojas fue reportado por Kraatz y Andersen (1980).

Según Mohr et al. (2007) en su experimento llevado a cabo en condiciones de invernáculo con aplicaciones de glifosato en *Abutilon theophrasti* L., el ángulo foliar contribuyó en un 82% al control, siendo éste menor a medida que el ángulo foliar determinó una disposición de hoja paralela al tallo, mientras que la hora del día contribuyó en un 18%. Los autores concluyeron que para *Abutilon theophrasti* L, especie que presenta marcado movimiento foliar diurno, la hora de aplicación junto con los cambios en el ángulo foliar, contribuyen al control de la misma. Mientras que, en *Echinochloa crus-gallis*, la que carece de movimientos diurnos de hoja, el control fue dependiente del horario de aplicación, encontrándose las mayores diferencias en el control cuando se comparan las aplicaciones de las 14:00 y 17:00 horas comparado a aplicaciones de las 18:30, 19:15 y 20:00 horas, resultando el porcentaje de control en 60% y 35%, respectivamente.

2.3 FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL CALDO

Las propiedades físico-químicas del caldo de aplicación pueden sufrir alteraciones en respuesta al agregado de adyuvantes. Miller et al. (2000), Cunha et al. (2003), señalan que los adyuvantes pueden alterar el patrón de pulverización, debido a los cambios en las propiedades. En consecuencia de esa forma pueden alterar la eficacia de los herbicidas.

Por otra parte, la temperatura puede afectar las propiedades físico-químicas y por tanto, pueden alterar los patrones de pulverización.

Se presentan las propiedades y algunas modificaciones que pueden sufrir como consecuencia de las alteraciones en la temperatura al momento de la aplicación.

2.3.1 pH

Cada producto fitosanitario tiene un pH óptimo para su actividad, cambios en esta propiedad por las mezclas de productos y/o adyuvantes o la calidad del agua pueden determinar cambios en la efectividad.

Según Cunha et al. (2010a) aumentos en la temperatura del caldo llevan a reducciones del pH, como consecuencia de una mayor liberación de hidrogeniones.

La intensidad de las reacciones del caldo varía con el pH y el tipo de ion de la solución. Las propiedades físico-químicas y la actividad de los herbicidas pueden ser modificadas mediante reducciones en el pH de la solución McCormick, citado por Maciel et al. (2010).

García Torres (1991a) señala que la acidez de la solución herbicida parece ser un factor de importancia en la penetración de algunos herbicidas que son ácidos-débiles. Estos herbicidas a pH superiores a 5 se disocian en iones que no pueden seguir la vía lipoidal. Por el contrario a pH más bajo una proporción considerable del herbicida está en forma de ácido no disociado y puede penetrar vía lipoidal. De este modo, la acidificación puede intensificar la penetración de herbicidas ácidos-débiles, si bien dicha acidificación no puede llegar al extremo de dañar la superficie de la planta o tejidos subyacentes.

En este sentido, Sanchotene et al. (2007) mencionan que el agua acidificada a un pH de 4.5 aumentó la eficacia de Imazetapir + imazapic para el control de *Oryza sativa* (Arroz rojo), en comparación a agua alcalina (pH 9.4 y 8.7). Si bien todos los tratamientos presentaron fitotoxicidad para el arroz

cultivado, los tratamientos con agua alcalina presentaron una recuperación más rápida del cultivo.

En tanto Maciel et al. (2010) estudiando la compatibilidad de las mezclas de Chlorimuron-ethyl con distintas formulaciones de glifosato, en relación a las características físico-químicas de la solución, encontró beneficiosa la mezcla caracterizada por una disminución en el pH que favorecería la disociación de los herbicidas y la absorción.

Por otro lado, la actividad de los herbicidas foliares que son neutros (la mayoría de los productos de acción post-emergentes) no es influenciada por el pH de la solución mientras que la actividad de los herbicidas de reacción básica (ejemplo las triazinas) puede ser reducida en soluciones ácidas (Rodríguez, s.f.).

2.3.2 Tensión superficial

Según Kogan y Pérez (2003) las fuerzas de cohesión entre las moléculas de la superficie de un líquido son responsables del fenómeno conocido como tensión superficial. Los mismos la definen como la tendencia de las moléculas en la superficie de un líquido de ser atraídas hacia el centro del cuerpo.

Cunha et al. (2010b) mencionan que la tensión superficial es variable de líquido a líquido, y la define como la fuerza que existe en la interfase de líquidos no miscibles, que impide que éstos se mezclen. En un líquido de moléculas polarizadas como el agua, la atracción es significativa y se ejerce igualmente en todas las direcciones. En tanto en la superficie, por la discontinuidad de la fase líquida, la atracción es mayor, lo que genera una tensión superficial. Según Kogan y Pérez (2003) ésta tiende a minimizar el área superficial debido al exceso de energía localizada. Singh, citado por De Mendonça et al. (1999) señaló que los adyuvantes órgano-siliconados fueron los más eficaces en la reducción de la tensión superficial. Según Cunha et al. (2010b) a estos

adyuvantes se los conoce como “súper esparcidores” ya que reducen drásticamente la tensión superficial del líquido pulverizado a tal punto en que las gotas se aplanan y se juntan formando una capa delgada sobre las superficies aplicadas.

En el trabajo de Maciel et al. (2010) para las mezclas de Chlorimuron-ethyl con las formulaciones de glifosato, se encontró que la mezcla provocó una reducción en la tensión superficial que podría ser ventajoso desde aspectos de formación y deposición de gotas.

Por otro lado, en el trabajo de De Mendonça et al. (1999) se concluyó que un agente tenso-activo no es suficiente para reducir la tensión superficial del agua destilada de manera que pueda ser recomendado para uso agrícola, indicando que el tenso-activo debe ser sometido a pruebas preliminares con los herbicidas que se combinan para recomendación adicional. De Mendonça (2003) concluyó que la respuesta en relación con la mejora de la absorción depende de la interacción entre las especies, el herbicida (ingrediente activo) y el tenso-activo.

Kogan y Pérez (2003) mencionan que a mayor temperatura las fuerzas de atracción (electrostáticas) entre las moléculas vecinas en la superficie de un líquido disminuyen y, por ende, disminuye la tensión superficial.

2.3.3 Conductividad eléctrica

Según Ostwald (1975), se entiende por conductividad eléctrica a la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución para conducir la corriente eléctrica. La conductividad viene determinada tanto por la presencia de los iones como por su concentración en la solución.

Cambios en la conductividad eléctrica de una solución herbicida, indicarían entonces, cambios en la ionización del herbicida y según vimos esta ionización puede alterar los patrones de absorción.

La temperatura también puede determinar modificaciones en la conductividad. Cunha et al. (2010a) obtuvieron disminuciones en la conductividad eléctrica por efecto de reducción en la temperatura del caldo. Encontraron que la conductividad eléctrica fue afectada por la composición química de los distintos adyuvantes. El mismo autor determinó reducciones en la conductividad al usar aceites minerales, mientras que los aceites vegetales provocaron aumentos en ésta propiedad.

2.3.4 Viscosidad

La resistencia de un líquido a fluir se la denomina viscosidad, cuanto mayor es la viscosidad, más lenta es su velocidad de flujo. Los líquidos de baja viscosidad como el agua y el alcohol, fluyen con mayor rapidez (Burns, 1996).

La viscosidad de la mayoría de los líquidos se ve afectada por la temperatura. Burns (1996) señala que por lo general ésta disminuye al aumentar la temperatura, debido a que la mayor energía cinética vence en forma parcial a las fuerzas intermoleculares.

Cuanto más viscoso es el fluido, más fácilmente suspenderá las partículas y las transportará a la superficie. Menciona Cunha et al. (2010a) que la cohesión entre las moléculas es la causa dominante en la viscosidad de los líquidos, como ésta disminuye en respuesta a la temperatura, la viscosidad sigue el mismo patrón.

En los experimentos llevados a cabo por Cunha et al. (2010a) con distintos adyuvantes, se determinaron cambios en la propiedad de acuerdo al adyuvante y a la temperatura. En 5 y 15°C todos elevaron la viscosidad,

mientras que en 25°C no hubo alteración al agregado de los diferentes aceites vegetales y minerales evaluados.

Smith et al. (2000) evaluó para una solución con y sin adyuvante modificador (espesante) de la viscosidad, la variación en la deposición de la solución sobre las hojas de *Cassia occidentalis*, no encontrando variaciones en la misma. La hipótesis fue que las fuerzas viscosas internas desarrolladas cuando la gota impacta en la hoja podría ser suficiente para reducir el rebote de la gota y por tanto mejorar la eficiencia de deposición. Los resultados indicaron que variaciones en la viscosidad no necesariamente se asocian a alteraciones en la deposición sobre las hojas de dicha especie.

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS UTILIZADOS

2.4.1 Atrazina

La atrazina es un ingrediente activo que pertenece al grupo químico de las triazinas y según composición química del radical R1 a las clorotriazinas. Las triazinas son inhibidores de la fotosíntesis y corresponden a la familia de herbicidas con actividad foliar y a través del suelo. Se caracteriza por ser poco soluble en agua (33 ppm), no se volatiliza, presenta absorción y lixiviación moderadas. Es muy persistente, por lo que puede provocar fitotoxicidad en cultivos siguientes, sobre todo en climas áridos y suelos básicos. Se aplica en pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia temprana, y controla amplio espectro de gramíneas y dicotiledóneas (García Torres y Fernández-Quintanilla, 1991c).

Según Kogan y Pérez (2003) la principal vía de entrada de la atrazina son las raíces. Se moviliza fácilmente vía apoplasto hacia la zona estelar

(xilema) y de ahí hacia el follaje junto con la corriente de transpiración, donde inhiben el fotosistema II. Su sitio de acción está en los cloroplastos. Por el contrario cuando es absorbido por hojas maduras, se moviliza en dirección acropétala de la hoja tratada o entra al xilema y se transporta hacia hojas que estén transpirando activamente. Tal movimiento en dirección acropétala lleva los herbicidas hacia los márgenes de las hojas.

Las triazinas se usan en muy diversos cultivos, aplicadas en pre-emergencia y/o post-emergencia, para el control de malas hierbas anuales. Según Mosier et al. (1990) la selectividad de las triazinas está determinada por el camino en que son metabolizadas y la tasa de detoxificación en una planta dada. Especies como maíz y sorgo poseen la enzima glutathione-S-transferasa y pueden metabolizar selectivamente a los herbicidas de las triazinas en compuestos no tóxicos.

La acción de los herbicidas inhibidores de la fotosíntesis se ve favorecida con condiciones de baja luminosidad días antes de aplicar el herbicida y alta luminosidad después de su aplicación. Cuando es aplicado en pre-emergencia la mayor disponibilidad de humedad en el suelo favorece la absorción del herbicida y la posterior aparición de síntomas (García Torres y Fernández-Quintanilla, 1991c).

Las triazinas no son volátiles y su descomposición por la acción de la luz es muy limitada o inexistente. Por el contrario la actividad microbiana juega un papel importante en la descomposición de la mayoría de los herbicidas de esta familia. Son adsorbidas con intensidad por los coloides del suelo y no suelen emplearse en suelos con alto contenido de materia orgánica (García Torres y Fernández-Quintanilla, 1991c).

En Uruguay se restringe, dada la Resolución del MGAP No. 55/2011 (Modernel, 2012), el uso de productos fitosanitarios de uso agrícola formulados

a base de atrazina – en lo referente a la dosis máxima permitida reduciéndola a 1 kilogramo de ingrediente activo por hectárea por año en el cultivo de maíz. En el caso de sorgo, la dosis máxima de atrazina permitida por hectárea y por año según la Resolución de la DGSA No. 029 del 25/07/2011 (Modernel, 2012), es de 1 kilogramo y medio de ingrediente activo.

2.4.2 Imazethapir

El imazethapir es un ingrediente activo que pertenece al grupo químico de las imidazolinonas, inhibidores meristemáticos, y corresponden a la familia de herbicidas con actividad foliar y a través del suelo. Se caracteriza por ser poco soluble en agua y muy poco volátil. Es relativamente persistente en suelo, pudiendo afectar a los cultivos siguientes. La dosis recomendada varía entre 30 y 150 g/ha, según cultivos y métodos de aplicación. Se pueden aplicar en pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia. Se absorben rápidamente a través de las raíces y parte aérea de la planta y se translocan vía xilema y floema, acumulándose en las regiones meristemáticas, siendo éste el tejido que posiblemente afectan en primer lugar (García Torres y Fernandez-Quintanilla, 1991c).

Según Kogan y Pérez (2003) las imidazolinonas presentan alta movilidad relativa en planta y las principales rutas de transporte son tanto vía apoplasto como simplasto.

Para aplicaciones de post-emergencia se suelen aplicar con surfactantes no iónicos. Si bien las malas hierbas sensibles cesan de crecer poco después del tratamiento, su muerte sobreviene bastante más tarde, de cuatro a ocho semanas. Muestran actividad tanto sobre especies gramíneas como dicotiledóneas, si bien la susceptibilidad a las imidazolinonas varía mucho según especies (García Torres y Fernandez-Quintanilla, 1991c).

2.4.3 Haloxifop

Pertenece al grupo de herbicidas denominado GSPE (Graminicidas selectivos de post-emergencia) incluido en el grupo ariloxi-fenoxipropionatos comúnmente llamados "FOPS". Son importantes inhibidores de la síntesis de lípidos. Se absorben vía foliar y son transportados a través del floema a las zonas meristemáticas donde ejercen su acción al inhibir la síntesis de lípidos y ácidos grasos. La cantidad de herbicida que es transportada es muy baja en relación a la cantidad absorbida (Kogan y Pérez, 2003).

Según García Torres y Fernández-Quintanilla (1991b), el herbicida es activo en pre-emergencia y post-emergencia en el control de gramíneas anuales y perennes. Las dosis de uso varían de 40 a 150 g/ha para el haloxifop, el control de especies anuales requiere las dosis mas bajas y las perennes las mas elevadas. Además se ha comprobado que la adición de una pequeña cantidad de un determinado aceite de petróleo aumenta considerablemente su actividad, lo que puede aún disminuir más la dosis a aplicar.

El mismo autor menciona que el período de aplicación de los herbicidas de este grupo suele ser considerablemente amplio. Si bien la mayoría de los graminicidas son más sensibles en el estado de tres a cinco hojas, se muestran asimismo, sensibles a estados de desarrollo mucho mas avanzados. La actividad en el suelo es muy reducida a las dosis recomendadas. La adsorción por los coloides del suelo es más bien baja, y no parece estar muy influenciada por la materia orgánica, contenido en arcilla o pH. Aunque su solubilidad en agua es baja, su lixiviación parece ser elevada.

2.4.4 Pyroxsulam

Es un herbicida usado para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha en el cultivo de trigo. Se absorbe tanto por vía foliar como radicular. Se

transloca por xilema y floema y actúa sobre los tejidos meristemáticos en zonas de activo crecimiento de la planta, inhibiendo la enzima acetolactato sintetasa (ALS), responsable de la reacción que permite la biosíntesis de aminoácidos esenciales para el desarrollo y crecimiento normal de la planta.

La recomendación de etiqueta, es la aplicación en post-emergencia temprana del cultivo, desde 2-3 hojas hasta fin de macollaje – primer nudo visible. Tiene acción residual en suelo, tanto de malezas gramíneas como de latifolioladas en trigo.

2.4.5 Clorsulfuron + metsulfuron metil

Es una mezcla de herbicidas que se encuentran disponible bajo la formulación de Finesse, son selectivos para el control en pre y post-emergencia con acción residual en malezas de hoja ancha en el cultivo de trigo (Modernel, 2012). El mecanismo de acción primario de ambos herbicidas es la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS) (Kogan y Pérez, 2003). Una vez aplicados son absorbido por las raíces y follaje de las malezas, translocándose a las zonas de activo crecimiento e inhibiendo el desarrollo de las malezas susceptibles. Cuando la aplicación es en post-emergencia de las malezas es necesario agregar un surfactante no iónico (Modernel, 2012).

Al momento de la aplicación las malezas deben tener de 2 a 5 hojas en activo crecimiento. El hecho de tener acción residual, permite el control de muchas malezas que germinan después del tratamiento.

La información de etiqueta no aconseja su uso cuando el cultivo y las malezas están bajo situación de estrés tales como sequía, baja fertilidad, ataques de insectos, baja temperatura o heladas, ya que el control puede ser deficiente y el cultivo puede resultar afectado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Universidad de la República ubicada en el Departamento de Paysandú. Las evaluaciones biológicas fueron conducidas en el invernáculo y la evaluación de las características físico-químicas del caldo fue realizada en el Laboratorio de Análisis Químico y en el Laboratorio del Tecnólogo Químico de Paysandú (UTU- UdelaR).

3.1 EVALUACION DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPERIMENTO DE VERANO

3.1.1 Diseño experimental y descripción de los tratamientos

Los herbicidas evaluados fueron Atrazina, Imazethapir y Haloxifop, en las dosis y formulaciones descritas en el Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1: Descripción de los herbicidas evaluados

Principio activo	Nombre comercial	Dosis PC/ha
Atrazina	Atranex 90	1.67 Kg
Imazethapir	Pivot	1.00 L
Haloxifop	Verdict M	0.40 L

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con 3 repeticiones, con un arreglo factorial de tratamientos, siendo un factor el horario de aplicación (9, 14, 18 y 22 hs) y otro el uso del adyuvante Agral 90 a razón de 30 mL/ha (sin y con).

Cada repetición estuvo constituida por una maceta con 5 plantas de moha (*Setaria italica*), usada como especie indicadora.

Para cada horario de aplicación se determinaron los parámetros de humedad relativa y temperatura (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2: Condiciones meteorológicas en cada momento de aplicación

Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
09:00	18.4	62.0
14:00	26.5	39.0
18:00	27.1	32.0
22:00	22.3	46.0

3.1.2 Metodología de instalación

La siembra de la moha se realizó el 22/02/2011 en macetas de 25 cm de diámetro. El sustrato utilizado fue una mezcla de tierra y arena fina en una proporción 2:1 respectivamente, usando una profundidad de siembra de 1 cm. Todos los tratamientos se mantuvieron con igual suministro de agua y condiciones de mantenimiento en relación a fertilización y suministro de luz.

La aplicación de los herbicidas en los distintos horarios de aplicación se llevó a cabo el día 30/03/2011. Para la misma se utilizó un equipo pulverizador presurizado a CO₂, calibrado para aplicar un volumen de 100 L/ha a una presión de 1.8 bar usando boquillas TT 11001 de marca Teejet. Al momento de aplicación el estado de desarrollo de la especie indicadora era de 3-4 hojas.

3.1.3 Determinaciones en las plantas

Contenido Relativo de Agua (CRA)

La evaluación del contenido relativo de agua se hizo para conocer el estatus hídrico de las plantas en cada horario de aplicación. Para ello se colectaron 5 plantas previo a la aplicación, de las cuales se hicieron 2 repeticiones de 10 cortes por planta. Se utilizó la metodología sugerida por Barrs y Weatherley (1962), donde:

$$\text{CRA} = (\text{peso fresco} - \text{peso seco}) / (\text{peso turgente} - \text{peso seco}).$$

El peso fresco se determinó al momento del corte, el peso turgente es el que se obtuvo luego de colocar el material sumergido en agua destilada por 12 hs y el peso seco se obtuvo luego de introducir los cortes en estufa a 60°C por 24 hs.

Evaluación de fitotoxicidad

Para cuantificar los efectos del horario de aplicación y el uso de adyuvante en la actividad de cada herbicida se evaluó el control a los 11 y 15 días post aplicación (dpa), para lo cual se utilizó una escala de porcentaje de control, a partir de la apreciación visual, donde 0= sin síntoma de control, 50= 50% de las plantas presentan síntomas de daño y 100= planta muerta.

3.1.4 Evaluaciones de propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas

Para la evaluación de las propiedades físico-químicas se plantearon experimentos con diseño completamente al azar con 3 repeticiones, donde cada herbicida constituyó un experimento. Siendo los 2 factores de estudio el agregado de adyuvante (sin y con) y diferentes temperaturas de las soluciones

(10, 20, 30 y 40°C) que se eligieron intentando simular las condiciones que ocurren en las aplicaciones de verano.

Las soluciones de cada herbicida, con y sin adyuvante, se colocaron en 3 vasos de bohemia constituyéndose así las repeticiones.

pH

El pH fue medido con un pHmetro de marca OAKTON (Acorn Series) pH mV/°C meters, previamente calibrado con soluciones patrones.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica fue medida con un conductímetro de marca LUTRON IK 43CD (Micro Siemens), en la escala mS, previamente calibrado con solución patrón.

Tensión superficial

La tensión superficial de las soluciones fue realizada en forma indirecta a partir de la estimación de masa, siguiendo la Ley de Tate, donde:

$$m/m' = \gamma/\gamma'$$

Donde; m= masa de 30 gotas de agua, m'=masa de 30 gotas de la solución herbicida, γ =tensión superficial del agua a esa temperatura, γ' =tensión superficial de la solución herbicida. La tensión del agua para cada temperatura fue tomada de tablas estándares y expresadas en $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$.

El peso de las gotas de solución a las distintas temperaturas se tomó con una balanza eléctrica marca KEYI Modelo 2104 (min; 0.1mg, max; 200g).

Viscosidad

La viscosidad fue medida con un viscosímetro previamente calibrado, marca Brookfield, modelo HBDV-I Prime. La unidad de medida que se utilizó fue cP.

3.2 EVALUACION DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPERIMENTO DE INVIERNO

Los herbicidas evaluados en las formulaciones comerciales y dosis usadas descriptas en el Cuadro No. 3.

Cuadro No. 3: Descripción de los herbicidas evaluados

Principio activo	Nombre Comercial	Dosis PC/ha
Pyroxsulam	Merit	0.4 L/ha
Clorsulfuron + metsulfuron-metil	Finesse	12 g/ha

Se evaluó el efecto de distintos horarios de aplicación y dos condiciones ambientales diferentes en la selectividad de estos herbicidas para aplicaciones en diferentes estados de desarrollo del trigo, Z1.3 y Z2.1 (escala Zadoks). La aplicación en cada estado fenológico se consideró un experimento independiente.

Las condiciones climáticas previas fueron logradas a partir de colocar las macetas con las plantas de trigo en dos situaciones diferentes. Se simuló la situación de campo, retirando las macetas del invernáculo tres días previos a la aplicación, con el objetivo de aclimatar las plantas. Mientras que en los tratamientos que correspondieron a condiciones no tan extremas de

temperatura, las macetas permanecieron en el invernáculo hasta el momento de la aplicación.

3.2.1 Diseño experimental y descripción de los tratamientos

El diseño experimental que se usó fue de bloques completos al azar con 5 repeticiones, con un arreglo factorial de los tratamientos, en los que se combinó para cada experimento los factores, herbicidas (Merit y Finesse), dos condiciones ambientales (invernáculo y a campo) y 3 horarios de aplicación (8, 12 y 17 hs).

Las condiciones climáticas de ambos experimentos para los distintos horarios de aplicación se presentan en el Cuadro No. 4.

Cuadro No. 4: Condiciones meteorológicas en cada momento de aplicación

Estado fenológico (escala Zadoks)	Hora	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%) al momento de la aplicación
		A campo	Invernáculo	
Exp. 1. Aplicación en Z1.3	08:00	0.1	2.0	59.0
	12:00	9.0	11.0	47.0
	17:00	11.6	13.0	30.0
Exp. 2. Aplicación en Z2.1	08:00	6.8	8.0	65.0
	12:00	15.7	17.0	46.0
	17:00	20.1	21.0	30.0

3.2.2 Metodología de instalación

La siembra del trigo se realizó el 1 de junio del 2011 en macetas de 25 cm de diámetro con una población de 10 plantas por maceta. El sustrato utilizado fue una mezcla de tierra y arena fina en una proporción 2:1 respectivamente, usando una profundidad de siembra de 3 cm. El cultivar

utilizado fue Nogal. Todos los tratamientos recibieron un mismo suministro de agua y fertilización durante el periodo experimental.

La aplicación de los herbicidas en el experimento a Z1.3 se realizó el 1 de julio del 2011 y en el experimento correspondiente al estado Z2.1, fueron realizadas el 9 de julio del 2011. Luego de las aplicaciones todas las macetas fueron ingresadas al invernáculo, nuevamente.

Para las aplicaciones se utilizó el mismo equipo pulverizador presurizado.

3.2.3 Determinaciones en plantas

Evaluación visual de susceptibilidad

Para cuantificar el efecto de los distintos factores estudiados en la selectividad del trigo se evaluó la fitotoxicidad de las plantas a los 9 y 18 días post-aplicación (dpa) para el experimento 1 (Z1.3), y a los 9 y 14 días post-aplicación para el experimento 2 (Z2.1). Para ello se elaboró una escala de apreciación visual de acuerdo al desarrollo y síntomas que presentaban las plantas al momento de la evaluación.

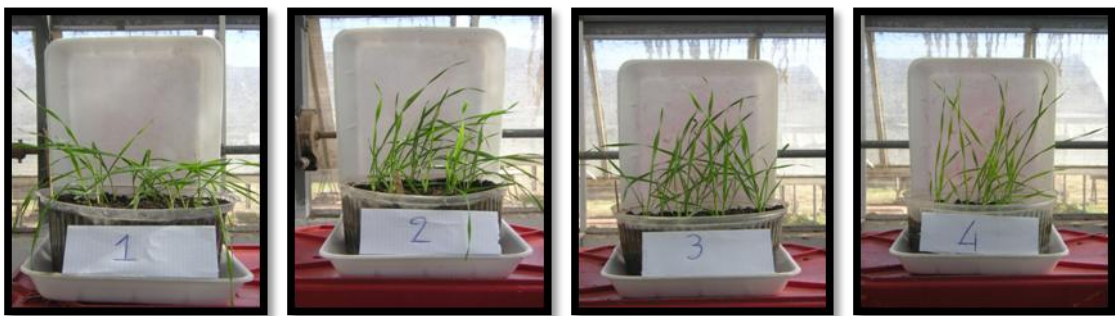


Figura No. 1: Detalle de las observaciones para la confección de la escala de fitotoxicidad en trigo. Valores de 1 a 4: fitotoxicidad decreciente, selectividad creciente

Materia Seca (MS)

Luego de la segunda medición en cada uno de los experimentos (18 y 14 dpa para los experimentos 1 y 2 respectivamente) se realizó el corte de 3 plantas por maceta para determinar el peso seco (MS).

Por último y debido a que las plantas no se encontraban en las condiciones adecuadas para que éstas llegaran a final del ciclo, se optó por determinar el peso seco final de las plantas estando éstas en el estado Z4.7.

3.2.4 Evaluaciones de propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas

Las temperaturas en las que fueron evaluadas las propiedades de las soluciones herbicidas fueron 5, 15 y 25°C, intentando simular las condiciones que ocurren al momento de las aplicaciones en invierno.

La metodología utilizada fue la misma detallada en el ítem 3.1.4.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA CADA EXPERIMENTO

En la evaluación de herbicidas usados en el ensayo de invierno, la materia seca utilizada como un indicador de la selectividad de los herbicidas fue analizada con un diseño experimental de bloques completos al azar con 5 repeticiones, con un arreglo factorial de los tratamientos, a través del modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_l + D_k + (AB)_{ij} + (AC)_{il} + (BC)_{jl} + (ABC)_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

i: 1, 2 (herbicida)

j: 1, 2, 3 (horario de aplicación)

l: 1, 2 (condición al momento de la aplicación)

k: 1, 2, 3 (bloque)

Y_{ijkl} : materia seca (gramos)

μ = media poblacional

A_i = efecto del i-ésimo herbicida

B_j = efecto del j-ésimo horario de aplicación

C_l = efecto de la l-ésima condición al momento de aplicación

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo herbicida y el j-ésimo horario de aplicación

$(AC)_{il}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo herbicida y la l-ésima condición al momento de aplicación

$(BC)_{jl}$ = efecto de la interacción entre el j-ésimo horario de aplicación y la l-ésima condición al momento de aplicación

$(ABC)_{ijl}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo herbicida, el j-ésimo horario de aplicación y la l-ésima condición al momento de aplicación

ε_{ijkl} = error experimental

Las propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas utilizadas en verano tuvieron un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones, con un arreglo factorial de los tratamientos. Se analizaron las propiedades usando el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

i: 1, 2, 3, 4 (temperatura)

j: 1, 2 (adyuvante)

k: 1, 2, 3 (repetición)

Y_{ijk} : pH; tensión superficial, conductividad eléctrica

μ = media poblacional

A_i = efecto de la i-ésima temperatura

B_j = efecto del j-ésimo uso de adyuvante

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre la i-ésima temperatura y el j-ésimo uso de adyuvante.

ε_{ijk} = error experimental

Las propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas utilizadas en invierno fueron analizadas con un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones, usando el modelo:

$$Y_{ik} = \mu + A_i + \varepsilon_{ik}$$

i: 1, 2, 3, 4 (temperatura)

k: 1, 2, 3 (repetición)

Y_{ik} : pH; tensión superficial; conductividad eléctrica

μ = media poblacional

A_i = efecto de la i-ésima temperatura

ε_{ik} = error del tratamiento "i" en la repetición "k"

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACION DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPERIMENTO DE VERANO

4.1.1 Determinaciones del nivel de fitotoxicidad

La nula variabilidad entre las repeticiones no permitió realizar el análisis de varianza. También es importante destacar que todos los herbicidas presentaron un bajo control de la especie indicadora.

Atrazina

La expresión de fitotoxicidad por la aplicación de atrazina en la especie indicadora no sufrió modificaciones por el uso de adyuvante o por el horario de aplicación. Igual resultado obtuvieron Stewart et al. (2009) en relación al horario de aplicación de atrazina para el control de *Amaranthus retroflexus* y *Chenopodium álbum L.*, en tanto el control de *Abutilon theophrasti L.* y *Ambrosia artemisifolia* fue maximizado con la aplicación de las 15 hs, asociándolo a la mayor temperatura del aire en este momento.

Imazethapir

Los resultados señalan una tendencia a obtener mayores niveles de fitotoxicidad en las aplicaciones de las 14 y 18 hs, excepto para la aplicación sin adyuvante en la evaluación a los 11 dpa (Cuadro No. 5). Si bien la variación en valores absolutos es casi despreciable, ese leve aumento se lo asociaría a las mayores temperaturas registradas en esos horarios que promediaron 26.5°C en comparación a las aplicaciones de las 9 y 22 hs que promediaron 20°C (Cuadro No. 2). Los resultados obtenidos concuerdan con los de Waltz et al. (2004),

Martinson et al. (2005), Mohr et al. (2007), Stewart et al. (2009), quienes obtuvieron mayor control de malezas durante el día en comparación a aplicaciones realizadas temprano en la mañana y luego del atardecer, asociándolo a las mayores temperaturas registradas en ese período.

En lo que respecta al uso de adyuvante, éste no marcó una tendencia clara en el nivel de fitotoxicidad expresada.

Cuadro No. 5: Fitotoxicidad (expresada en %) de imazethapir en moha a los 11 y 15 días post-aplicación

Horario de aplicación	Fitotoxicidad a 11 dpa		Fitotoxicidad a 15 dpa	
	s/adyuvante	c/adyuvante	s/adyuvante	c/adyuvante
09:00	27	25	40	33
14:00	28	33	35	40
18:00	23	30	40	35
22:00	27	27	35	30

Haloxifop

El horario de aplicación no determinó cambios en el nivel de fitotoxicidad en moha. En cuanto al uso de adyuvante, éste siempre provocó escasas variaciones en el nivel de fitotoxicidad.

Cuadro No. 6: Fitotoxicidad (expresada en %) de haloxifop en moha a los 11 y 15 días post-aplicación

Horario de aplicación	Fitotoxicidad a 11 dpa		Fitotoxicidad a 15 dpa	
	s/adyuvante	c/adyuvante	s/adyuvante	c/adyuvante
09:00	5	7	5	7
14:00	3	3	3	8
18:00	2	2	7	7
22:00	3	5	2	5

Dados los niveles de fitotoxicidad obtenidos, resultó muy sorprendente la baja actividad de los 3 herbicidas utilizados en el ensayo, dado la aplicación fue en estado vegetativo temprano en la especie indicadora.

4.1.2 Determinaciones del Contenido Relativo de Agua en planta

El CRA en las plantas de moha, utilizado como un indicador del status hídrico en los distintos momentos de aplicación, fue siempre elevado y no evidenció diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los distintos horarios (Figura No. 2). Los resultados permiten sugerir que dicho parámetro no sería un posible factor que pudiera estar afectando la efectividad de los herbicidas en planta.

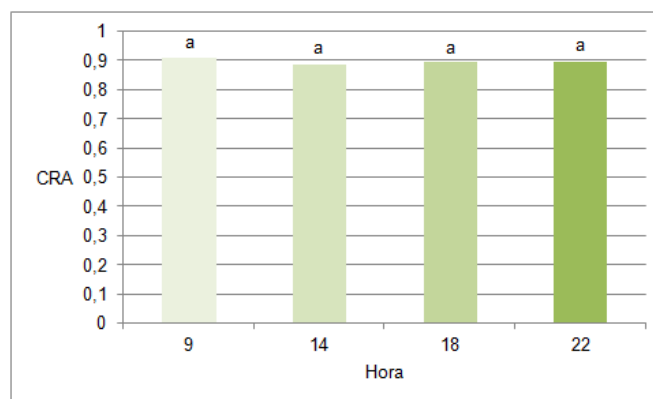


Figura No. 2: Contenido relativo de agua en la especie indicadora para los 4 horarios de aplicación

Estos resultados eran esperables visto que las plantas al estar creciendo en macetas, eran mantenidas bajo régimen no limitante de agua, adicional a esto las temperaturas y humedad relativa promedios en los 7 días previos a las aplicaciones no fueron limitantes (Cuadro No. 7).

Cuadro No. 7: Temperatura máxima y media (°C) y humedad relativa promedio (%) en los 7 días previo a la aplicación

Día	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Media (°C)	Humedad promedio (%)
15-feb	29.2	22.5	53.4
16-feb	30.8	23.6	67.6
17-feb	32.1	26.5	71.4
18-feb	30.7	26.8	72.5
19-feb	28.8	24.4	79.2
20-feb	29.4	24.4	76.2
21-feb	29.6	24.7	70.4

Este indicador es criticado por Paz et al. (2003), quien dice que el CRA no es una medición satisfactoria para medir el estrés hídrico de las plantas, puede indicar, solamente, una idea del estado hídrico.

4.1.3 Determinación de las propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas

Como se mencionó en Materiales y Métodos, todas las propiedades fueron evaluadas para cada herbicida considerándose cada uno como un experimento.

Atrazina

Los resultados de pH de las muestras de atrazina señalaron interacción ($p < 0.05$) de las diferentes temperaturas con el uso de adyuvante (Figura No. 3).

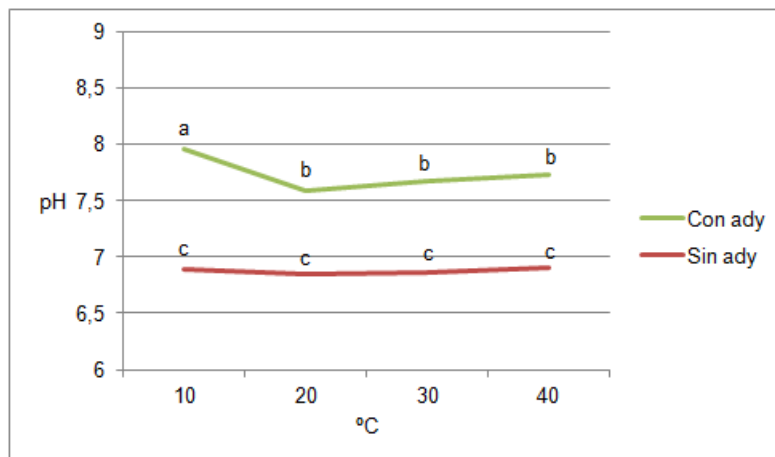


Figura No. 3: pH de la solución de atrazina con y sin adyuvante en función de la temperatura

El agregado del Agral 90 determinó aumentos del pH respecto a la solución sin adyuvante, siendo la magnitud del efecto mayor en la temperatura de 10°C.

Este efecto que causa la incorporación del tenso-activo podría estar afectando la eficacia del herbicida, ya que según es indicado en las etiquetas, la atrazina tiene un pH óptimo de 4.5 a 6.5 y al incorporar el adyuvante, independientemente de la temperatura, éste se vio incrementado pasando en promedio de un pH de 6.8 a un pH de 7.7.

En la evaluación de la conductividad de esas mezclas no se detectó interacción del uso de adyuvante con las temperaturas evaluadas ($p=0.12$). La conductividad disminuyó en respuesta al agregado del adyuvante ($p<0.0001$) (Figura No. 4), y a la disminución de la temperatura ($p<0.0001$) (datos no presentados), tal vez debido a cambios en la naturaleza de los electrolitos de la solución. Ambos resultados son concordantes con los obtenidos por Cunha et al. (2010a). La menor conductividad puede ser considerada ventajosa ya que una mayor conductividad puede indicar mayor cantidades de iones en solución

que se asocia a la menor eficacia biológica de algunos herbicidas (Carlson y Burnside, citados por Cunha et al., 2010a).

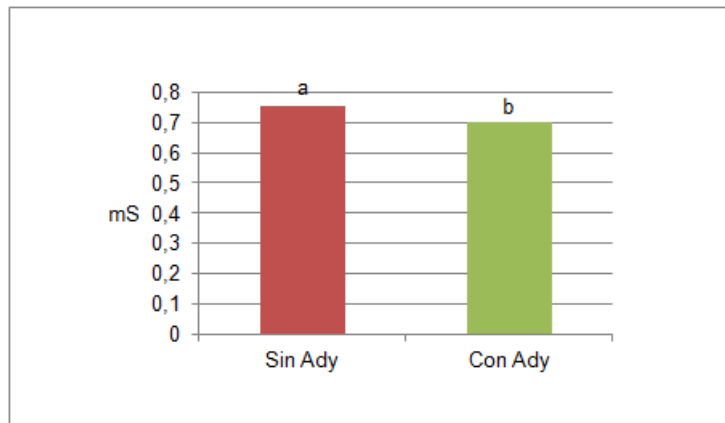


Figura No. 4: Conductividad (mS) de la solución de atrazina en función del uso de adyuvante

Los valores de tensión superficial de la atrazina al realizar la solución pueden ser considerados como bajos y bien diferentes a los valores del agua ($72.6 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$) (Figura No. 5).

Chung y Kwon, citados por De Mendonça et al. (1999) mencionan que una reducción de la tensión superficial, promueve un aumento en la humectación de la solución pulverizada, pero es sabido que no existe asociación directa con la absorción.

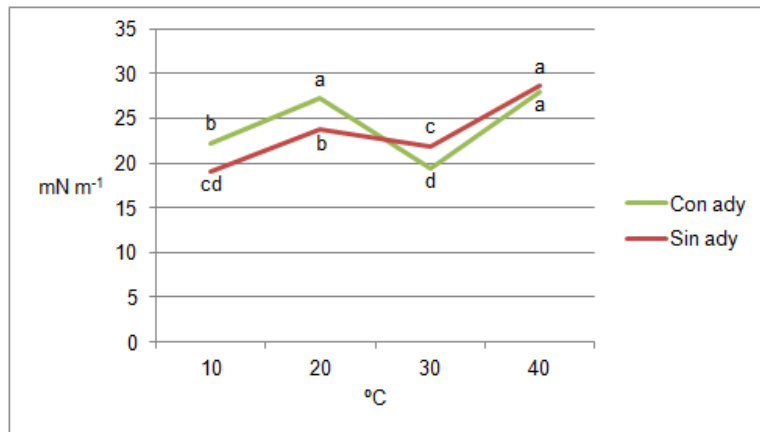


Figura No. 5: Tensión superficial ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) de la solución de atrazina con y sin adyuvante en función de la temperatura

El agregado del adyuvante en las temperaturas de 10 y 20°C no determinó ventajas al uso del adyuvante con ese objetivo. Cuando el caldo estaba a una temperatura de 30°C el Agral provocó la deseada disminución en la tensión superficial ($p < 0.05$). Este efecto es visto como beneficioso, ya que puede asociarse a una mejor deposición sobre las hojas y por tanto a una mayor probabilidad de absorción. Ya a los 40°C este efecto no fue constatado. Igualmente pueden considerarse estas diferencias como biológicamente despreciables.

Si bien es cierto, que los surfactantes (hipotensores) producen los efectos anteriormente descritos, los cuales son en su mayoría cuantificables, la relación de ellos con las respuestas biológicas que se deberían obtener como consecuencia de su uso no es clara, ni directa (Kogan y Alister, 2008). Estos autores mencionan que existe mucha investigación en torno al resultado que se lograría al agregar un surfactante a un herbicida formulado. Sin embargo, estos resultados son muy poco consistentes, encontrándose casos en los cuales se ha logrado una mejoría en la actividad de ciertos herbicidas, otros en los que el uso de un surfactante no muestra ningún efecto beneficioso, hasta situaciones

en las que se ha constatado antagonismo. Estas respuestas tan variables se deben a que existen muchos factores que pueden afectar la respuesta al tratamiento herbicida, dentro de los cuales se destacan, el herbicida empleado, la maleza a controlar, su estado de desarrollo, volumen de aplicación, dosis del herbicida, y el surfactante en cuestión.

La evaluación de viscosidad solamente es representada como un valor para las distintas temperaturas, y se presentan en el Cuadro No. 8 para los 3 herbicidas en ambas condiciones sin y con agregado de adyuvante, ya que no fue posible realizar repeticiones de las mediciones.

Cuadro No. 8: Viscosidad de las distintas soluciones debido a cambios en la temperatura.

SOLUCION	VISCOSIDAD (cP)			
	10°C	20°C	30°C	40°C
Atrazina s/ady	120.0	96.0	87.2	98.4
Atrazina c/ady	116.8	97.6	87.2	78.4
Haloxifop s/ady	144.8	105.3	108.8	99.2
Haloxifop c/ady	132.6	118.4	94.4	88.8
Imazetapyr s/ady	112.0	104.8	81.6	77.6
Imazetapyr c/ady	104.0	93.6	83.2	60.8

Los aumentos de la temperatura para la mayoría de las soluciones hicieron que disminuyera la viscosidad. Estos resultados eran los esperados y también concordantes con lo que menciona Cunha et al. (2010a) donde aumentos en la temperatura disminuyeron la viscosidad.

Sin embargo, para la solución de atrazina sin adyuvante cuando la temperatura pasó de 30°C a 40°C la viscosidad aumentó.

Los herbicidas presentaron distintos valores de viscosidad, siendo el haloxifop el que presentó un mayor valor seguido de la atrazina y el imazethapir. Cuando a los herbicidas se les agregó un adyuvante se observó una disminución de la viscosidad para la mayoría de las soluciones, aunque en valores despreciables. Los cambios más importantes en valores de viscosidad se obtuvieron cuando las soluciones pasaron de 10°C a 20°C.

Imazethapir

Los resultados de pH de las muestras de imazethapir indicaron interacción ($p < 0.05$) de las diferentes temperaturas con el uso de adyuvante (Figura No. 6). El agregado de Agral 90 determinó una disminución del pH de la solución para todas las temperaturas del caldo evaluadas, siendo la magnitud del cambio mayor cuando la temperatura de la solución fue de 20°C.

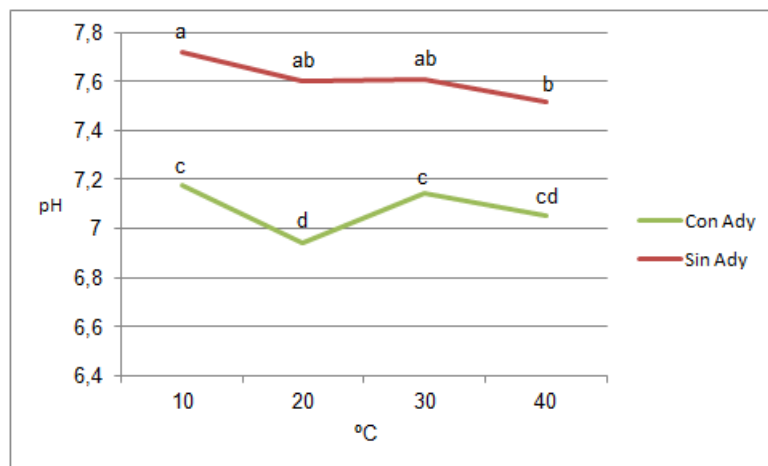


Figura No. 6: pH de la solución de imazethapir con y sin adyuvante en función de la temperatura

Aumentos en la temperatura del caldo produjeron una leve disminución del pH para la solución sin adyuvante. El efecto causado por el adyuvante podría considerarse beneficioso dado que según información de etiqueta el pH

de la formulación debería estar entre 7.1 y 7.4, rango en el cual se ubicó la solución con adyuvante, con una leve disminución para la temperatura a 20°C. Sin embargo, cuando se relaciona con el nivel de fitotoxicidad, el agregado del adyuvante no mostró una tendencia clara.

El aumento de temperatura indujo el aumento de la conductividad para ambas soluciones, hasta 20°C la conductividad de la solución con adyuvante fue superior a la de sin adyuvante. Con temperaturas superiores a 20°C la conductividad de las soluciones con y sin adyuvante, tienden a igualarse.

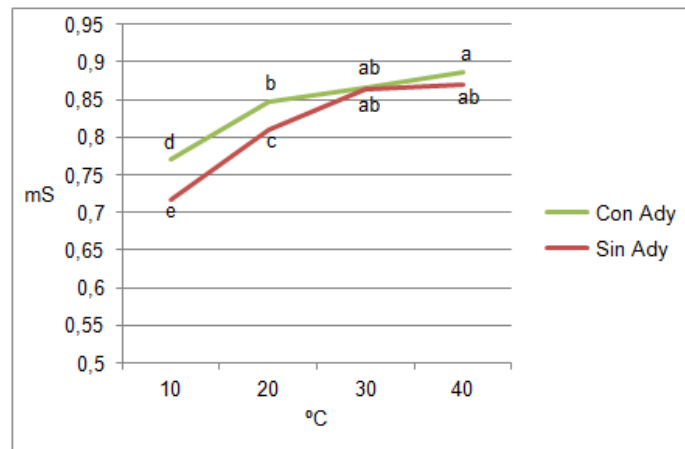


Figura No. 7: Conductividad (mS) de la solución de imazethapir con y sin adyuvante en función de la temperatura

El agregado de Agral 90 no disminuyó la tensión superficial del herbicida, de igual forma los valores del parámetro en cuestión son muy bajos ($25 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$) en comparación a los del agua.

Haloxifop

Para los resultados de pH obtenidos de las muestras se determinó que existe interacción del uso de adyuvante y la temperatura ($p < 0.05$) (Figura No. 8).

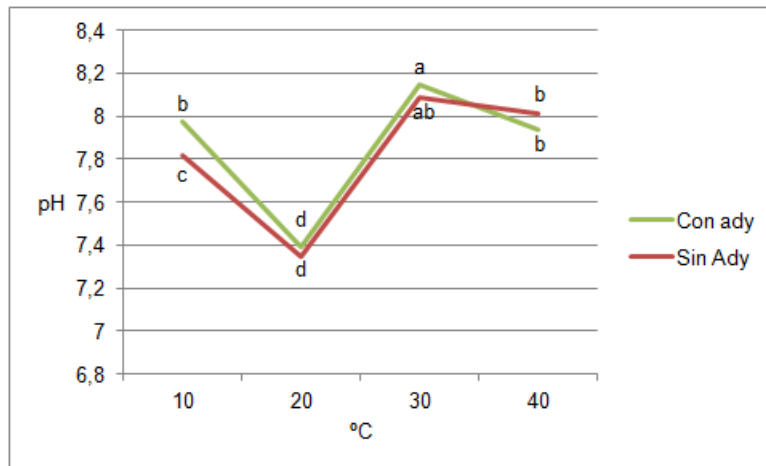


Figura No. 8: pH de la solución de haloxifop con y sin adyuvante en función de la temperatura

Los resultados muestran un comportamiento similar de las soluciones con y sin adyuvante para las diferentes temperaturas, siendo diferente significativamente, el pH de la solución con adyuvante respecto a la solución sin adyuvante, cuando la temperatura fue de 10°.

Cuando la temperatura alcanzó los 20°C el pH fue mínimo, tanto para la solución de haloxifop con adyuvante y sin adyuvante. Dado que el pH ideal para la actividad del haloxifop-metil es de 5.0, podría pensarse que el pH ligeramente alcalino de la solución, tanto con o sin adyuvante, pudo haber causado reacción alcalina pudiendo afectar la efectividad del herbicida, eso se agrava a altas temperaturas. De todos modos, los resultados de fitotoxicidad no evidenciaron efectos de la temperatura en dicha evaluación.

En la evaluación de la conductividad de las diferentes mezclas se determinó una interacción entre la temperatura y el uso de adyudante en la solución ($p < 0.05$) (Figura No. 9). Hubo una tendencia al aumento de la conductividad a medida que se incrementó la temperatura, excepto para temperaturas superiores 30°C en donde la conductividad de ambas soluciones

se mantuvo. Estas tendencias en conductividad a medida que aumentaba la temperatura concuerda con los resultados obtenidos por Cunha et al. (2010a).

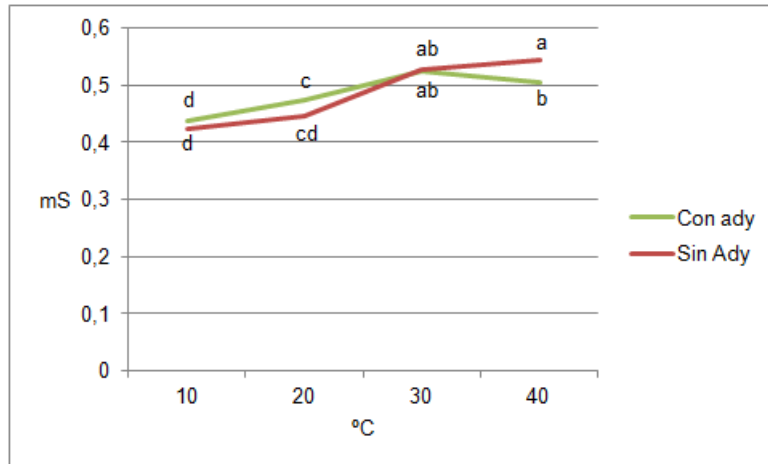


Figura No. 9: Conductividad (mS) de la solución de haloxifop con y sin adyuvante en función de la temperatura

Los resultados de tensión superficial señalaron interacción entre la temperatura y las soluciones con y sin adyuvante ($p < 0.05$) (Figura No. 10).

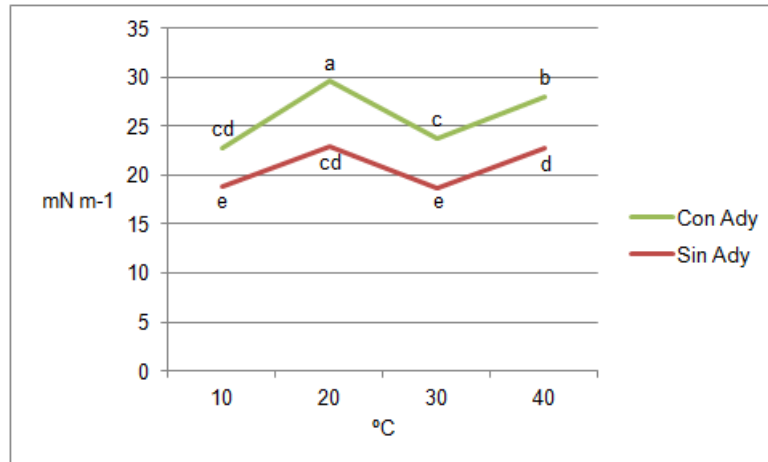


Figura No. 10: Tensión superficial ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) de la solución de haloxifop con y sin adyuvante en función de la temperatura

Independientemente de la temperatura, la solución con adyuvante (Agral 90) siempre presentó una mayor tensión superficial. Dicho comportamiento no es el esperable, debido a que una de las funciones de los tenso-activos es la de disminuir la tensión superficial para lograr una mayor superficie de contacto del producto aplicado.

Para ambas soluciones los resultados indicaron una menor tensión superficial cuando la temperatura de las soluciones estaba en 10°C y en 30°C . Este comportamiento que fue identificado para los 3 herbicidas evaluados, tanto para las soluciones con o sin el agregado del adyuvante, no sabríamos a que se debe. La reducción de la tensión superficial con incrementos en la temperatura de la solución que fue mencionada en la bibliografía, sólo es concordante con nuestro estudio en el rango de temperaturas de 20°C a 30°C .

Dados los resultados obtenidos en laboratorio, cabe mencionar que el uso del adyuvante, específicamente un tenso-activo no iónico, no provocó los cambios deseados en las soluciones herbicidas utilizadas. En el herbicida

imazethapir no modificó la tensión superficial, mientras que en los herbicidas atrazina y haloxifop provocó antagonismos.

4.2 EVALUACION DE HERBICIDAS USADOS EN EL EXPERIMENTO DE INVIERNO

4.2.1 Determinaciones en planta para aplicaciones en trigo en estado Z1.3

Escala de fitotoxicidad por observación visual

Cuadro No. 9: Fitotoxicidad expresada según la escala de daño confeccionada para trigo (Escala 1 a 4: fitotoxicidad decreciente, selectividad creciente. Ver figura No. 1)

Herbicida	Condición de crecimiento previa a la aplicación	Hora de aplicación	Evaluación a los 9 dpa	Evaluación a los 18 dpa
FINESSE	INVERNACULO	8	3	3
		12	2	3
		17	3	3
	CAMPO	8	2	2
		12	2	3
		17	2	3
MERIT	INVERNACULO	8	2	3
		12	2	2
		17	2	2
	CAMPO	8	1	2
		12	1	2
		17	1	2
TESTIGO			4	

Como fuera mencionado en Materiales y Métodos, no fue posible el análisis por falta de variabilidad. La fitotoxicidad expresada en la aplicación a Z1.3 permite decir que Merit fue menos selectivo que Finesse, dada la mayor sintomatología de daño expresada por la escala. Finesse presentó menor cantidad de síntomas a los 9 días después de la aplicación. Todas ellas se recuperaron a la siguiente evaluación, tanto las plantas que fueron tratadas con Finesse como las que fueron tratadas con Merit presentaron una recuperación a los 18 días, permaneciendo la menor selectividad en Merit.

Por su parte, la falta de selectividad del Merit, mas marcada aun cuando las plantas fueron expuestas a condición de campo, no puede ser explicado por el momento de aplicación, ya que viene recomendado para aplicaciones desde las 3 hojas (Modernel, 2012).

Las condiciones climáticas al momento de la aplicación registraban temperaturas más bajas en condiciones de campo que en invernáculo (Cuadro No. 4). Esto quizás contribuyó a que bajo estas condiciones, la selectividad del Merit fuera menor en el campo que en el invernáculo. Este resultado podría llegar a confirmar la gran sensibilidad del Merit a las bajas temperaturas, la cual es descrita en la etiqueta del producto comercial (Modernel, 2012).

En tanto, si bien Finesse presentó mayor selectividad respecto a Merit, éste también mostró una disminución en la selectividad cuando fue aplicado en las plantas expuestas a condición de campo en comparación a las que permanecieron siempre en invernáculo, aunque en menor magnitud que Merit.

En lo que respecta al horario de aplicación, los valores de fitotoxicidad obtenidos por apreciación visual no indican la existencia de ningún efecto sobre la selectividad de los herbicidas utilizados. Se hubiera esperado un menor grado de selectividad en aquellas aplicaciones realizadas temprano en la

mañana en las que se registraban temperaturas mas bajas respecto a aplicaciones realizadas mas tarde.

Determinación de materia seca

Otro parámetro evaluado para determinar la selectividad, fue la materia seca de las plantas en dos momentos, cuando se realizó la segunda evaluación de fitotoxicidad (18 dpa), y cuando las plantas llegaron al estado Z4.7.

En el primer caso existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las condiciones de crecimiento de las plantas. La materia seca de las plantas que crecieron en invernáculo fue mayor al de las que permanecieron a la intemperie durante un período previo a la aplicación del herbicida. Esto sería resultado de la mayor temperatura mencionada para el invernáculo.

En ambos momentos de evaluación existió interacción entre herbicida y hora de aplicación ($p < 0.05$) (Figuras No. 11 y 12).

Para la primera evaluación sólo existió diferencias estadísticas significativas entre Merit aplicado a las 12 hs y el mismo aplicado a las 17 hs ($p < 0.05$) (Figura No. 11). La materia seca para la aplicación de las 12 hs, tal vez responde a la mayor temperatura de ese horario que determinó menor fitotoxicidad. Al observar este gráfico, la menor selectividad del Merit comentada para la evaluación según la escala de observación visual, no se corresponde a los datos de materia seca.

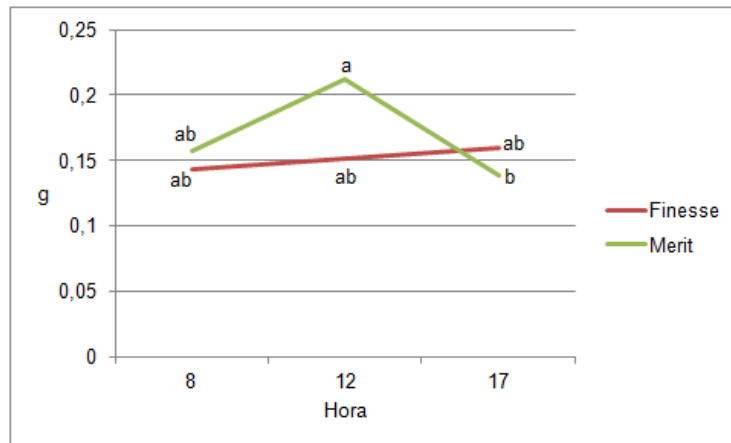


Figura No. 11: Efecto del horario de aplicación en el peso de las plantas a los 18 dpa, para cada herbicida aplicado

Los resultados de materia seca en el estado Z4.7 mostraron mayor interacción (Figura No. 12). A medida que transcurrieron las horas del día las temperaturas aumentaron, para condiciones de campo de 0°C a 12°C y para condiciones de invernáculo de 2°C a 13°C, mostrando mayor selectividad a medida que aumenta la temperatura, con excepción para Merit a las 17 hs, aunque estadísticamente no difiere de Merit aplicado a las 8 y 12 hs.

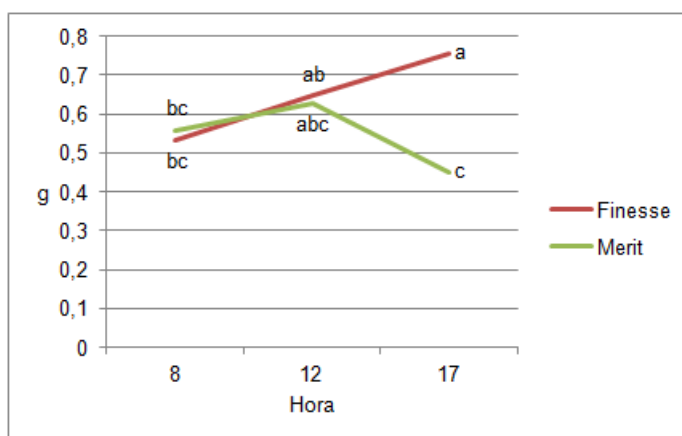


Figura No. 12: Efecto del horario de aplicación en el peso de las plantas en estado Z4.7 para cada herbicida aplicado

Para Finesse, cuando la aplicación fue realizada a las 8 hs, se obtuvieron los menores pesos de plantas, coincidiendo este momento con las menores temperaturas registradas. Las siguientes aplicaciones fueron realizadas en momentos del día (12 y 17 hs) donde se registraron mayores temperaturas, siendo mayor la selectividad, determinando así mayores pesos de plantas. Contrariamente y sin explicación para Merit se registraron pesos de plantas mínimos, en la aplicación de la hora 17.

El herbicida Finesse presentó un mayor peso final (Z4.7) de las plantas en los momentos de aplicación donde se registraron las mayores temperaturas, no mostrando relación con la escala de apreciación visual ya que en la misma no se registraron cambios importantes al variar la hora de aplicación.

4.2.2 Determinaciones en planta para aplicaciones en trigo en estado Z2.1

Escala de fitotoxicidad por observación visual

En el análisis de la aplicación a Z2.1, nuevamente Merit fue menos selectivo a los 9 dpa que Finesse (Cuadro No. 10). En el caso de los tratamientos con Merit, considerando la escala de apreciación visual, la fitotoxicidad fue más severa en aquellas plantas que fueron colocadas a la intemperie previo a la aplicación.

Cuadro No. 10: Fitotoxicidad expresada según la escala de daño confeccionada para trigo. (Escala 1 a 4: fitotoxicidad decreciente, selectividad creciente. Ver figura No. 1)

Herbicida	Condición de crecimiento previo a la aplicación	Hora de aplicación	Evaluación a los 9 dpa	Evaluación a los 14 dpa
FINESSE	INVERNACULO	8	2	3
		12	2	3
		17	2	2
	CAMPO	8	2	3
		12	2	3
		17	2	3
MERIT	INVERNACULO	8	2	2
		12	2	2
		17	1	2
	CAMPO	8	2	2
		12	1	3
		17	1	2
TESTIGO			4	

En la mayoría de los tratamientos hubo recuperación a la siguiente evaluación, siendo ésta mas marcada en el caso de las aplicaciones realizadas con Finesse.

El horario de aplicación no provocó efectos marcados en el grado de selectividad de los herbicidas utilizados. Se señala en el cuadro una situación particular para las aplicaciones con Merit a las 17 hs tanto en condición de campo como de invernáculo en la que se muestra una menor selectividad.

Determinaciones de materia seca

Existió interacción entre la condición de crecimiento y el horario de aplicación en el peso de las plantas medido luego de los 14 días post-aplicación, aunque el test de Tukey no logró realizar la separación de medias. Para la condición de crecimiento a campo se observó una disminución en el peso de las plantas con las aplicaciones más tardías, esto quizás pueda estar explicado porque con el correr de las horas (mayor luminosidad, temperatura, más fotosíntesis) las plantas estaban en más activo crecimiento, lo que determinó mayor translocación del herbicida y por tanto, una reducción en el crecimiento de las plantas.

Por otra parte para las condiciones de invernáculo, cuando las aplicaciones fueron realizadas en las primeras horas de la mañana y al mediodía (8 y 12 hs), el peso de las plantas fue similar, no así, cuando la aplicación fue a las 17 horas, momento que determinó el mayor peso de plantas.

Las plantas provenientes de invernáculo presentaron menor materia seca ($p < 0.05$) (datos no presentados). Estos resultados no eran los esperados, ya que aplicaciones en plantas que estuvieron en el invernáculo, se encontraban en mejores condiciones para el crecimiento, por lo que se hubiera esperado una mayor selectividad, reflejada en el peso de las plantas en ese momento. Un posible factor explicando este comportamiento, es que las condiciones de campo en los días previos a la aplicación, fueron favorables en términos de temperatura y radiación para el crecimiento de las plantas.

En lo que respecta al contenido de materia seca en Z4.7 no existió interacción entre las variables estudiadas. Sólo existieron diferencias estadísticas significativas para la variable herbicida, siendo el peso final de las plantas tratadas con Finesse superior al de las plantas tratadas con Merit

($p < 0.05$), indicando una menor selectividad de este último herbicida. Nuevamente las plantas que permanecieron en invernáculo presentaron mayor peso respecto a las que fueron sometidas a condición de campo (sin diferencias estadísticas significativas).

Para los diferentes horarios de aplicación, Finesse presentó mayor peso final de planta asociado a la mayor temperatura en los momentos de aplicación. Merit tuvo el mismo comportamiento con excepción para la aplicación a las 17 horas, en la que se registró menor peso. Estos resultados no fueron concordantes con los niveles de fitotoxicidad obtenidos por apreciación visual ya que en la misma no se registraron cambios en fitotoxicidad dado los diferentes horarios de aplicación.

4.2.3 Determinaciones de propiedades físico-químicas de las soluciones herbicidas

Merit

Cuadro No. 11: Propiedades físico-químicas a distintas temperaturas de la solución herbicida

Temperatura (°C)	pH	Conductividad (mS)	Tensión superficial (mN. m ⁻¹)	Viscosidad *** (cP)
5	7.30 a	0.44 ab	34.0 a	91
15	7.03 a	0.42 b	30.0 b	127
25	7.02 b	0.46 a	31.4 a	129
P	0.002	0.010	0.006	---
CV %	0.3	2.2	3.4	---

*** Sin análisis estadístico.

A pesar de las diferencias estadísticas entre los valores de pH en las diferentes temperaturas, éstas pueden considerarse biológicamente despreciable ya que las soluciones estuvieron siempre en torno a la neutralidad.

En el caso de la conductividad se encontraron diferencias significativas ($p=0.01$) con las modificaciones de temperatura, pero las diferencias absolutas son muy pequeñas.

El Merit agregado al caldo de aplicación determinó una disminución de la tensión superficial del agua del 50% aproximadamente. En cuanto a los efectos de la temperatura se encontraron diferencias significativas ($p=0.006$). La temperatura de 15°C determinó la menor tensión, aunque en valores absolutos también poco importantes.

Los resultados de viscosidad indican que existe un claro aumento de la misma con el aumento de temperatura. Estos efectos causados por la variación de la temperatura sobre la viscosidad son contradictorios a los obtenidos para los herbicidas usados en el ensayo de verano, en los que se obtuvo una disminución de la viscosidad del caldo cuando la temperatura fue en aumento y también son contradictorios a los resultados de Cunha et al. (2010a).

Finesse

Para la solución con Finesse se da una disminución del pH a medida que aumenta la temperatura, aunque biológicamente estas diferencias significativas se pueden considerar despreciables (Cuadro No. 12). Este efecto causado por la temperatura sobre la actividad de los iones hidrógenos ya había sido mencionado por Cunha et al. (2010a). Al igual que para la solución con Merit, en el rango de temperatura estudiado, el pH siempre se mantuvo en torno a la neutralidad.

Cuadro No. 12: Propiedades físico-químicas a distintas temperaturas de la solución herbicida

Temperatura (°C)	pH	Conductividad (mS)	Tensión superficial (mN m ⁻¹)	Viscosidad *** (cP)
5	7.42 a	0.43 a	63.4 ab	117
15	6.91 b	0.42 a	54.9 b	132
25	6.88 b	0.46 a	69.1 a	149
P	0.0001	n.s	0.0200	---
CV %	0.4	4.3	6.1	---

*** Sin análisis estadístico.

Para la conductividad no se encontraron diferencias significativas cuando se modificó la temperatura del caldo.

La solución con Finesse disminuyó la tensión superficial respecto a la del agua (72.6 mN.m⁻¹), obteniéndose el menor valor cuando el caldo estaba a 15°C.

Nuevamente se dio un incremento de la viscosidad cuando la temperatura del caldo fue en aumento.

5. CONCLUSIONES

Herbicidas usados en verano

Los niveles de control registrados en la especie indicadora fueron menores a los esperados. Los horarios de aplicación evaluados no determinaron diferencias en la expresión de la actividad de los tres herbicidas. Sin embargo el herbicida Imazethapir mostró una tendencia de mayores niveles de fitotoxicidad cuando las aplicaciones se realizaron en los horarios de mayor temperatura.

La inclusión de un adyuvante tenso-activo a la solución de los herbicidas no provocó cambios en el nivel de fitotoxicidad en las plantas de moha.

Las diferentes temperaturas del caldo y el uso del adyuvante provocaron efectos diversos en las propiedades físico-químicas de cada solución herbicida, presentando desde efectos benéficos, hasta nulos o antagónicos, aunque éstos no pudieron ser relacionados a la actividad de los herbicidas. Esto afirma la necesidad de conocer cuál es el efecto real del adyuvante con cada herbicida y si eso repercute, efectivamente, en la actividad del herbicida en la planta.

Ensayo invierno

En el estado fenológico de trigo Z1.3 el herbicida Finesse mostró mayor selectividad que el herbicida Merit, según la escala de fitotoxicidad confeccionada. Los tratamientos en condiciones de campo presentaron, inicialmente, menor selectividad respecto a los tratamientos de invernáculo explicado probablemente por las menores temperaturas registradas.

Las aplicaciones en los diferentes horarios en el estado Z2.1 del trigo determinaron escasa diferencia de selectividad, lo que pudo ser consecuencia de las mejores condiciones al momento de aplicación, comparativamente a la aplicación en Z1.3.

En ambos experimentos no existió relación en la selectividad evaluada por apreciación visual y a través de la materia seca, es necesario realizar estimaciones hasta rendimiento del trigo.

Cambios en la temperatura del caldo, tanto para la solución con Merit y Finesse no provocaron variaciones importantes en las propiedades físico-químicas de la solución. Por tanto, no pueden explicarse las variaciones de selectividad por el efecto de la temperatura sobre las propiedades físico químicas.

6. RESUMEN

Los herbicidas presentan diferentes comportamientos respondiendo a varios factores, entre ellos, de la planta, de las condiciones de aplicación al momento de la aplicación, especialmente temperatura, humedad relativa y luminosidad, siendo éstas variables según la hora del día en que se realice dicha actividad. También cambios en las propiedades del caldo de aplicación pueden afectar la actividad de los herbicidas. Por tanto y debido a la escasa información que existe a nivel nacional se plantearon varios ensayos con distintos objetivos. Para herbicidas usualmente usados en verano (Atrazina, Imazethapir y Haloxifop) se evaluó la actividad en una especie indicadora con y sin agregado de adyuvante y para 4 horarios de aplicación. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones con un arreglo factorial de los tratamientos en los que se combinó el horario de aplicación (9, 14, 18 y 22 hs) y el uso de un adyuvante (Agral 90) para cada herbicida. Para los herbicidas usados en invierno se planteó la evaluación de selectividad de los herbicidas Finesse y Merit, aplicados en dos momentos de trigo (Z1.3 y Z2.1). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones, con un arreglo factorial de los tratamientos, en los que se combinó para cada experimento (Z1.3 y Z2.1) los factores, condición ambiental previa a la aplicación (campo e invernáculo) y horario de aplicación (8, 12 y 17 hs). Para todos los herbicidas utilizados se llevaron a cabo experimentos en laboratorio (Laboratorio de Análisis Químico y Laboratorio del Tecnólogo Químico de Paysandú, UTU-UdelaR) con el objetivo de evaluar el efecto de la temperatura del caldo sobre las propiedades físico-químicas del mismo (pH, conductividad, tensión superficial y viscosidad). De los herbicidas utilizados en el ensayo de verano sólo el Imazethapir mostró una leve tendencia a incrementar la fitotoxicidad en los horarios que se registraron mayores

temperaturas (14 y 18 hs), sin efecto por el uso de adyuvante. Los efectos del uso del adyuvante Agral 90 (tenso-activo) en la solución herbicida fueron muy variables, existiendo efectos adversos, desde benéficos hasta antagónicos según el herbicida. En el ensayo de invierno, los tratamientos con el herbicida Merit aplicados en condición de menor temperatura presentaron menor selectividad que Finesse en el estado fenológico Z1.3 de trigo. En las aplicaciones de Z2.1 las condiciones de temperatura no fueron tan restrictivas y por ello la escasa diferencia en selectividad entre condiciones de aplicación y entre herbicidas. Es necesario ampliar las evaluaciones hasta rendimiento.

Palabras clave: Herbicida; Horario de aplicación; Fitotoxicidad y selectividad.

7. SUMMARY

Herbicides have different behaviors in response to several factors, including plant, and the environmental conditions at the time of application, especially temperature, humidity and light, which are variables based on the time of day when the activity is carried on. Also changes in the properties of the solution applied may affect the activity of herbicides. Therefore, and due to the limited information in our country, were raised several trials with different objectives. The activity of herbicides usually used in summer (Atrazina, Imazethapir y Haloxifop) was evaluated in an indicator species with and without addition of an adjuvant and at four different times of the day. Experimental design was a randomized complete block with three replications with a factorial arrangement of treatment, which combined the time of application (9, 14, 18 y 22 hr) and the use of an adjuvant (Agral 90) for each herbicide. Selectivity of herbicides used in winter (Merit and Finesse) was evaluated at two stages of wheat (Z1.3 and Z2.1). Experimental design was a randomized complete block, with five replications with a factorial arrangement of treatments, which combined factors as environmental conditions (field and greenhouse) prior to the application and time of day (8, 12 and 17 hr) for each experiment (Z1.3 and Z2.1). Laboratory experiments (Chemical Analysis Laboratory and Laboratory of the Chemical Technologist of Paysandú, UTU-UdelaR) were conducted in order to evaluate the effect of the temperature of the solutions on physical and chemical properties (pH, conductivity, surface tension and viscosity). For the herbicides used in summer test, only Imazethapir showed a slight tendency to increase phytotoxicity when it was applied at times when there were higher temperatures (14 and 18 hr), with no effect on the use of adjuvant. Effects of the use of adjuvant Agral 90 (surface-active) in the herbicide solutions were highly variable; there were antagonist effects as beneficial effects depending on the

herbicide used. In winter testing, in phonological stage Z1.3 of wheat, treatments with Merit applied in lower temperature conditions showed lower selectivity than Finesse. In Z2.1 applications, the temperature conditions were not restrictive and therefore the slight difference in selectivity according to application conditions and according to herbicides. It is necessary to expand performance evaluations till wheat yield.

Key words: Herbicide; Time of application; Fitotoxicity and selectivity

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERSEN, R.N.; KOUKKARI, W.L. 1978. Response of velvetleaf (*Abutilon theoprastris*) to bentazon as affected by leaf orientation. *Weed Science*. 26(4): 393-395.
2. BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P, E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Biology Science*. 15: 413-428.
3. BURNS, R.A. 1996. Fundamentos de química. 2^a. ed. México, Prentice Hall Hispanoamericana. 664 p.
4. CASELEY, J.C. s.f. Effects of weather on herbicide activity. Bristol, England, University of Bristol Long Ashton. Long Ashton Research Station. 9 p.
5. CHACHALIS, D.; REDDY, K.N.; ELMORE, C.D. 2001. Characterization of leaf surface, wax composition, and control of redvine and trumpetcreeper with glyphosate. *Weed Science*. 49: 156–163.
6. CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURRY, J.R.; FERREIRA, L.R. 2003. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. *Planta Daninha (Viçosa, MG)*. 21(2): 325-332.
7. _____; ALVES, G.S.; REIS, E.F. 2010a. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. *Planta Daninha (Viçosa, MG)*. 28(3): 665-672.

8. _____.; TEIXEIRA, M.M.; CASTILLO, B.; RODRIGUEZ, G. 2010b. Formulaci3n de agroqu3micos para el control de plagas. In: Magdalena, J.C. coord. Tecnolog3a de aplicaci3n de agroqu3micos. Alto Valle, INTA. pp. 27-44.
9. DE MENDONÇA, C.G.; VELINI, V.D; MARTINS, D.; DE MENDONÇA, C.G. 1999. Efeitos de surfatantes sobre a tensao superficial e a 3rea de molhamento de soluçoes de glyphosate sobre folhas de tiririca. Planta Daninha. 17(3): 355-365.
10. _____. 2003. Efeito de 3leos minerais e vegetais nas propriedades f3sico-qu3micas das caldos de pulverizaçao e suas interaçoes com superficies foliares. Tesis Doctorado en Agronom3a. Sao Paulo, Brasil. UNESP. Facultad de Ciencias Agron3micas. 96 p.
11. DORAN, D.L.; ANDERSEN, R.N. 1976. Effectiveness of bentazon applied at various times of the day. Weed Science. 24(6): 567-570.
12. FAUSEY, J.C.; RENNER, K.A. 2001. Environmental effects on CGA-248757 and flumiclorac efficacy/soybean tolerance. Weed Science. 49(5): 668-674.
13. GARCIA TORRES, L. 1991a. Comportamiento de los herbicidas en la planta. In: Fern3ndez-Quintanilla, C. ed. Fundamentos sobre malas hierbas. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 130-157.
14. _____.; FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. 1991b. Familias de

herbicidas; I. Herbicidas de acción foliar y traslocación. In: Fernández-Quintanilla, C. ed. Fundamentos sobre malas hierbas. Madrid. Mundi-Prensa. pp. 204-227.

15. _____.; _____. 1991c. Familias de herbicidas; IV. Herbicidas con actividad foliar y a través del suelo. In: Fernández-Quintanilla, C. ed. Fundamentos sobre malas hierbas. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 256-281.
16. HATTERMAN-VALENTI, H.; PITY, A.; OWEN, M. 2011. Environmental effects on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) epicuticular wax deposition and herbicide absorption. *Weed Science*. 59(1): 14-21.
17. HESS, F.D.; FALK, R.H. 1990. Herbicide deposition on leaf surfaces. *Weed Science*. 38: 280-288.
18. JOHNSON, B.C.; YOUNG, B.G. 2002. Influence of temperatura and relative humidity on the foliar activity of mesotrione. *Weed Science*. 50: 157-161.
19. KOGAN, M.; ZÚÑIGA, M. 2001. Dew and spray volume effect on glyphosate efficacy. *Weed Technology*. 15(3): 590-593.
20. _____.; PÉREZ, A. 2003. Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago de Chile, Chile, Universidad Católica de Chile. 333 p.
21. _____.; ALISTER, C. 2008. Factores que pueden afectar la efectividad

del herbicida glifosato. In: Seminario Internacional Viabilidad del Glifosato en Sistemas Productivos Sustentables (2008, s.l.). Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Montevideo, INIA. pp. 12-26 (Actividades de Difusión no. 554).

22. KRAATZ, G.W.; ANDERSEN, R.N. 1980. Leaf movements in sicklepod (*Cassia obtusifolia*) in relation to herbicide response. *Weed Science*. 28(5): 551-556.
23. LALLANA, M del C.; BILLARD, C.E.; ELIZALDE, J.H.; LALLANA, V.H. 2006. Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 17(33): 229-241.
24. MACIEL, C.D.G.; GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A.M.; POLETINE, J.P.; BASTOS, S.L.W.; DIAS, N.M.S. 2010. Tensão de misturas em tanque de glyphosate + Chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. *Planta Daninha (Viçosa, MG)*. 28(3): 673-685.
25. MARTINSON, K.B.; SOTHERN, R.B.; KOUKKARI, W.L.; DURGAN, B.R.; GUNSOLUS, L. 2002. Circadian response of annual weeds to glyphosate and glufosinate. *Chronobiology. International*. 19: 405-422.
26. _____; DURGAN, B.R.; GUNSOLUS, J.L.; SOTHERN, R.B. 2005. Time of day of application effect on glyphosate and glufosinate efficacy. (en línea). *Crop Management*. 4: s.p. Consultado 22 feb. 2012. Disponible en <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2005/annual/>

27. MILLER, P.C.H.; BUTLER ELIS, M.C. 2000. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. *Crop Protection*. 19: 609-615.
28. MODERNEL. 2012. Guía uruguaya para la protección y fertilización vegetal. (en línea). 12ª ed. Montevideo, Benito Lamas. Consultado 8 ago. 2011. Disponible en <http://www.laquiasata.com/joomla/>
29. MOHR, K.; SELLERS, B.A.; SMEDA, R.J. 2007. Application times of day influences glyphosate efficacy. *Weed Science*. 21(1): 7-13.
30. MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MATAS, J.A.; HEREDIA, A. 2004. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. *Planta Daninha (Viçosa, MG)*. 22(2): 203-210.
31. MOSIER, D.G.; PETERSON, D.E.; REGEHR, D.L. 1990. Herbicide; mode of action. Manhattan, Kansas State University. Cooperative Extentsion Service. 12 p.
32. NORSWORTHY, J.K.; OLIVER, L.R.; PURCELL, L.C. 1999. Diurnal leaf movement effects on spray interception and glyphosate efficacy. *Weed Technology*. 13(3): 466-470.
33. OSTWALD, W. 1975. Líquidos y sólidos; fases condensadas de la materia. In: Pimentel, G.C. ed. *Química; una ciencia experimental*. Barcelona, Reverté. pp. 68-88.

34. PAZ, V.; VERA, A.; PÁEZ, A. 2003. Distribución de biomasa de *Barleria lupulina* Lindl. en respuesta a tres regímenes de agua. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia. 20(3): 273-281.
35. RODRÍGUEZ, N.M. s.f. Calidad de agua y agroquímicos. (en línea). Pergamino, Argentina, s.e. Consultado 4 abr. 2012. Disponible en <http://www.agronort.com/informacion/calidagua.html>
36. SANCHOTENE, D.M.; DORNELLES, S.H.B.; DEBORTOLI, M.P.; CAPITANIO, J.R.; MEZZOMO, R.F.; GONÇALVES, R.A. 2007. Influência de sais e do pH da agua na eficiencia de Imazethapyr+Imazapic no controle de arroz-vermelho. Planta Daninha (Viçosa, MG). 25(2): 415-419.
37. SANYAL, D.; BHOWMIK, P.C.; REEDY, K.N. 2006. Leaf characteristic and surfactants affect primisulfuron droplets spread in three broadleaf weeds. Weed Science. 54(1): 16-22.
38. SELLERS, B.A.; SMEDA, R.J.; JOHNSON, W.G. 2003. Diurnal fluctuations and leaf angle reduce glufosinate efficacy. Weed Technology. 17(2): 302-306.
39. SMITH, D.B.; ASKEN, S.D.; MORRIS, W.H.; SHAW, D.R.; BOYETTE, M. 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. Transactions of the ASAE. 43(2): 255-259.
40. STEWART, CH.L.; NURSE, R.E.; SIKKEMA, P.H. 2009. Time of day impacts postemergence weed control in corn. Weed Technology. 23(3): 346-355.

41. WALTZ, A.L.; MARTIN, A.R.; ROETH, F.W.; LINDQUIST, J.L. 2004.
Ghyphosate efficacy on velvetleaf varies with application time of day.
Weed Technology. 18: 931-939.

42. WANG, C.J.; LIU, Z.Q. 2007. Foliar uptake of pesticides-present status and
future challenge. Pesticide Biochemistry and Physiology.
87: 1-8.