

**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA  
AGRICOLA**

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN  
PROTECCIÓN VEGETAL**

**ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS,  
SURFACTANTES Y LLUVIA EN MALEZAS DE  
IMPORTANCIA AGRÍCOLA EN MÉXICO.**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN  
VEGETAL**

**PRESENTA:**

**MARINA GAYTAN RUELAS**

**Chapingo, México. Marzo de 2012**



SECRETARÍA GENERAL ACADÉMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



# **ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS, SURFACTANTES Y LLUVIA EN MALEZAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA EN MÉXICO.**

Tesis realizada por Marina Gaytán Ruelas, bajo la dirección del Dr. Andrés Bolaños Espinoza, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**DIRECTOR:**



\_\_\_\_\_

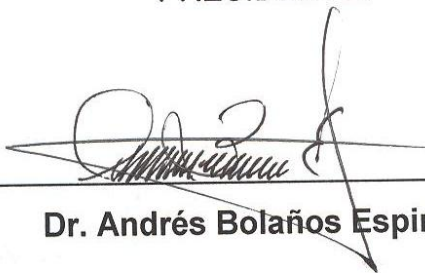
**Dr. Andrés Bolaños Espinoza**

**ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS, SURFACTANTES Y LLUVIA EN  
MALEZAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA EN MÉXICO.**

El presente trabajo de Tesis de Maestría en Protección Vegetal realizada por Marina Gaytán Ruelas, fue revisada y aprobada por el Comité Asesor conformado por:

**COMITÉ ASESOR**

PRESIDENTE:



\_\_\_\_\_

**Dr. Andrés Bolaños Espinoza**

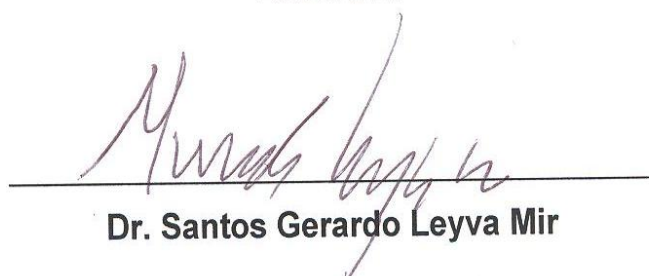
ASESOR:



\_\_\_\_\_

**Dr. Mateo Vargas Hernández**

ASESOR:



\_\_\_\_\_

**Dr. Santos Gerardo Leyva Mir**

Chapingo, México. Marzo de 2012.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por la vida y por cuidar a los que amo mientras estuve fuera de casa.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por El apoyo económico otorgado para llevar a cabo los estudios de Maestría.

A mi siempre Alma Mater, la **Universidad Autónoma Chapingo**, por brindarme todo lo necesario para mi formación profesional y personal.

Al **Programa de Maestría en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo**, por darme los conocimientos para mi formación como Maestro en Ciencias en Protección Vegetal.

Al **Dr. Andrés Bolaños Espinoza**, por su presencia, ayuda y apoyo incondicional durante todo el desarrollo de la investigación, pero sobre todo por su gran amistad y buenos consejos.

Al **Dr. Santos Gerardo Leyva Mir**, por su valiosa participación en la revisión de la investigación, y por compartir sus acertados conocimientos.

Al **Dr. Mateo Vargas Hernández**, por sus valiosas aportaciones a este proyecto y por compartir sus conocimientos y experiencia profesional.

A **todos y cada uno de los Catedráticos del Programa de Maestría en Protección Vegetal**, por compartis sus conocimientos y amistad durante mi formación profesional.

A **mis amigos y compañeros de generación y de otras generaciones**, por su amistad y apoyo durante mi estancia en la Maestría.

# DEDICATORIA

A mis padres: Hermelinda Ruelas Vázquez (Doña Linda) y J. Trinidad Gaytán Andrade (Don Trino), por ser las personas más nobles y generosas del mundo, por ser mi fuente de vida y mi motor para seguir adelante. Gracias por todos sus sabios consejos y sus oraciones.. Gracias, por enseñarme a que la humildad y la honestidad son la base para triunfar como persona. Estoy orgullosa de que sean mis padres y si Dios me diera otra vida, pediría que ustedes sean nuevamente mis amados viejos de cabellos blancos llenos de ternura y amor, con sus manos lastimadas por el tiempo y el trabajo. Toda la vida les estaré agradecida.

A mis hermanos: Robe, Jovita, Lalo, Chuy, Trino<sup>†</sup>, Lupe, Juan, Martín, Susa, Chave, Carlos, Carmen y Agustín<sup>†</sup>, por su cariño, porque cuidaron mis pasos y por estar siempre unidos a pesar de los malos tratos de la vida. Pero también por estar juntos en los días de alegría que siempre llevo guardados en mi corazón. Los amo.

A mi esposo Everardo Vargas Espinoza, por su amor y su apoyo incondicional, por ser un hombre con nobleza y ternura. Por sus consejos; por escuchar mis tonterías y problemas, por compartir una bella ilusión de amor. Por su alegría, por darme una salida cuando todo lo veo perdido, gracias por ser mi amigo y compartir tu vida a mi lado, te amo.

A todos mis sobrinos, por dejarme compartir esa inocencia y alegría que contagia, los amo.

A mis amigas de toda la vida: Anabel, Mirna, Eli, Gaby, Trini, Andrea, Deyxi, Lex, Bety, Magda y Cielo (las quiero mucho). A mis amigos Javier, Rafa, Salatiel y Mario, gracias por su apoyo y alegría,

por tantos momentos bellos compartidos y por compartir. Son y serán mi segunda Familia.

A mis amigos de la Maestría: Azucena (Susi), Neri, Ene, Cano y Chio, por haber compartido grandes anécdotas que nunca olvidaré y que a donde quiera que vaya siempre las tendré presentes.

Al Dr. Andrés Bolaños Espinoza, por su apoyo incondicional y por haberse mostrado como un amigo y siempre confiar en mi.

Al Maestro Juan Virgen Vargas y Maestra Mecinda Gatica, por su apoyo y consejos.

A todas las personas, que de uno u otro, modo me dieron su confianza y apoyo cuando lo necesité. Gracias...

*El Espíritu, La Voluntad de Ganar y Alcanzar la Excelencia, son las cosas que perduran. Estas cualidades son mucho más importantes que los sucesos que ocurren.*

*(Vincent Lombardi)*

## BIOGRAFIA



Marina Gaytán Ruelas, nació el 20 de junio de 1986, en la ciudad de Valle de Santiago Guanajuato, cursando los estudios de bachillerato en la Preparatoria Agrícola de La Universidad Autónoma Chapingo de 2001-2004.

Ingresó a la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, en el Departamento de Fitotecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo, egresando en el año de 2008 con el trabajo de tesis denominado “Uso de ácidos en la separación de semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)”.

En enero de 2010 ingresó a la Maestría en Protección Vegetal, en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, con el apoyo de la beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), egresando en diciembre de 2011, con el trabajo de investigación “Actividad biológica de herbicidas, surfactantes y lluvia en malezas de importancia agrícola en México”.



# CONTENIDO

|   |     |
|---|-----|
| LISTA DE CUADROS.....                                       | I   |
| LISTA DE FIGURAS.....                                       | III |
| RESUMEN .....   | V   |
| SUMMARY .....   | VI  |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                       | 1   |
| 2. OBJETIVOS .....  | 2   |
| 3. REVISIÓN DE LITERATURA .....                             | 3   |
| 3.1 Control de maleza .....                                 | 3   |
| 3.2 Formulación de herbicidas .....                         | 5   |
| 3.3 Uso de Coadyuvantes .....                               | 7   |
| 3.4 Importancia del uso de surfactantes (Coadyuvantes)..... | 7   |
| 3.5 Clasificación de surfactantes .....                     | 9   |
| 3.7 Como usar los surfactantes .....                        | 11  |
| 3.9 Descripción de malezas .....                            | 17  |
| 3.10 Descripción de Herbicidas .....                        | 20  |
| 3.11 Descripción de Surfactantes.....                       | 30  |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                | 32  |
| 4.1 Localización .....                                      | 32  |
| 4.2 Procedimiento Primer bioensayo.....                     | 32  |
| 4.2.1 Tratamientos .....                                    | 32  |
| 4.2.2 Diseño de tratamientos y diseño experimental .....    | 34  |
| 4.2.3 Variables respuesta evaluadas .....                   | 34  |
| 4.2.4 Análisis estadístico .....                            | 34  |
| 4.3. Procedimiento Segundo bioensayo.....                   | 34  |

|   |    |
|---|----|
| 4.3.1 Tratamientos .....  | 35 |
| 4.3.2. Diseño de tratamientos y diseño experimental .....               | 35 |
| 4.3.3. Variables respuesta evaluadas .....                              | 37 |
| 4.3.4. Análisis estadístico .....                                       | 37 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 38 |
| 5.1. Primer Bioensayo (2, 4 – D).....                                   | 38 |
| 5.1.1 Efecto principal del factor Herbicida .....                       | 38 |
| 5.1.2 Efecto principal del factor Surfactante .....                     | 38 |
| 5.1.3 Efecto principal del factor Tiempo para aplicación de Lluvia..... | 39 |
| 5.1.5 Interacción Herbicida x Tiempo de Lluvia .....                    | 42 |
| 5.1.6 Interacción Surfactante x Tiempo de Lluvia .....                  | 43 |
| 5.2. Segundo Bioensayo (atrazina, paraquat y glifosato).....            | 44 |
| 5.2.1. Simsia amplexicaulis (acahual) .....                             | 44 |
| 5.2.2. Amaranthus hybridus (quelite) .....                              | 52 |
| 6. CONCLUSIONES .....   | 61 |
| 7. RECOMENDACIONES .....  | 63 |
| 8. LITERATURA CITADA.....   | 65 |
| ANEXOS .....  | 72 |



## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Tratamientos involucrados en el primer bioensayo, para determinar la efectividad biológica de formulaciones del 2, 4-D, surfactantes y tiempos de lluvia.....33
- Cuadro 2. Tratamientos involucrados en el segundo bioensayo, para determinar la efectividad biológica de formulaciones de atrazina, glifosato y paraquat; surfactantes y tiempos de lluvia.....36
- Cuadro 3. Comparación de medias de la variable porcentaje de daño en plantas de frijol para el factor Herbicidas. Chapingo, México. 2011.....38
- Cuadro 4. Comparación de medias de la variable porcentaje de daño en plantas de frijol para el factor Surfactante. Chapingo, México. 2011.....39
- Cuadro 5. Comparación de medias de la variable porcentaje de daño en plantas de frijol para el factor Tiempo de Lluvia. Chapingo, México. 2011.....40
- Cuadro 6. Comparación de medias de la variable control de *S. amplexicaulis* y Biomasa para el factor herbicidas. Chapingo, México. 2011.....45
- Cuadro 7. Comparación de medias de la variable control de *S. amplexicaulis* para el factor Surfactante. Chapingo, México. 2011.....46



|  |    |
|--|----|
| Cuadro 8. Comparación de medias de la variable control de <i>S. amplexicaulis</i> y Biomasa para el factor Tiempo de Lluvia. Chapingo, México. 2011.....     | 47 |
| Cuadro 9. Comparación de medias de la variable control de <i>Amaranthus hybridus</i> y Biomasa para el factor herbicidas. Chapingo, México. 2011.....        | 53 |
| Cuadro 10. Comparación de medias de la variable control de <i>Amaranthus hybridus</i> para el factor Surfactante. Chapingo, México. 2011.....                | 54 |
| Cuadro 11. Comparación de medias de la variable control de <i>Amaranthus hybridus</i> y Biomasa para el factor Tiempo de Lluvia. Chapingo, México. 2011..... | 56 |



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Medias de porcentaje de daño en plántulas de frijol para la interacción Herbicida-Surfactante (Her \* Sur). Chapingo, México. 2011.....41
- Figura 2. Medias de porcentaje de daño en plántulas de frijol para la interacción Herbicida-Tiempo de lluvia (Her\*T. Llu). Chapingo, México. 2011. ....43
- Figura 3. Medias de porcentaje de daño en plántulas de frijol para la interacción Surfactante-Tiempo de lluvia (Sur\*T. Llu). Chapingo, México. 2011. ....44
- Figura 4. Medias de control de de *S. amplexicaulis*, y biomasa para la interacción Herbicida-Surfactante (Her\*Sur). Chapingo, México. 2011.....49
- Figura 5. Medias de control de *S. amplexicaulis* y biomasa para la interacción Herbicida- Tiempo de lluvia (Her\*Lluvia). Chapingo, México. 2011.....50
- Figura 6. Medias de control de *S. amplexicaulis* y biomasa para la interacción Surfactante-Tiempo de lluvia (Her\*Lluvia). Chapingo, México. 2011.....52
- Figura 7. Medias de control de de *Amaranthus hybridus*, y biomasa para la interacción Herbicida-Surfactante (Her\*Sur). Chapingo, México. 2011.....57



Figura 8. Medias de control de *Amaranthus hybridus* y biomasa para la interacción  
Herbicida- Tiempo de lluvia (Her\*Lluvia). Chapingo, México.  
2011.....59

Figura 9. Medias de control de *Amaranthus hybridus* y biomasa para la interacción  
Surfactante-Tiempo de lluvia (Her\*Lluvia). Chapingo, México.  
2011.....60



## ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS, SURFACTANTES Y LLUVIA EN MALEZAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA EN MÉXICO.

### RESUMEN

Durante la primavera de 2011 se condujeron dos bioensayos en condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, estado de México. En el primero se trabajó con 2, 4-D Amina y 2, 4-D Éster en combinación con los surfactantes Inex® (éter de polietilenglicol) y Penetrator Plus® (éster etoxilado alquil aril fosfato) y en el segundo con paraquat, glifosato y atrazina en combinación con los surfactantes Inex® (éter de polietilenglicol) y Break Thru® (Polyether - Polymethylsiloxane) en dosis de 0.3 % v/v. Además, se evaluaron los efectos de lluvia simulada (0, 2 y 4 h, después de la aplicación), un tratamiento sin surfactante y un testigo absoluto. Ambos bioensayos se realizaron con el objetivo de determinar la efectividad biológica de los herbicidas en función del uso de surfactantes y el tiempo de lluvia simulada. Las especies sobre las que se evaluaron los tratamientos fueron frijol (*Phaseolus vulgaris*), acahual (*Simsia amplexicaulis*: Asteraceae) y quelite (*Amaranthus hybridus*: Amaranthaceae). Los tratamientos del primer ensayo (19 en total) y los tratamientos del segundo (28 en total) fueron alojados en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2x3x3 y 3x3x3, con cuatro y tres repeticiones respectivamente. La unidad experimental quedó conformada por una maceta, sobre la cual se sembraron semillas de frijol y se trasplantaron las especies nocivas, previamente colectadas en campo. Después de un periodo de aclimatación de las plantas (8 días), se realizó la aplicación de los tratamientos químicos con una aspersora manual de mochila con capacidad de 15 L, previamente calibrada y equipada con una punta de doble abanico TJ-60 11004. Se evaluó el porcentaje de control visual a los 5, 10 y 15 días después de la aplicación; además, se midió la biomasa al finalizar el periodo de evaluación. El mayor daño contra frijol lo presentó 2, 4-D Ester solo y con surfactantes, sin presentar efectos de la lluvia. El mejor control de acahual se obtuvo con atrazina con el surfactante Break Thru® y un mínimo de exposición de 2 h y para quelite lo presentó atrazina, con el mismo surfactante y tiempo de exposición.



## SUMMARY

During spring 2011 two bioassays were conducted under greenhouse conditions in Chapingo, Chapingo, Mexico State. In the first worked with 2, 4-D amine and 2, 4-D ester in combination with Inex ® surfactants (polyethylene glycol ether) and Penetrator Plus ® (ethoxylated alkyl aryl phosphate ester) and the second with paraquat, glyphosate and atrazine in combination with surfactants Inex ® (polyethylene glycol ether) and Break Thru ® (Polyether - Polymethylsiloxane) at doses of 0.3% v / v. In addition, we evaluated the effects of simulated rainfall (0, 2 and 4 h after application), a treatment without surfactant and an absolute control. Both bioassays were conducted with the objective of determining the biological effectiveness of herbicides by use of surfactants and simulated rainfall time. The species on which treatments were evaluated bean (*Phaseolus vulgaris*), fallow (*Simsia amplexicaulis*: Asteraceae) and pigweed (*Amaranthus hybridus*: Amaranthaceae). The treatments of the first trial (19 in total) and the second treatment (28 in total) were housed in a completely randomized design with a factorial arrangement of 2x3x3 and 3x3x3, with four and three replicates respectively. The experimental unit was composed of a pot, on which bean seeds were sown and transplanted the weed species, previously collected in the field. After a period of acclimatization of plants (8 days) was carried out applying chemical treatments with a manual sprayer knapsack with capacity of 15 L, previously calibrated and equipped with a dual fan tip TJ-60 11004. Was assessed visually control the rate at 5, 10 and 15 days after application, moreover, the biomass was measured at the end of the evaluation period. The greatest damage to the beans as presented 2, 4-D Ester surfactants alone and with no present effects of rain. The best control was obtained with atrazine fallow with the surfactant Break Thru ® and a minimum of 2 h exposure to atrazine quelite presented him with the same surfactant and exposure time.





## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando un herbicida entra en contacto con las plantas, su acción queda definida por diversos factores, entre éstos, los climáticos, tales como la temperatura, humedad relativa, la lluvia y el viento; factores propios del herbicida, como la formulación y concentración del ingrediente activo (i.a). Por lo tanto, la actividad de un herbicida en una planta está en función del grado de absorción y translocación, del metabolismo y de la sensibilidad de la planta a dicho herbicida (Da Silva *et al*, 2007).

Las lluvias que caen al poco tiempo después de la aplicación pueden tener un efecto de lavado del herbicida fuera de la zona objetivo, con lo que se reduce la eficacia del tratamiento. Algunas formulaciones son de rápida penetración, de modo que una lluvia ocurrida poco tiempo después de la aplicación, no incide en los resultados. Sin embargo, este lavado dependerá de las características propias de la formulación del herbicida, del tiempo que haya transcurrido entre la aplicación y la caída de la lluvia, de la adición de surfactantes, entre otros. Una formulación es el proceso, realizado por el fabricante, en la preparación de herbicidas para su uso práctico. A través de este proceso, el fabricante proporciona al usuario un herbicida, de manera que sea fácil de manejar y si se utiliza correctamente, puede ser aplicado con precisión, en la dosis correcta, uniforme y con seguridad para el aplicador (Ross y Lembi, 2008); así mismo, se mejoran las condiciones de almacenamiento y eficacia (Kogan y Pérez, 2003).

Como se ha mencionado, la pérdida de la actividad del herbicida depende de la ocurrencia de la lluvia (Da Silva *et al*, 2007) o periodo libre de precipitaciones. La influencia de la lluvia sobre la eficiencia de los herbicidas está también relacionada con la formulación. Los surfactantes son productos cuya principal función es mejorar el comportamiento tóxico del i.a. y facilitar su manejo. Se pensó originalmente que el surfactante reducía la tensión superficial del herbicida, aumentando de ese modo la humectabilidad y la penetración de la cutícula. Sin embargo, se sabe ahora que la concentración del surfactante juega un papel importante al determinar sus propiedades físico-químicas. La máxima tensión



superficial tiene lugar en el rango de concentraciones de 0.1 a 0.5 % v/v. A concentraciones más altas se solubilizan las ceras y se destruye la cutícula (Robertson y Kirwood, 1982).

## 2. OBJETIVOS

1. Determinar la efectividad biológica de los herbicidas 2, 4-D, paraquat, glifosato y atrazina, sobre plantas susceptibles y malezas de importancia agrícola.
2. Medir los efectos de surfactantes en la actividad biológica de herbicidas de amplio uso en México.
3. Evaluar los efectos de la lluvia sobre la actividad biológica de herbicidas de amplio uso en México.



### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Control de maleza

Para el control eficiente de malezas es necesario tener en cuenta los siguientes factores: 1) las especies de malezas predominantes, 2) el área y la localización de la invasión de malezas, 3) el estado de desarrollo de las malezas y su relación con el crecimiento del cultivo, 4) el equipo disponible para el control, y 5) las condiciones de clima y el contenido de humedad en el suelo en el momento de iniciar el control (Gómez, 1995).

Labrada y Parker (1992) señalan varios métodos para el control de las malezas o para reducir su infestación a un determinado nivel, entre estos destacan:

1. Métodos preventivos, que incluyen los procedimientos de cuarentena para prevenir la entrada de una maleza exótica en el país o en un territorio particular.
2. Métodos físicos: arranque manual, escarda con azada, corte con machete u otra herramienta y labores de cultivo.
3. Métodos culturales: rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distancia de siembra o plantación, cultivos intercalados o policultivo, cobertura viva de cultivos, acolchado y manejo de agua.
4. Control químico a través del uso de herbicidas.
5. Control biológico a través del uso de agentes de control específicos para el control de especies de malezas.
6. Otros métodos no convencionales, p.ej. la solarización del suelo.



### ***Control químico***

El control químico ha tomado un gran auge, debido al notable desarrollo de herbicidas selectivos a cultivos específicos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que más que un medio de manejo de las malezas, es un complemento de las prácticas culturales; asimismo, se le considera como el último eslabón del manejo integrado de las malezas y su empleo debe estar sujeto al costo comparado con los beneficios que aporta. Además, se debe considerar que el uso continuo de un mismo herbicida ha generado la creación de biotipos de malezas resistentes (Koch, 1989).

### ***Control cultural***

Las medidas de control cultural consisten en la aplicación de prácticas que favorecen al cultivo y crean ambientes inadecuados para las malezas. Su éxito se fundamenta en establecer un cultivo vigoroso que compita efectivamente con las malezas. Es de carácter preventivo. Dentro de otras prácticas utilizadas se citan: densidad de siembra adecuada, distribución, material de siembra de excelente calidad, empleo de fertilización, riego o drenaje, uso de coberturas y manejo de plagas y enfermedades (Koch y García, 1985).

### ***Control físico o mecánico***

Este tipo de medidas trata de manejar un problema ya establecido, en contraste con el cultural que busca eminentemente la prevención. Dentro del control físico existen varias prácticas que deben tenerse en cuenta, tales como la preparación del suelo, el deshierbe manual o con herramientas y la quema de residuos vegetales (actualmente poco usado). Estas prácticas, aunque constituyen una labor física o mecánica, indirectamente significan también un control cultural, si se mira desde el punto de vista preventivo (Koch y García, 1985).



## **Control Biológico**

Desde el punto de vista ecológico, Doll (1987) considera al control biológico de malezas como la acción de parásitos, depredadores o patógenos que mantienen la densidad de población de otro organismo en un promedio inferior al que existiría en su ausencia. Este tipo de control presenta una serie de limitaciones que no lo hacen aplicable para el caso de control de las malezas en los cultivos, por ejemplo: es exitoso en áreas extensas, infestadas por la misma especie de malezas; se asume un riesgo al introducir un agente de control de una especie y que luego este no sea específico.

### **3.2 Formulación de herbicidas**

Ningún i. a. que actúa como herbicida es utilizado en su forma pura en la agricultura (Kogan y Pérez, 2003), dependiente de las condiciones y equipo de aplicación, propiedades químicas del ingrediente activo, costos de fabricación, disponibilidad y costos de coadyuvantes, toxicidad del herbicida y otras consideraciones de seguridad.

De acuerdo con Araújo (1997), la formulación de un herbicida consiste en acondicionar el ingrediente activo a una concentración adecuada, adicionando sustancias coadyuvantes, teniendo en cuenta que el producto final debe ser utilizado en determinadas condiciones técnicas de aplicación, para cumplir eficazmente su finalidad biológica, manteniendo esas condiciones durante el almacenamiento o transporte.

La formulación es un proceso por el cual una sustancia química pura (ingrediente activo) es preparada para estar disponible y ser utilizada, de tal manera que se



mejoren las condiciones de manejo, almacenamiento, aplicación, eficacia y seguridad (Kogan y Pérez, 2003).

Ross y Lembi (2009), contemplan dos definiciones de formulación de herbicidas referente al control químico de malezas: 1) es la preparación del herbicida hecha por el fabricante para su uso práctico; este incluye componentes como el ingrediente activo, ingredientes inertes como solventes, diluyentes, materiales encapsulantes y varios coadyuvantes. 2) es el proceso de manufactura del herbicida para su uso práctico.

Una formulación es la etapa final de industrialización, sin embargo, el mismo ingrediente activo, a veces, es comercializado en diferentes formulaciones en varias regiones del mundo (Kissmann, 1997).

Según Kogan y Pérez, (2003) el principal objetivo de la formulación de un herbicida es posibilitar que el usuario disperse el herbicida en el vehículo acarreador, que normalmente es el agua. De la misma forma, con la formulación de los herbicidas se pueden buscar otros objetivos:

- 1) Permitir la distribución uniforme del químico sobre la superficie objetivo.
- 2) Reducir el nivel de contaminación y riesgo durante su manejo y aplicación.
- 3) Mejorar la eficacia del herbicida a través de su lenta liberación, menor degradación por factores ambientales y mayor absorción por las malezas.
- 4) Reducir costos de aplicación.
- 5) Incrementar la vida del herbicida en el almacén.



- 6) Reducir la concentración del ingrediente activo a través de su dilución en un solvente apropiado.

### **3.3 Uso de Coadyuvantes**

Según la Sociedad Americana de la Ciencia de la Maleza (WSSA, por sus siglas en inglés) un coadyuvante es cualquier sustancia contenida en la formulación o adicionada a la mezcla, con el objeto de mejorar la actividad del herbicida o las características de la aplicación, existiendo desde materiales inertes hasta aquellos que en altas concentraciones pueden ser fitotóxicos (Kogan y Pérez, 2003).

En un estudio realizado por Lucas *et al.*, (2011) mencionan que el uso de atrazina con la adición de un surfactante presentó medidas de control por arriba del 96 %, significativamente superior a tratamientos donde no fue adicionado.

### **3.4 Importancia del uso de surfactantes (Coadyuvantes)**

Los coadyuvantes son aquellos agentes o aditivos utilizados en la agricultura que al ser mezclados con los agroquímicos ayudan a modificar la acción de los ingredientes activos de los plaguicidas (Foy, 1989).

García-Torres y Fernández-Quintanilla (1991), indican que los coadyuvantes son diversas sustancias que se añaden al producto herbicida, bien en su formulación o cuando se mezclan en el tanque, y que son capaces de modificar favorablemente las propiedades físicas y químicas de los ingredientes activos.

Tasistro (2000), menciona que la disponibilidad y uso de coadyuvantes ha aumentado en los últimos años por sus múltiples ventajas, dentro de las cuales se mencionan: prevenir o eliminar la espuma, mezclar agroquímicos, mejorar la



calidad del agua al momento de preparar la mezcla para aspersión, mejorar la cobertura, evitar arrastre o deriva, evitar lavado, aumentar la penetración.

Los coadyuvantes son componentes que mejoran la acción de los plaguicidas; dentro de estos, los surfactantes se usan para mejorar el comportamiento de la mezcla de aspersión y aumentar la penetración, y con ello la efectividad de los plaguicidas (Bohmont, 1990). Al respecto, Ross y Lembi (2009) mencionan que el término surfactante proviene de las palabras en inglés “surface active agent”, que significa: agentes que actúan sobre las superficies.

Hay (1981) indica que las moléculas de los surfactantes están compuestas por dos segmentos, uno es no polar e insoluble en agua y se denomina “porción lipofílica”; otro, que es polar y fácilmente soluble en agua, se llama “porción hidrofílica”. De acuerdo a la cantidad relativa de cada segmento en la molécula, dará la propiedad física como agente activador de la superficie, a esto se le llama Balance hidrófilo-lipofílico (BHL). Ashton y Monaco, (1991) indican que los valores de BHL son muy útiles en la selección de surfactantes para la formulación de emulsiones. También sirven para destacar que no todos los surfactantes son igualmente adecuados para todos los usos. Es importante seleccionar un adecuado agente tensoactivo para su uso previsto.

Brecke y Unruh (2004) mencionan que los surfactantes son químicos que modifican las propiedades de las superficies foliares al estar en contacto con éstos; a menudo los surfactantes son adicionados a herbicidas para mejorar su actividad sobre las malezas. Sin embargo, Mysels (1969) indica que la característica más significativa de los surfactantes, es su capacidad cooperativa para impulsar la “autoasociación” entre los componentes de mezclas participando estas sustancias a bajas concentraciones.

La principal barrera de penetración de los herbicidas es la cutícula cerosa, la cual está formada por cera epicuticular que es de naturaleza lipofílica, esta le sirve a la





planta de mecanismo de defensa para evitar la deshidratación y a su vez proteger a la misma. Ross y Lembi (2009) mencionan que además de evitar la evapotranspiración, la cutícula actúa como una barrera de absorción foliar de los agroquímicos, razón por la cual dificulta la penetración principalmente de productos solubles en agua.

Para lograr una mejor penetración y con ello la efectividad de los herbicidas, se hace necesario la adición de coadyuvantes a la formulación o a la mezcla del tanque, los cuales actúan como agentes de superficie activa, conocidos como agentes tensoactivos o surfactantes, cuya propiedad principal es la reducción de la tensión superficial (Polaquimia s/f).

### **3.5 Clasificación de surfactantes**

Radosevich *et al.* (1997) señalan que los surfactantes son clasificados de acuerdo a su carga eléctrica o tendencia para ionizar con la porción hidrofílica de la molécula. De acuerdo con Ashton y Monaco (1991), hay cuatro tipos de surfactantes: aniónicos, catiónicos, no iónicos y moléculas anfólicas. Los surfactantes no iónicos ionizan o disocian poco en el agua mientras que los otros se cargan cuando se disuelven en agua. Los surfactantes aniónicos son cargados negativamente y los surfactantes catiónicos cargados positivamente en solución. Los surfactantes anfotéricos pueden ser cargados positiva o negativamente dependiendo del pH del agua. Los surfactantes usados con emulsiones y suspensiones de herbicidas son no iónicos, debido a que ellos no reaccionan con aguas duras y son compatibles con muchos tipos de herbicidas.

Segura (1985) menciona que cuando las partículas cargadas positivamente ejercen una influencia dominante en la solución, el surfactante es clasificado como surfactante catiónico; pero cuando domina el efecto de las partículas cargadas



negativamente, se dice que es un surfactante aniónico. Otros surfactantes que no se disocian en presencia del agua (o si lo hacen es muy ligera), son los surfactantes no iónicos, a este grupo pertenecen los agentes emulsificadores y la mayoría de humectantes usados en la actualidad. También señala que comercialmente los surfactantes no iónicos y aniónicos son los más importantes en la formulación de plaguicidas, siendo los no iónicos los más indicados para aguas duras y alcalinas, ya que no presentan actividad con el ingrediente activo del plaguicida.

### **3.6 Clasificación de surfactantes de acuerdo a su uso.**

Klingman y Ashton (1995) clasifican a los surfactantes de acuerdo a su uso:

**Humectantes.** Coadyuvantes que incrementan la capacidad de un líquido para humectar un sólido, el humectante disminuye la tensión superficial logrando que el líquido entre en contacto íntimo con el sólido disminuyendo el ángulo de contacto con la superficie. Estos productos hacen que se tenga una mayor superficie cubierta por las gotas asperjadas; sin embargo, al aplicar altos volúmenes pueden ocasionar que el producto se pierda por escurrimiento.

**Emulsificantes.** Son sustancias químicas que mantienen juntas a las moléculas de líquidos incompatibles; por ejemplo agua en aceite, con ellos puede facilitarse la aspersion de muchas sustancias herbicidas lipofílicas.

**Detergentes.** Son sustancias afines con el agua y a las grasas que sirven para remover las ceras cuticulares y facilitar la penetración de los herbicidas.

**Adherentes.** Son sustancias que facilitan la adhesión de los plaguicidas a la superficie foliar, con lo que se evita el lavado por las lluvias.



**Dispersantes.** Son agentes que facilitan la suspensión de las partículas sólidas dentro de líquidos, evitando que precipiten prematuramente. También se denominan: extensores, antiespumantes y penetrantes.

**Estabilizantes.** Algunos surfactantes pueden mejorar la acción de los herbicidas, pero pueden ser fitotóxicos a las plantas cultivadas. Aumentan la penetración del herbicida pero afecta la selectividad de plantas disminuyendo la superficie de contacto y poca penetración.

### **3.7 Como usar los surfactantes.**

1) Los surfactantes sólo se aplican con herbicidas post-emergentes y no con los pre-emergentes. Las etiquetas de los herbicidas indican cuando es necesario usar los surfactantes. Si ésta no menciona nada de los surfactantes, entonces no lo requiere.

2) Dosis. La dosis recomendada de los surfactantes es de 100 a 500 cm<sup>3</sup> o ml por cada 100 litros de mezcla (herbicida + agua + surfactante); es decir, de 0.1 a 0.5 % del volumen de la mezcla.

3). Preparación de mezcla. Para evitar la formación de grumos en la mezcla para aspersión con algunos surfactantes, es recomendable preparar por aparte el surfactante + agua y posteriormente agregarla a la mezcla agua + herbicida (Díaz, 2008).

Foy y Pritchard (1996), Ross y Lembi (2009) mencionan que hay diferentes tipos de aditivos, tales como:



**Acidificante.** Materiales que se agregan a las mezclas de aspersión para bajar el pH.

**Activador.** Materiales que incrementan la actividad del herbicida.

**Coadyuvante.** Sustancias que se adicionan a los herbicidas para mejorar la acción o manejo de los mismos.

**Buffer (Amortiguador).** Componente o mezcla que, se agrega a una solución, hace que ésta sea resistente al cambio de pH. Cada buffer tiene como característica el pH de rango limitado.

**Agente compatible.** Sustancias que permiten mejorar la mezcla o suspensión de dos o más formulaciones cuando son aplicados simultáneamente en un tanque. Estos son usados frecuentemente cuando un fertilizante líquido es acarreado por un herbicida.

**Concentrado de aceites vegetales.** Materiales basados en aceites que mejoran la penetración del herbicida en la cutícula de las hojas.

**Antiespumante.** Sustancias que eliminan o suprimen la espuma que se forma en el tanque de aspersión, de esta manera, la boquilla puede operar correctamente.

**Agente de control antideriva.** Se usan en aspersiones de mezclas para reducir la deriva de la aspersión.

**Emulsificante.** Sustancias que mejoran la suspensión de un líquido en otro.

**Fertilizante.** Algunos fertilizantes adicionados a los tanques de aspersión pueden mejorar la penetración de los herbicidas entre las hojas.



**Humectante.** Aumenta el contenido de agua en un depósito asperjado, de tal manera que retarda el secamiento del depósito sobre la superficie de la hoja.

Teóricamente esto podría aumentar el tiempo para que el herbicida penetre entre las hojas.

**Penetrante.** Sustancias que mejoran la habilidad de los herbicidas para penetrar una superficie, como la cutícula de la hoja.

**Antídotos o protectantes.** Sustancias que reducen la toxicidad del herbicida hacia los cultivos por mecanismo fisiológico.

**Dispersante.** Material que incrementa el área que una gotita o volumen dado de la mezcla de aspersión, cubre sobre un blanco.

**Fijador.** Hace que las gotas asperjadas se adhieran al objetivo. Esto reduce el desagüe durante la aplicación y el resbale por la lluvia.

**Surfactante.** Mejora la emulsión, dispersión, esparcimiento, montaje, u otras modificaciones de las propiedades de los líquidos.

**Agente mojante.** Reduce la tensión superficial entre las gotas de agua y la cutícula de la hoja.

### **3.8 Efecto de factores ambientales en la actividad de herbicidas Post-emergentes**

Deuber (1982), menciona que la absorción de los herbicidas es limitada al atravesar la cutícula del follaje y es influenciada por las condiciones ambientales, por la especie de la maleza o características de los herbicidas. No obstante,



después de alcanzar el objetivo, el herbicida está sujeto a varios destinos: escurrimiento, ser lixiviado por la ocurrencia de lluvia, se secan y forman sustancias amorfas, se cristalizan después de la evaporación del solvente, o incluso, penetrar en la cutícula y permanecer retenida en ella, no siendo translocado (Souza, 2011). A consecuencia de esto, es una menor absorción y, consecuentemente, menor eficacia del herbicida.

La eficacia de los herbicidas, está estrechamente relacionada con la magnitud del proceso de absorción, tanto aquellos que son de acción local, como aquellos que se translocan (sistémicos) y ejercen su acción fitotóxica en sitios específicos distantes de puntos de absorción (Durigan, 1993). Sin embargo, varios factores ambientales pueden afectar el proceso de absorción de los herbicidas, reduciendo su absorción, afectando directamente la eficacia de no controlar las malezas, como por ejemplo: temperatura, luminosidad, humedad del suelo, humedad relativa, heladas y lluvia.

### ***Humedad relativa***

La humedad relativa elevada demora el secado del pulverizado, mejora la permeabilidad de la cutícula y favorece la apertura de los estomas; las condiciones opuestas se dan con baja humedad y ellas dificultan o reducen la absorción (Robertson y Kirwood, 1982). La recomendación es aplicar con humedad relativa superior a 60%, para evitar el secado de las gotas, y asegurar que las mismas lleguen en su totalidad al objetivo. Un inconveniente es que con baja humedad relativa del aire, la planta se encuentra en estrés (Talavera s/f). Temperaturas altas (mayor que 30° C) y baja humedad del aire (menor que 60%) favorece a la pérdida del producto por evaporación.



## ***Temperatura***

Las temperaturas relativamente altas mejoran la penetración y posterior acción de determinados herbicidas, cuya actividad está íntimamente relacionada con el crecimiento vegetal (Mársico, 1980). Debe aplicarse con temperatura inferior a 30° C. Existen herbicidas que requieren cierta temperatura mínima para su rápida acción dentro de la planta, como el caso del glifosato que, aplicado a temperatura inferior a 15° C, retarda su acción y en consecuencia su efecto sobre la maleza. La temperatura puede influir en los resultados de ciertos herbicidas, principalmente en los de acción sistémica, como metsulfuron methyl, glifosato, 2,4-D, etc. La eficiencia de los mismos se reduce cuando son aplicados con temperaturas medias diarias inferiores a 12° C (Marochi, 1995)

## ***Lluvia***

Las lluvias que caen poco después de la aplicación pueden tener un efecto de lavado eliminando o arrastrando parte del herbicida y reduciendo la eficacia del tratamiento. Algunas formulaciones son de rápida penetración, de modo que una lluvia ocurrida varias horas después de la aplicación ya no incide en los resultados (Robertson y Kirwood, 1982). El rocío siempre que sea excesivo puede tener el mismo efecto de lavado que las lluvias ya que diluye el herbicida y las gotas pueden escurrir hacia el suelo sin ser absorbidas (Mársico, 1980). Isense y Sadegui (1997), indican que la frecuencia, cantidad e intensidad de las precipitaciones en relación con la aplicación de pesticidas pueden ser los factores principales que rigen la lixiviación de los mismos.

Un intervalo de tiempo entre la aplicación y la ocurrencia de una lluvia, o bien, la intensidad y cantidad de la misma, las formulaciones y las concentraciones de los herbicidas utilizados, influyen en la eficacia del control de las malezas.



En un estudio realizado por Lucas *et al.* (2011), concluyeron que cuanto mayor sea el volumen de una lluvia simulada en un intervalo de una hora después de la aplicación, el control de *Brachiaria plantaginea* será perjudicado al transcurrir el tiempo.

De Souza *et al.* (2011), mencionan que todos los tratamientos usados en su estudio a base de glifosato controlaron eficazmente *Urochloa plantaginea*, independientemente del periodo de lluvia. El mismo autor, señala que no hubo diferencias entre las formulaciones usadas y los periodos de tiempo para la simulación de la lluvia en relación a la acumulación de materia seca de las plantas.

En otro trabajo realizado por De Souza *et al.* (2011), encontraron que plantas de *Myriophyllum aquaticum*, fueron controladas eficazmente por el herbicida 2,4-D independientemente de la presencia o no de lluvia en diferentes periodos de tiempo después de su aplicación.

### **Luz**

La luz por su intervención en la fotosíntesis, favorece la absorción, ya que contribuye a que los productos fotosintetizados, y con ellos los herbicidas se trasladen desde las hojas hacia las partes de utilización. No obstante, suelen hacerse aplicaciones nocturnas con herbicidas de follaje sin que se reduzca sensiblemente su eficacia (Robertson y Kirwood, 1982).

En un estudio realizado por Moctezuma *et al.* (1995) se confirmó que herbicidas compuestos de paraquat se pueden descomponer lentamente por acción de la luz UV (Ultravioleta), siempre y cuando haya oxígeno disuelto en la solución.





## **Viento**

La presencia del viento es deseable, especialmente en aplicaciones aéreas en la aplicación de plaguicidas. Es beneficioso cuando presenta una dirección transversal al vuelo, pues colabora para obtener una deposición uniforme. En aplicaciones de caudales entre 10 a 15 litros por hectárea se recomienda aplicar con vientos de hasta 8 -10 km. por hora, y en aplicaciones de bajo y ultrabajo volumen las velocidades no deberán superar los 3 a 5 km por hora. Existe una reglamentación que prohíbe la aplicación de plaguicidas con vientos superiores a los 15 km/hora, condición que debe respetarse escrupulosamente cuando en el sentido del viento se encuentren cultivos sensibles a herbicidas (FMC, s/f).

### **3.9 Descripción de malezas**

#### ***Amaranthus hybridus***

##### **Nombres comunes**

Es conocido como bledo, quelite, chongo, lepo, entre otros nombres comunes.

##### **Hábitat**

Es una planta muy frecuente y abundante en la cuenca de México. Se le puede encontrar a alturas de 2 250 a 2600 m. florece prácticamente todo el año, aunque es más común encontrarla como planta anual de verano. Posee una distribución muy amplia tanto en México como en el mundo. En la República Mexicana se le registra en todos los estados, con excepción de Baja California y Nuevo León (Espinosa y Sarukhan, 1997).



## **Planta**

Es una planta anual erecta, de 4 a 150 cm de altura, sin ramificación o profusamente ramificada (Espinosa y Sarukhan, 1997). Tallo color rojizo o verdoso, acanalado; glabro o pubescente. Hojas alternadas con peciolo de 0.3 a 4.5 cm de largo; lámina ampliamente obovada o lanceolada. La inflorescencia es una panícula compuesta alagada; brácteas obovadas o lanceoladas y espinosas en la punta. Flores hermafroditas o unisexuales, pequeñas, de simetría radial, con 5 tépalos verdosos. De acuerdo con Muñoz y Pitty (1994) el fruto está encerrado en el perianto y brácteas. Las semillas son de color café a negro brillante y superficie como una red menuda. Su reproducción sólo es por semillas (Lorenzi, 2006).

## **Importancia**

Se encuentra frecuentemente en cultivos, potreros y a orillas de carreteras (Muñoz y Pitty, 1994). Tiene una gran capacidad reproductiva, una sola planta puede llegar a producir 117 mil semillas. También es utilizada como platillo y ocasionalmente como planta medicinal (Lorenzi, 2008).

## **Sensibilidad a herbicidas**

De acuerdo con Lorenzi (2006), en aplicaciones con atrazina en postemergencia temprana o tardía es medianamente susceptible; en planta adulta no es recomendable la aplicación. Es altamente susceptible a glifosato en postemergencia y la planta adulta es susceptible de un 85-95%. Aplicaciones de paraquat en postemergencia tienen un porcentaje de control que va de un 85-95%, mientras que en plantas adultas, solo controla de un 50-85 %.



## ***Simsia amplexicaulis***

### **Nombres comunes**

Se le conoce como acahual, acahual amarillo, acahualillo.

### **Hábitat**

Espinosa y Sarukhan (1997), señalan que esta especie es extremadamente común y abundante en la cuenca de México. Se usa comúnmente como forraje antes de que florezca. Florece de mayo a noviembre a altitudes de 2250-3000 m.

### **Planta**

Hierba anual, erecta o ramificada, de 10 cm hasta 2.5 m. El tallo es purpúreo, glanduloso-pubescente de hasta 3 mm de largo. Las hojas inferiores son opuestas, las superiores alternas; ovadas, deltoides y lanceoladas en el mismo individuo, frecuentemente trilobadas de cierto nivel para arriba, de 12 cm de ancho por 20 cm de largo, sésiles o con pecíolos de hasta 6 cm de largo, que pueden ser angostos, o bien, alados y a menudo dilatados en la base, ápice agudo, margen crenado a aserrado, base cuneada a cordada, pelos aplicados y tuberculados en la base. La inflorescencia son cabezuelas agrupadas en panículas con brácteas. Las flores liguladas de color amarillo a anaranjadas, sus láminas de 9 a 20 mm de largo, de elípticas a obovadas. Los frutos y semillas son aquenios obovados, de 3 a 5 mm de largo, negros abigarrados, cubiertos de pubescencia aplicada, con una cara convexa y otra cóncava o plana, en cada cara presentan una costilla; vilano de dos aristas caedizas de 2 a 5 mm de largo (Conabio).



## **Importancia**

En altas densidades es una planta muy competitiva, de crecimiento rápido y vigoroso. Generalmente es muy abundante en los terrenos dedicados al cultivo del maíz de temporal. Se ha registrado en ajo, aguacate, alfalfa, avena, calabaza, cebolla, chile, estropajo, frijol, frutales, girasol, haba, hortalizas, maíz, mango, nopal, plantas ornamentales, papa, sorgo y tomate (Villaseñor y Espinosa, 1998).

## **Sensibilidad a herbicidas**

Es susceptible a los herbicidas fenoxiacéticos y triazinas (Conabio).

### **3.10 Descripción de Herbicidas**

#### **a) 2, 4- D.**

##### **Grupo**

El 2, 4- D es un herbicida hormonal que pertenece a la familia de los Fenoxiacéticos.

##### **Usos**

De acuerdo con Senseman (2007), el 2, 4-D es aplicado de manera foliar y puede ser usado de la siguiente manera: en postemergencia (POST) en trigo, cebada, avena, centeno, sorgo y maíz dulce; antes de la siembra o POST en cultivos de maíz; antes de la siembra en soya; en postemergencia en mijo; antes de la cosecha en trigo; en postemergencia en pastos y en sistemas de labranza de conservación; en barbecho en postemergencia, en postemergencia en espárrago; de manera dirigida en postemergencia en árboles frutales incluyendo manzano,



durazno y peras; y en postemergencia en el periodo latente en fresa. El 2, 4-D controla muchas malezas de hoja ancha incluyendo malezas de tipo alfombra, diente de león (*Taraxacum officinale*), bardana (*Arctium lappa*), cola de caballo (*Equisetum arvense*), Gloria de la Mañana (*Ipomoea purpurea*), bledo (*Amaranthus* spp.), quelite cenizo (*Chenopodium album*), la ambrosía (*Ambrosia* spp.) y bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*), con poca o ninguna actividad sobre pastos. En control de malezas acuáticas el lirio acuático (*Eichhornia* spp.), juncos (*Juncus effusus*) y utricularia (*Utricularia* spp.). Las dosis en la que puede ser utilizado va desde los 0.28-2.24 kg de ia.ha<sup>-1</sup>.

### **Mecanismos de acción**

No es completamente conocido pero es similar a las auxinas endógenas ácido indol-3-acético (IAA) y otras auxinas.

### **Sintomatología**

Al ser un herbicida sistémico, los síntomas son típicos del grupo de las auxinas, incluyen epinastias y torción de los tallos y peciolos, el tallo se hincha (particularmente de los nudos) y se alarga, y las hojas se enchinan. La venación y forma de la hoja son anormales. Esto es seguido por una clorosis en los puntos de crecimiento, inhibición del crecimiento, marchitez y necrosis. La muerte de las plantas susceptibles se produce lentamente por lo general dentro de 3-5 semanas. A bajas concentraciones las hojas jóvenes pueden estar arrugadas y las puntas de las hojas nuevas pueden convertirse en extensiones estrechas de la nervadura central.



## **Absorción**

Las raíces de las plantas absorben formas polares (sales) del 2, 4-D más fácilmente que los ésteres, mientras que la forma no polar es más rápida de penetrar el follaje. En período libre de lluvia de unas 4 horas por lo general es adecuado para la absorción y efectivo control de malezas. Las formas éster tienden a resistir el lavado de las hojas y se convierte rápidamente en ácido, una vez dentro de la planta. Una proporción significativa de acumulación de 2, 4-D en las células se debe a la difusión pasiva de la forma protonada liposoluble de un ácido débil por un gradiente de concentración. Una vez dentro del citoplasma relativamente alcalino, el ácido protonado se disocia al anión y, en consecuencia, es atrapado en el simplasma debido a la baja solubilidad de los aniones en los lípidos de membrana. Un transporte activo en el sistema también puede llevar al 2,4-D a través del plasmalema. El transporte activo de 2,4-D puede ocurrir a través del mismo sistema de transporte que el de la auxina endógena ácido indol-3-acético (IAA).

## **Translocación**

Se transporta principalmente vía simplástica (incluido el floema) y se acumula principalmente en los puntos de crecimiento del tallo y raíz. Después de la captación por raíz, el 2,4-D se transloca tanto en el flujo de transpiración por vía apoplástica. La translocación en general es más lenta en los pastos y en especies tolerantes. La base para el limitado desplazamiento puede ser la formación de complejos inmóviles, reducido transporte en xilema, y las diferencias anatómicas entre las especies.

## **Persistencia**

En general la fitotoxicidad es en promedio de 1-4 semanas en sitios de clima caliente, y suelo húmedo. La vida promedio en campo es de 10 días.



El 2,4-D se produce de diversas formas, incluyendo su forma como ácido, pero al ser ésta muy volátil y corrosiva los productos comerciales se formulan como sales aminas o ácidos ésteres, existiendo ésteres de baja y alta volatilidad. Las sales aminas se formulan comúnmente como soluciones acuosas, mientras que los ésteres menos solubles en agua se aplican como emulsiones (Anónimo s/f).

## **b) Atrazina**

### **Grupo**

De acuerdo a Senseman (2007), la atrazina es un herbicida del grupo químico de las “triazinas”.

### **Usos**

La atrazina puede ser usada de la siguiente manera: en presiembra, presiembra incorporada (PPI), preemergencia (PRE), y en postemergencia (POST) en maíz y sorgo; en barbecho; en PRE a orillas de carreteras; PRE o POST en caña de azúcar (en una o varias aplicaciones); PRE sobre nuez de macadamia, coníferas y en ciertas especies de céspedes; y en POST dirigida en guayabo. La atrazina controla muchas especies de malezas de hoja ancha incluyendo especies de quelite bleado (*Amaranthus hybridus*), la enredadera gloria de la mañana (*Ipomoea purpurea*), toloache (*Datura stramonium*), trigo sarraceno silvestre (*Triticum* spp.), mostaza (*Brassica campestris subsp. rapa*), ambrosía (*Ambrosia coronopifolia*) y el cadillo (*Cenchrus echinatus*), así como ciertas malezas gramíneas como *Echinochloa* spp. y cola de zorra (*Setaria* spp.). Sus dosis van desde los 0.4-4.5 kg de i.a.ha<sup>-1</sup>.



## **Mecanismo de acción**

Inhibe fotosíntesis del fotosistema II (PS II), en el cual se da el comienzo de la fotosíntesis donde, primeramente la energía lumínica del sol es usada por los pigmentos colectores de energía (clorofilas y carotenoides), siendo usada para el rompimiento de una molécula de agua, liberando un electrón y O<sub>2</sub> (Kogan y Pérez, 2003).

## **Sintomatología**

Comienzan con clorosis intervenal en las hojas y amarillamiento de márgenes. Además clorosis y necrosis en plantas susceptibles. Las hojas más viejas son más susceptibles que las jóvenes. Puede ocurrir obscurecimiento de la punta de la hoja. El crecimiento de la raíz no es afectado.

## **Absorción/translocación**

Absorbido por las raíces en aplicaciones al suelo y translocado a los brotes principalmente en el xilema; fácilmente absorbido por las hojas en las aplicaciones POST con ningún desplazamiento basipétalo de las hojas tratadas. Requerirá del agregado de surfactantes ó aceites para su acción, así como de una importante cobertura de gotas de la aspersion (Mitidieri, 1989).

## **Persistencia**

En campo la vida media de atrazina es de 60 días. La mayoría de los cultivos en rotación se pueden sembrar un año después de la aplicación de la atrazina, salvo en regiones de clima árida o semiárido. La persistencia es incrementada por pH alto del suelo así como por frío y condiciones secas del suelo. El uso continuo de atrazina puede aumentar significativamente su persistencia en el suelo.





## c) Glifosato

### Grupo

El glifosato es un herbicida que pertenece a la familia de las Glicinas (Vencill, 2002).

### Usos

De acuerdo a Temple y Smith (1992), el glifosato es un herbicida no selectivo de acción sistémica, de amplio espectro, y adecuado para el control de muchas especies de malezas. Puede ser usado de la siguiente manera: antes de la siembra para el control de malezas emergidas en siembra de determinados cultivos anuales bajo el sistema de siembra directa. En aspersiones postemergentes para control de vegetación general tales como en sitios industriales y áreas no cultivadas; en postemergencia dirigido o para preparar el terreno en ornamentales o árboles de navidad; postemergencia dirigida en árboles y viñedos; antes de la cosecha en trigo; en pasto azul de Kentucky, en postemergencia en pasto bermuda y en festuca, pasto ovillo, y quackgrass para la supresión de estas hierbas perennes en pisos o huertos; para el control de la vegetación leñosa, por inyección para tratamiento de tocones. El glifosato puede ser aplicado con una aspersora convencional, o con aspersoras de recirculación, aplicadores con protección, y aplicadores por frotación. Controla prácticamente todas las malezas anuales y perennes, pero en general es más fitotóxico a las gramíneas anuales. Es necesario un surfactante no iónico para su máxima eficacia, aunque ciertos productos formulados ya contienen surfactantes. Algunas presentaciones comerciales se pueden utilizar en postemergencia en cultivos transgénicos tolerantes al glifosato, como soya, maíz, canola y algodón. Las dosis a las cuales se puede utilizar van desde los 0.16-4.2 kg de ia.ha<sup>-1</sup> (Senseman, 2007).



## **Mecanismos de acción**

Le glifosato es un herbicida que Inhibe la enzima 5-enolpiruvil shikimato, 3-fosfato sintetasa (EPSPS). Como consecuencia de la inhibición de esta enzima, no hay producción de los aminoácidos aromáticos: triptófano, tirozina y fenilalanina, todos necesarios para la producción de proteínas.

## **Sintomatología**

El crecimiento de las plantas se inhibe inmediatamente después de la aplicación, seguido de clorosis y necrosis foliar en general de 4-7 días en plantas muy susceptibles y un plazo de 10-20 días para especies menos susceptibles. La clorosis inicial se aprecia más en hojas en desarrollo y puntos de crecimiento. El follaje algunas veces tiende a cambiar a un color púrpura-rojizo en ciertas especies. El rebrote de especies perennes y leñosas tratadas aparece a menudo deformado con manchas blanquecinas o estriados; múltiples brotes (llamados escobas de bruja) se pueden desarrollar en los nudos.

## **Absorción**

El glifosato se absorbe a través de la cutícula cuando se aplica en postemergencia. La sal de isopropilamina del glifosato es más rápidamente absorbida que la forma ácida del glifosato, y la adición de un surfactante o sulfato de amonio puede incrementar la absorción de la sal de isopropilamina. El transporte del glifosato a través del plasmalema es más lento que la mayoría de los herbicidas (especialmente los herbicidas no polares), debido probablemente a la carga negativa en el pH fisiológico. El transporte de un fosfato puede contribuir al movimiento del glifosato a través del plasmalema.



## **Translocación**

El glifosato se transloca primeramente en el simplasma con acumulación en tejidos de crecimiento, hojas jóvenes y meristemos. La translocación apoplástica ha sido observada en la maleza gloria de la mañana (*Ipomoea purpurea*), pero la mayoría de los resultados muestran pequeños o ningún movimiento apoplástico. El glifosato puede interferir con su propio desplazamiento en las hojas tratadas por la interferencia de particiones de carbono en el metabolismo.

## **Persistencia**

El glifosato es de moderada persistencia con una vida media en el suelo de 47 días. Todas las especies cultivadas pueden ser sembradas después de la aplicación, debido a la fuerte adsorción que se da en las partículas del suelo.

La casi totalidad de las formulaciones comerciales del glifosato son fáciles de manejar, muy solubles en agua y químicamente estables en cualquier proporción. A lo anterior se adiciona la baja tensión de vapor, lo cual significa que las formulaciones de uso en el campo no sean volátiles.

## **d) Paraquat**

### **Grupo**

El paraquat es un herbicida que pertenece al grupo químico de los bipyridilos o amonios cuaternarios



## Usos

El paraquat es un herbicida no selectivo, aplicado de manera foliar, utilizado a menudo para controlar malezas existentes en la siembra de cero labranza. Puede ser usado antes de la siembra y/o transplante o en PRE en muchos cultivos, vegetales, flores y frutales a dosis que van desde 0.28-1.05 kg.ha<sup>-1</sup> de cationes. Otros usos incluyen: en periodo de latencia en alfalfa, el trébol (*Trifolium pratense*), menta (*Mentha* spp.), y el ruibarbo (*Rheum rhabarbarum*), entre cortes en 0.28 kg.ha<sup>-1</sup> de cationes en alfalfa establecida; en pre-cosecha de frijol a 0.34-0.53 kg.ha<sup>-1</sup> de cationes así como en girasol, papa y soya; POST dirigida a 0.53 kg.ha<sup>-1</sup> de cationes en maíz, sorgo, soya, caña de azúcar, piña, frutas pequeñas, yuca, batata, gandules, fresa, árboles y viñedos, guayaba, lúpulo, tomate y pimientos; controla malezas en barbecho (incluyendo programas de Conservación de Tierras de Reserva Federales) y terrenos no agrícolas; y en precosecha como desecante para el follaje del cultivo de papa y control de malezas en caucho y plantaciones de café. Se requiere de un coadyuvante no iónico o de aceite para su máxima eficacia Senseman (2007).

## Mecanismos de acción

Inhibe fotosíntesis del fotosistema I (PS I), con esto, al llegar a los cloroplastos actúan como desestabilizadores de las membranas (Kogan y Pérez, 2003).

## Sintomatología

Los síntomas que presentan las plantas tratadas con paraquat son: rápida marchitez y se observa una severa desecación al paso de unas horas de la aplicación en pleno sol. La necrosis total foliar se hace notar en 1-3 días.



## **Absorción/translocación**

El paraquat es rápidamente absorbido por el follaje y una lluvia caída 30 minutos después de la aplicación no afecta su actividad. Para su rápida absorción foliar requiere de la adición de un surfactante no iónico. El paraquat se transloca sólo en el apoplasto (incluyendo el xilema), por lo tanto la aplicación foliar del paraquat permanece en las hojas tratadas bajo condiciones normales. Cuando la humedad del suelo es baja y la humedad relativa alta, los residuos del paraquat usados en la desecación de follaje de papa pueden moverse a los tubérculos en respuesta al flujo basipétalo del xilema facilitado por la demanda de agua de los tubérculos en movimiento.

## **Persistencia**

Altamente persistente con una vida media estimada de hasta 1000 días. Sin embargo, los residuos del paraquat son fuertemente adsorbidos y no disponibles biológicamente en el suelo.

En su presentación comercial el paraquat es un líquido oscuro altamente soluble en agua pero poco volátil. Bajo condiciones adecuadas de almacenamiento, este producto se conserva indefinidamente Hahn y Jensen (1974).

Los rayos ultravioleta y la luz solar en general descomponen el paraquat en productos menos tóxicos. Sin embargo, como este herbicida es rápidamente adsorbido por el suelo, las moléculas ligadas resisten a la foto descomposición.



### 3.11 Descripción de Surfactantes

#### a) Inex

El ingrediente activo del Inex es Eter de polietilenglicol, es un surfactante no iónico con un amplio poder de humectación (penetración) y dispersión, que sirve como coadyuvante en las aplicaciones de agroquímicos en general.

En un estudio realizado por Vera, *et al.* (2010) demostraron que el surfactante Inex aumentó la absorción de la molécula de glifosato en comparación con tratamientos donde no se aplicó éste surfactante, esto generó una mayor movilización de la molécula y probablemente una mayor producción de metabolitos secundarios que tienen como origen o intermediario a dichas moléculas.

#### b) Penetrator Plus

Penetrator Plus es una mezcla de surfactantes de tipo no iónico con agentes estabilizadores del pH (bufferizantes), tiene como ingrediente activo al Éster etoxilado alquil aril fosfato.

Cuando se adiciona a las mezclas de tanque para la aspersion de plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas) y/o fertilizantes foliares le proporcionan mejores características de humectación, cubrimiento y deposición en los cultivos tratados. La aspersion se hace más uniforme debido a la disminucion de la tension superficial y al ajuste del pH de las aguas duras reducen la hidrólisis alcalina de los plaguicidas (Syngenta, 2011).



### **c) Break Thru**

El ingrediente activo de este surfactante es Polyether – Polymethsiloxane. Actúa disminuyendo la tensión superficial del agua permitiendo una humectación uniforme y asegurando una cobertura total con la mezcla de aspersion ya que produce mejoras en el mojado, dispersión, y penetración de los agroquímicos (Basfagro, 2011).

Break Thru mejora la dispersión y penetración estomática que influyen positivamente en la eficacia de los tratamientos con plaguicidas. Así mismo, aumenta la capacidad de mojado de hojas y frutos con superficies cerosas y/o pilosas. Es utilizado para mejorar la eficiencia de las aplicaciones de insecticidas, fungicidas, herbicidas, reguladores de crecimiento y fertilizantes foliares tanto en aplicaciones terrestres como aéreas.



## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización

El estudio se realizó en el invernadero de malezas del Departamento de Parasitología Agrícola, en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, durante la primavera de 2011. Para cumplir con los objetivos planteados se condujeron dos bioensayos.

### 4.2 Procedimiento Primer bioensayo

En este primer bioensayo, se determinó la efectividad biológica del 2, 4-D, para ello se sembraron semillas de frijol como plantas indicadoras en macetas con capacidad de medio litro; dichas macetas fueron llenadas previamente con sustrato de musgo canadiense (Peat most) y vermiculita en proporciones de 70 y 30 % respectivamente. Se les brindó riego diario y necesario para su desarrollo, así mismo, se fertilizaron con Nitrofosca® (12-12-17 + Mg + S + micronutrientes).

#### 4.2.1 Tratamientos

Diez días después de la siembra, cuando las plantas de frijol presentaron la primera hoja trifoliada se procedió a aplicar los tratamientos químicos, los cuales consistieron en el uso de los herbicidas 2, 4-D Amina y 2, 4-D Éster, en dosis de 480 g de i. a. ha<sup>-1</sup>. Fueron utilizados los surfactantes INEX® (éter de polietilenglicol) y Penetrator Plus® (éster etoxilado alquil aril fosfato) en dosis de 0.3 % v/v, un tratamiento sin surfactante y un testigo absoluto. También se evaluó el efecto de la lluvia en tres diferentes periodos (Cuadro 1). La aplicación de los tratamientos químicos, se llevó a cabo con una aspersora manual de mochila con capacidad de 15 L, equipada con una punta de doble abanico de la serie TJ 60-11004; previo a la aplicación, el equipo fue calibrado dando un gasto de 175 L ha<sup>-1</sup>.





Cuadro 1. Tratamientos involucrados en el primer bioensayo, para determinar la efectividad biológica de formulaciones del 2, 4-D, surfactantes y tiempos de lluvia.

| No. Tratamiento  | Producto                       | Tiempo (horas) |
|------------------|--------------------------------|----------------|
| 1                | 2, 4-D Amina Sin Surfactante   | 0              |
| 2                | 2, 4-D Amina + Inex            | 0              |
| 3                | 2, 4-D Amina + Penetrator Plus | 0              |
| 4                | 2, 4-D Amina Sin Surfactante   | 2              |
| 5                | 2, 4-D Amina + Inex            | 2              |
| 6                | 2, 4-D Amina + Penetrator Plus | 2              |
| 7                | 2, 4-D Amina Sin Surfactante   | 4              |
| 8                | 2, 4-D Amina + Inex            | 4              |
| 9                | 2, 4-D Amina + Penetrator Plus | 4              |
| 10               | 2, 4-D Ester Sin Surfactante   | 0              |
| 11               | 2, 4-D Ester + Inex            | 0              |
| 12               | 2, 4-D Ester + Penetrator Plus | 0              |
| 13               | 2, 4-D Ester Sin Surfactante   | 2              |
| 14               | 2, 4-D Ester + Inex            | 2              |
| 15               | 2, 4-D Ester + Penetrator Plus | 2              |
| 16               | 2, 4-D Ester Sin Surfactante   | 4              |
| 17               | 2, 4-D Ester + Inex            | 4              |
| 18               | 2, 4-D Ester + Penetrator Plus | 4              |
| Testigo Absoluto | -----                          | -              |



#### **4.2.2 Diseño de tratamientos y diseño experimental**

El diseño de tratamientos correspondió a un factorial 2 x 3 x 3, mas un testigo absoluto, obteniéndose así, 19 tratamientos. Los tratamientos fueron arreglados en un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental una maceta con dos plantas de frijol.

#### **4.2.3 Variables respuesta evaluadas**

Las variables respuesta medidas en este primer bioensayo fueron: porcentaje de daño visual a los 5, 10 y 15 días después de la aplicación (DDA), para tal fin, se empleó la escala de porcentaje visual (0-100 %), dónde 0 es igual a nulo daño y 100 equivale a un daño total. Además, se determinó el peso de la biomasa de las plantas al finalizar las evaluaciones.

#### **4.2.4 Análisis estadístico**

A la información obtenida (daño y biomasa), se les realizó un análisis de varianza empleando el procedimiento del modelo lineal general (Proc GLM), del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (versión 8) y pruebas de comparación múltiple de medias mediante el método de Tukey, ambos con nivel de significancia al 5% ( $\alpha=0.05$ ).

#### **4.3. Procedimiento Segundo bioensayo**

Durante el mes de mayo y después de un riego, se recolectaron plántulas de *Simsia amplexicaulis* (acahual) y *Amaranthus hybridus* (quelite) en un sitio sembrado con frijol en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo cuando tenían una altura de 3-4 cm y de 6-8 cm respectivamente. Dichas plántulas se llevaron al invernadero para ser trasplantadas cada especie por separado en macetas con capacidad de medio L; las macetas fueron llenadas previamente con sustrato de musgo canadiense (Peat most) y vermiculita en proporciones de 70 y 30 % respectivamente. Se les



brindó riego diario y necesario para su desarrollo, así mismo, se fertilizaron con el tratamiento Nitrofosca® (12-12-17 + Mg + S + micronutrientes).

#### **4.3.1 Tratamientos**

Después de diez días de aclimatación se llevó a cabo la aplicación de los tratamientos químicos, donde se utilizaron los herbicidas atrazina (Gesaprim®), glifosato (Faena®) y paraquat (Gramoxone®) en dosis de 480, 700 y 300 g de i. a. ha<sup>-1</sup> respectivamente. También fueron utilizados los surfactantes INEX® (éter de polietilenglicol) y Break-Thru® (Polyether – Polymethylsiloxane) en dosis de 0.2 % v/v, y un tratamiento sin surfactante (Cuadro 2).

El equipo utilizado fue una aspersora manual de mochila con capacidad de 15 L, equipada con una punta de doble abanico de la serie TJ 60-11004; previo a la aplicación, el equipo fue calibrado dando un gasto de 175 L ha<sup>-1</sup>. Se simuló lluvia después de la aplicación en los tiempos: 0, 2 y 4 h con una regadera de jardín, utilizado un chorro fino y continuo, con una duración aproximada de dos minutos, de tal manera que las plantas quedaran cubiertas por la lluvia. Se consideró un testigo absoluto para comparar (Cuadro 2).

#### **4.3.2. Diseño de tratamientos y diseño experimental**

El diseño de tratamientos fue un factorial 3 x 3 x 3, dando un total de 27 tratamientos, más el testigo para cada especie de maleza. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. La unidad experimental quedó conformada por una maceta con tres plantas.



Cuadro 2. Tratamientos involucrados en el segundo bioensayo, para determinar la efectividad biológica de formulaciones de atrazina, glifosato y paraquat; surfactantes y tiempos de lluvia.

| No. Tratamiento | Producto                  | Tiempo |
|-----------------|---------------------------|--------|
| 1               | Atrazina Sin Surfactante  | 0      |
| 2               | Atrazina + Inex           | 0      |
| 3               | Atrazina + BreakThru      | 0      |
| 4               | Atrazina Sin Surfactante  | 2      |
| 5               | Atrazina + Inex           | 2      |
| 6               | Atrazina + Break-Thru     | 2      |
| 7               | Atrazina Sin Surfactante  | 4      |
| 8               | Atrazina + Inex           | 4      |
| 9               | Atrazina + Break-Thru     | 4      |
| 10              | Glifosato Sin Surfactante | 0      |
| 11              | Glifosato + Inex          | 0      |
| 12              | Glifosato + Break-Thru    | 0      |
| 13              | Glifosato Sin Surfactante | 2      |
| 14              | Glifosato + Inex          | 2      |
| 15              | Glifosato + Break-Thru    | 2      |
| 16              | Glifosato Sin Surfactante | 4      |
| 17              | Glifosato + Inex          | 4      |
| 18              | Glifosato + Break-Thru    | 4      |
| 19              | Paraquat Sin Surfactante  | 0      |
| 20              | Paraquat + Inex           | 0      |
| 21              | Paraquat + Break-Thru     | 0      |
| 22              | Paraquat Sin Surfactante  | 2      |
| 23              | Paraquat + Inex           | 2      |
| 24              | Paraquat + Break-Thru     | 2      |
| 25              | Paraquat Sin Surfactante  | 4      |
| 26              | Paraquat + Inex           | 4      |
| 27              | Paraquat + Break-Thru     | 4      |
| Testigo Ab.     | -----                     | -      |



#### **4.3.3. Variables respuesta evaluadas**

Las variables respuesta medidas en este segundo bioensayo fueron: porcentaje de daño visual a los 5, 10 y 15 días después de la aplicación (DDA), para tal fin, se empleó la escala de porcentaje visual (0-100 %), donde 0 es igual a nulo daño y 100 equivale a un daño total. Además, se determinó el peso de la biomasa de las plantas al finalizar las evaluaciones.

#### **4.3.4. Análisis estadístico**

A la información obtenida (daño y biomasa), se les realizó un análisis de varianza empleando el procedimiento del modelo lineal general (Proc GLM) del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (versión 8) y pruebas de comparación múltiple de medias mediante el método de Tukey, ambos con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ).



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Primer Bioensayo (2, 4 – D).

#### 5.1.1 Efecto principal del factor Herbicida

De acuerdo al análisis estadístico para la variable porcentaje de daño sobre frijol, para el factor herbicida, se obtuvo solo diferencias estadísticas en la segunda fecha de evaluación (Anexo 1). En la comparación múltiple de medias por el método de Tukey, se muestra que en esta evaluación el 2-4-D Éster fue la mejor formulación del herbicida al mostrar el mayor control (Cuadro 3) ya que las formas éster tienden a resistir el lavado de las hojas y se convierten rápidamente en ácido una vez dentro de la planta (Senseman, 2007).

Cuadro 3. Comparación de medias de la variable porcentaje de daño en plantas de frijol para el factor Herbicidas. Chapingo, México. 2011.

| Herbicida   | Daño (%) |                       |          |
|-------------|----------|-----------------------|----------|
|             | 5 DDA    | 10 DDA                | 15 DDA   |
| 2,4-D Amina | 77.083 a | 90.611 b              | 96.194 a |
| 2,4-D Éster | 74.694 a | 97.917 a <sup>z</sup> | 99.583 a |
| DSH         | 6.7009   | 4.394                 | 5.0989   |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ).

#### 5.1.2 Efecto principal del factor Surfactante

El análisis de varianza de la variable porcentaje de daño sobre plántulas de frijol, mostró diferencias estadísticas significativas para el factor surfactante, en la segunda fecha de evaluación (Anexo 1). La prueba estadística de separación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ), dio a conocer que el surfactante Penetrator Plus fue el que propició mayor daño (Cuadro 4) al permitir más cubrimiento y deposición en el



cultivo tratado. Dicha respuesta se puede atribuir a la disminución de la tensión superficial y al ajuste del pH del agua utilizada en la aspersion (Syngenta, 2011).

Cuadro 4. Comparación de medias de la variable porcentaje de daño en plantas de frijol para el factor Surfactante. Chapingo, México. 2011.

| Surfactante     | Daño (%) |           |                       |
|-----------------|----------|-----------|-----------------------|
|                 | 5 DDA    | 10 DDA    | 15 DDA                |
| Sin Surfactante | 70.500 a | 89.708 b  | 94.917 a              |
| Inex            | 78.000 a | 95.125 ab | 99.292 a              |
| Penetrator Plus | 79.167 a | 97.958 a  | 99.458 a <sup>z</sup> |
| DSH             | 9.8651   | 6.4695    | 7.5067                |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### 5.1.3 Efecto principal del factor Tiempo para aplicación de Lluvia

El análisis de varianza para el factor tiempo para aplicación de lluvia, muestra que el porcentaje de daño sobre plántulas de frijol, fue estadísticamente significativo en la primera y segunda fecha de evaluación (Anexo 1). La prueba estadística de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), dio a conocer que una lluvia ocurrida inmediatamente después de la aplicación del 2, 4 -D en ambas formulaciones, generó un menor daño de los herbicidas, en comparación a los tratamientos en que la lluvia ocurrió en los periodos de dos y cuatro horas DDA (Cuadro 5). Senseman (2007) menciona que un período libre de lluvia de unas 4 horas por lo general es adecuado para la absorción y un efectivo control de malezas. En este estudio se encontró que inclusive a las dos horas de aplicación, la lluvia ya no presentó efectos adversos sobre el control ejercido por los herbicidas. Así mismo, puede influir que el 2, 4 -D es una formulación de rápida penetración, de modo que una lluvia ocurrida varias horas después de la aplicación ya no incide en los resultados (Robertson y



Kirwood, 1982). De igual forma, Isense y Sadegui (1997), indican que la frecuencia, cantidad e intensidad de las precipitaciones en relación con la aplicación de pesticidas pueden ser los factores principales que rigen la lixiviación de los mismos y como resultado de este lavado se tiene una menor penetración del herbicida.

Cuadro 5. Comparación de medias de la variable porcentaje de daño en plantas de frijol para el factor Tiempo de Lluvia. Chapingo, México. 2011.

| Tiempo de Lluvia | Daño (%)<br>5 DDA | Daño (%)<br>10 DDA    | Daño (%)<br>15 DDA |
|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| 0 horas          | 52.958 b          | 85.583 b              | 97.917 a           |
| 2 horas          | 87.333 a          | 98.042 a              | 95.958 a           |
| 4 horas          | 87.375 a          | 99.167 a <sup>z</sup> | 99.792 a           |
| DSH              | 9.865             | 6.469                 | 7.5067             |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ).

#### 5.1.4 Interacción Herbicida x Surfactante

El factor Interacción Herbicida-Surfactante, mostró diferencias significativas en la primera y segunda fecha de evaluación (Anexo 1). De las combinaciones de los niveles de cada uno de los factores, se obtuvieron 6 interacciones (2 niveles de herbicida x 3 niveles de surfactante), cuyos efectos fueron estimados mediante el procedimiento de Medias Ajustadas por Mínimos Cuadrados (LSMeans por sus siglas en inglés, o Least Squares Means), las cuales se pueden comparar mediante la matriz de probabilidades asociada. En esta matriz de probabilidades se encontró en la primera fecha, que solo la diferencia de la interacción del herbicida 2-4-D A x Surfactante PP resultó significativa (Figura 1). Mientras que en la segunda fecha la única diferencia significativa fue debido al herbicida 2-4-D





A x Sin Surfactante (Figura 1). Finalmente en la tercera fecha, no se encontró significancia en la interacción herbicida x Surfactante (Anexo 1 y Figura 1).

En la figura 1 se muestra también que en general las interacciones 2,4-D A\*PP, 2,4-D E\*SSu, 2,4-D E\*Inex y 2,4-D E\*PP, fueron las que presentaron mayor daño (Figura 1). No obstante, en términos prácticos, la interacción seis (2,4-D E\*PP) es la que presentó los mayores efectos, por lo que se recomendaría el uso del surfactante Penetrator Plus en aplicaciones de este herbicida. Dichos resultados se atribuyen a que el surfactante le proporcionó características de humectación, cubrimiento y deposición al cultivo tratado (Syngenta, 2011).

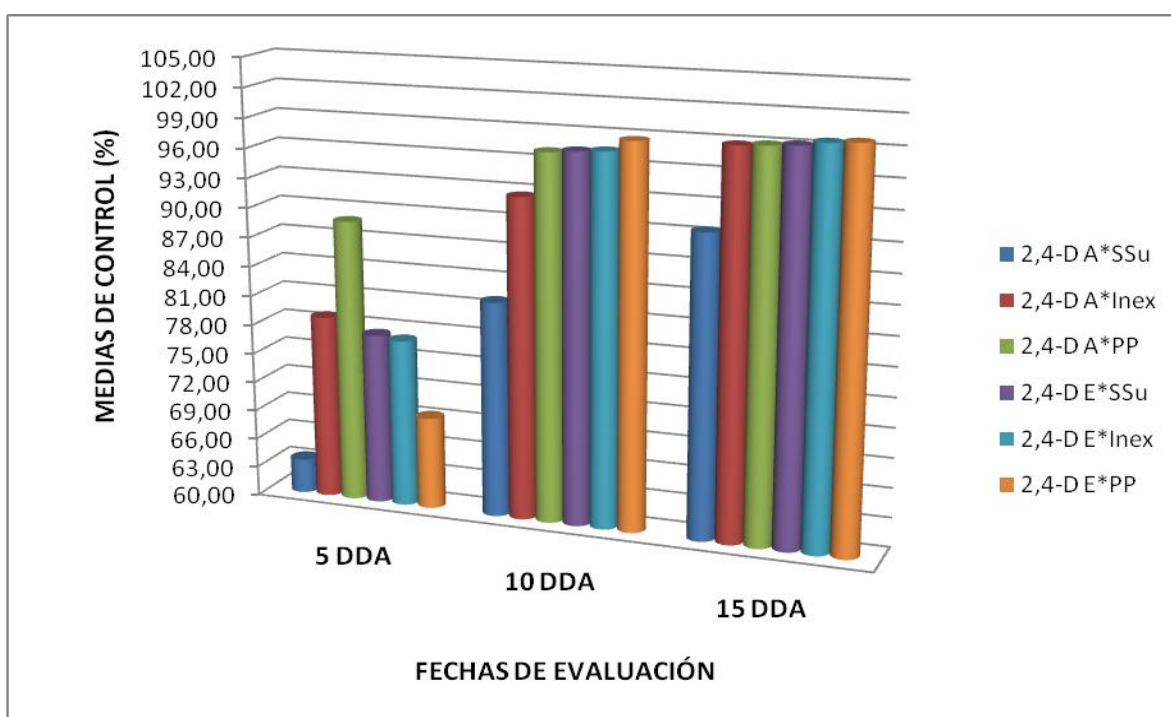


Figura 1. Medias de porcentaje de daño en plántulas de frijol para la interacción Herbicida-Surfactante (Her \* Sur). Chapingo, México. 2011.



### 5.1.5 Interacción Herbicida x Tiempo de Lluvia

De acuerdo al análisis de varianza, el porcentaje de daño mostró diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) para el factor Interacción Herbicida- Tiempo de Lluvia en la primera y segunda fecha de evaluación (Anexo 1).

La prueba de las medias ajustadas (lsmeans) y su matriz de probabilidades asociada, dio como resultado en la primera fecha de evaluación que las interacciones 2,4-D A\*0 h y 2,4-D E\*0 h fueron las únicas significativamente diferentes, con los valores más bajos de control, es decir que la lluvia inmediatamente después de la aplicación de los herbicidas generó lavado y como consecuencia bajos daños, especialmente para 2,4-D E (Figura 2). Mientras que las interacciones 2,4-D A\*4 h, 2,4-D E\*2 h y 2,4-D E\*4 h, presentaron los mayores daños (Figura 2). En la segunda evaluación, la interacción uno (2,4-D A\*0 h) presentó el menor daño (Figura 2) y fue la única que resultó significativamente diferente, dicha respuesta se atribuye a que la forma éster del 2, 4-D, es más rápida de penetrar el follaje debido a la cantidad de dilución de la cutícula cerosa, producto del aceite, componente importante en este tipo de formulación; por lo que bastaría un período libre de lluvia de unas 4 horas para su absorción (Senseman, 2007). Además, las formas éster en general, tienden a resistir más el lavado de las hojas. Los resultados obtenidos también se atribuyen a que la formulación del 2, 4-D éster, mejora la eficacia del herbicida a través de su lenta liberación, menor degradación por factores ambientales y mayor absorción por las malezas (Kogan y Pérez, 2003). Ross y Lembi (2009) mencionan que además, la cutícula actúa como una barrera de absorción foliar de los agroquímicos, razón por la cual dificulta la penetración principalmente de productos solubles en agua, caso del 2, 4-D amina.

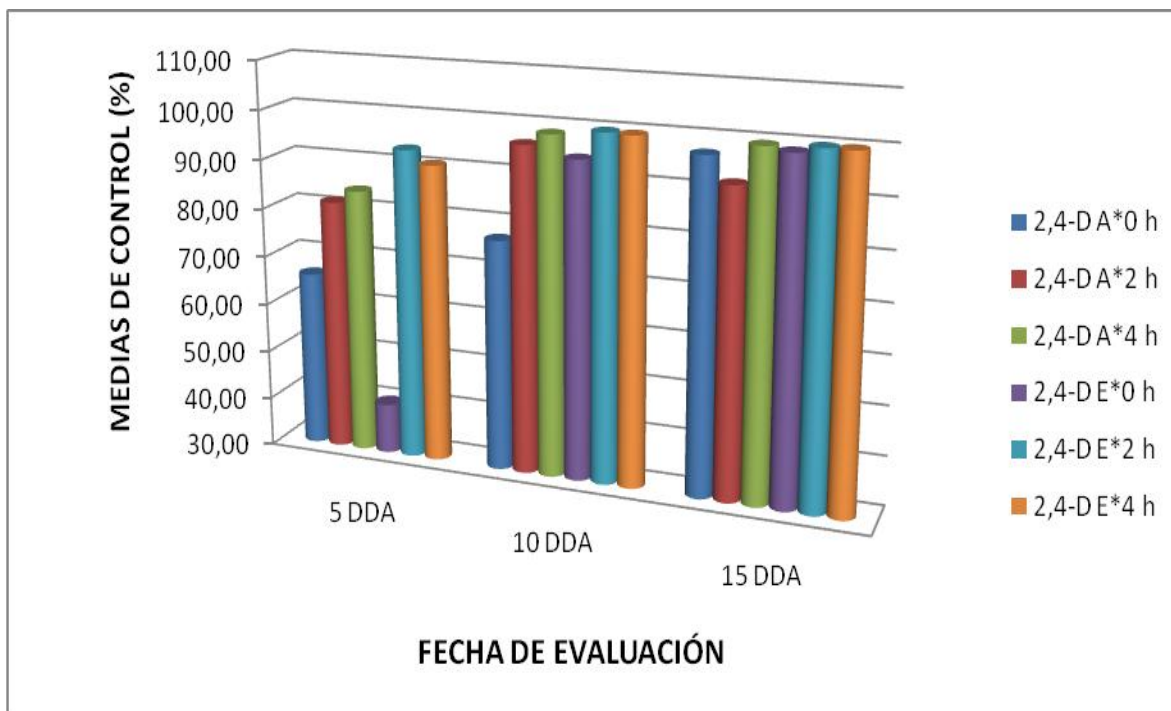


Figura 2. Medias de porcentaje de daño en plántulas de frijol para la interacción Herbicida-Tiempo de Lluvia (Her\*T. Llu). Chapingo, México. 2011.

### 5.1.6 Interacción Surfactante x Tiempo de Lluvia

Esta interacción no resultó significativa en ninguna de las fechas (Anexo 1). Sin embargo, en la primera fecha de evaluación, se logra distinguir que la interacción uno, cuatro y siete (SSu\*0h, Inex\*0h y PP\*0h) , generaron los menores daños; éstos tratamientos tienen en común, la exposición inmediata a la lluvia (Figura 3).

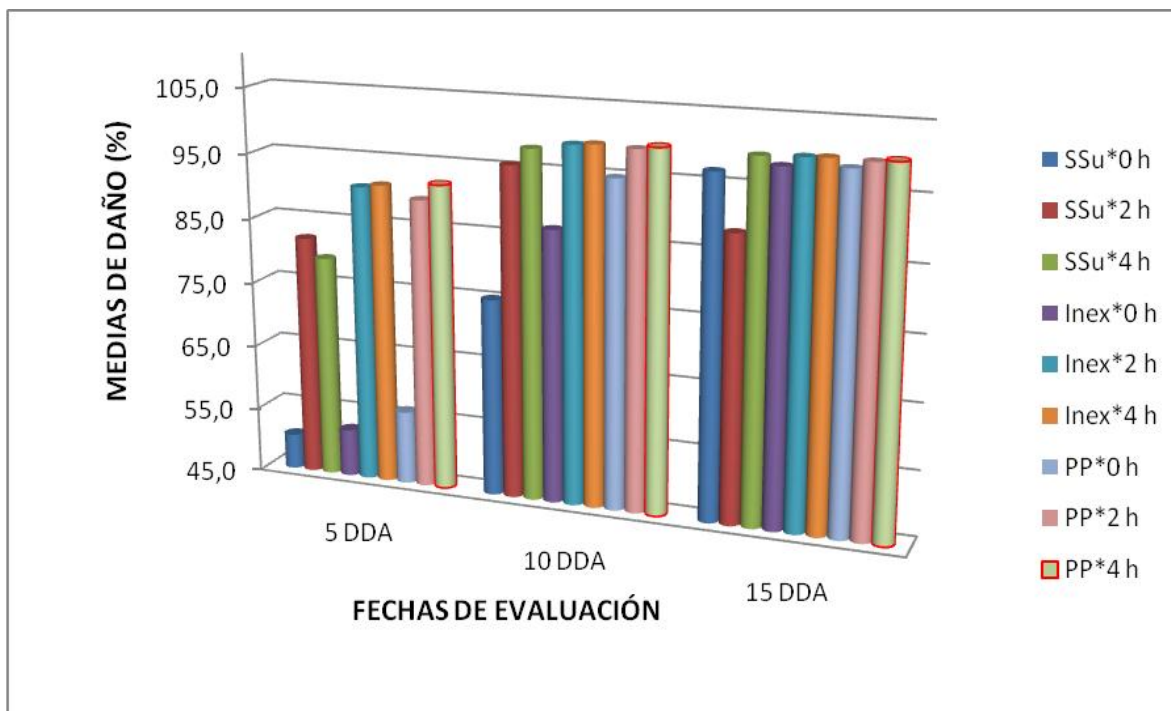


Figura 3. Medias de porcentaje de daño en plántulas de frijol para la interacción Surfactante-Tiempo de Lluvia (Sur\*T. Llu). Chapingo, México. 2011.

## 5.2. Segundo Bioensayo (atrazina, paraquat y glifosato)

### 5.2.1. *Simsia amplexicaulis* (acahual)

#### Efecto principal del factor Herbicida

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) para el factor herbicida, respecto al control de acahual en las tres fechas de evaluación y para la variable biomasa, en la tercera fecha de evaluación (Anexo 2).

La prueba de comparación múltiple de medias mediante el método de Tukey, muestra que en la primera fecha de evaluación, el paraquat fue el herbicida que tuvo el mayor control de acahual (Cuadro 6) al ser un herbicida de contacto y ser



absorbido rápidamente dentro del follaje (Senseman, 2007). En la segunda evaluación, atrazina y paraquat resultaron ser estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) al haber presentado el mayor control sobre acahual. En la tercera evaluación, el herbicida atrazina superó al glifosato y al paraquat, siendo este último quien tuvo el menor control; dichos efectos se atribuyen a que la atrazina actúa más rápidamente y a una mejor cobertura del follaje durante la aspersion (Mitidieri, 1989).. Se observó que el glifosato al ser un herbicida sistémico, el mayor control lo presenta hasta los 15 días después de haberlo aplicado (Cuadro 6), esto coincide con lo citado por Senseman (2007), quien menciona que el periodo de control de malezas menos susceptibles ocurre entre los 10-20 días. Con respecto a la biomasa, el herbicida paraquat produjo el mayor peso de las malezas, al comparar este con el peso obtenido del atrazina y el glifosato, debido a que el paraquat actuó de manera inmediata sobre el follaje a comparación de dichos herbicidas, que actuaron un tanto más lento.

Cuadro 6. Comparación de medias de la variable control de *S. amplexicaulis* y Biomasa para el factor herbicidas. Chapingo, México. 2011.

| Herbicida | Daño (%) |          |          | Biomasa (dg) |
|-----------|----------|----------|----------|--------------|
|           | 5 DDA    | 10 DDA   | 15 DDA   |              |
| Atrazina  | 31.037 c | 84.444 a | 96.407 a | 20.00 c      |
| Glifosato | 64.926 b | 74.222 b | 91.593 b | 20.770 b     |
| Paraquat  | 84.074 a | 84.852 a | 86.222 c | 30.637 a     |
| DSH       | 6.8916   | 4.8922   | 3.1185   | 6.186        |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### Efecto principal del factor Surfactante

El análisis de varianza para control de acahual, mostró diferencias estadísticas significativas para el factor surfactante, en la primera y segunda fecha de



evaluación (Anexo 2). La prueba estadística de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), dio como resultado, que el surfactante Break Thru® presentó el mayor control de acahual en la primera fecha de evaluación. En la segunda fecha, fue estadísticamente igual al tratamiento sin surfactante, siendo éste último, el que generó el mayor control, inclusive, superior al control presentado por el surfactante Inex®. Dicho resultado se atribuye a la baja concentración de dicho producto.

Cuadro 7. Comparación de medias de la variable control de *S. amplexicaulis* para el factor Surfactante. Chapingo, México. 2011.

| Surfactante     | Daño (%)<br>5 DDA | Daño (%)<br>10 DDA | Daño (%)<br>15 DDA |
|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Sin Surfactante | 54.815 b          | 84.222 a           | 91.704 a           |
| Inex            | 55.630 b          | 77.481 b           | 90.222 a           |
| Break Thru      | 69.59 a           | 81.815 ab          | 92.296 a           |
| DSH             | 6.8916            | 4.8922             | 3.1185             |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### **Efecto principal del factor Tiempo de aplicación de Lluvia**

Hubo diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ) en el control de acahual para el factor tiempo de lluvia en las tres fechas de evaluación, así como para la variable biomasa en el mismo factor (Anexo 2).

La prueba de medias Tukey, mostró que en la primera fecha de evaluación el control fue mejor a medida que la lluvia se aplicó a mayor intervalo de tiempo, lo cual coincide con lo esperado teóricamente, mientras que en la segunda y tercera fecha de evaluación, los periodos de dos y cuatro horas fueron estadísticamente iguales, y presentaron el mayor porcentaje de control. Respecto a la biomasa sucedió lo contrario, ya que el mayor peso se presentó cuando la lluvia ocurrió a



las cero horas; lo cual concuerda con lo esperado teóricamente, por lo que existe una buena relación entre control y peso de biomasa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias de la variable control de *S. amplexicaulis* y Biomasa para el factor Tiempo de Lluvia. Chapingo, México. 2011.

| Tiempo de Lluvia | Daño (%)<br>5 DDA | Daño (%)<br>10 DDA | Daño (%)<br>15 DDA | Biomasa<br>(dg) |
|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 0 horas          | 34.630 c          | 53.889 b           | 79.704 b           | 40.6148 a       |
| 2 horas          | 64.741 b          | 92.889 a           | 96.111 a           | 20.2222 b       |
| 4 horas          | 80.667 a          | 96.741 a           | 98.407 a           | 10.5704 c       |
| DSH              | 6.8916            | 4.8922             | 3.1185             | 6.186           |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Dichos resultados concuerdan con lo citado por Deuber (1982), quien indica que la absorción de los herbicidas es limitada al atravesar la cutícula del follaje y es influenciada por las condiciones ambientales, por la especie de la maleza o características de los herbicidas, en este caso un intervalo de tiempo entre la aplicación y la ocurrencia de una lluvia, o bien, la intensidad y cantidad de la misma, las formulaciones y las concentraciones de los herbicidas utilizados influyen en la eficacia del control de las malezas (Isense y Sadegui,1997).

En resumen, nuestros resultados obtenidos señalan que al menos se requiere un periodo igual o mayor a dos horas entre la aplicación de estos herbicidas y la caída de lluvia, para evitar que el control no se vea afectado.



## Interacción Herbicida x Surfactante

Respecto a la interacción Herbicida-Surfactante, el análisis de varianza muestra diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) para el control de acahual, en las fechas de evaluación dos y tres (Anexo 2).

La matriz de probabilidades de las diferencias de las medias ajustadas muestra que en la primera fecha de evaluación, las interacciones Gli\*BTh, Par\*SSu, Par\*Inex y Par\* BTh, fueron iguales entre si, pero diferentes a las restantes interacciones, siendo Par\*BTh la que tuvo mayor porcentaje de control de acahual (Figura 4), situación que coincide con lo citado por Lorenzi (2006), quien menciona que aplicaciones de paraquat en postemergencia tienen un porcentaje de control que va de un 85-95%. En la segunda y tercera evaluación, las interacciones uno, dos, seis y nueve (Atra\*SSu, Atra\*Inex, Gli\*BTh y Par\* BTh respectivamente) fueron las que mayor porcentaje de control presentaron con valores por arriba del 90 %, esto coincide con un estudio realizado por Lucas *et al.*, (2011), quienes señalan que el uso de atrazina con la adición de un surfactante presentó controles por arriba del 96 %, significativamente superior a tratamientos donde no se adicionó surfactantes.

Con respecto a la biomasa, se observa que las interacciones con mayor control, presentaron el mayor peso de biomasa, por lo que nuevamente se logró ver que existe una buena relación entre control y peso de biomasa.



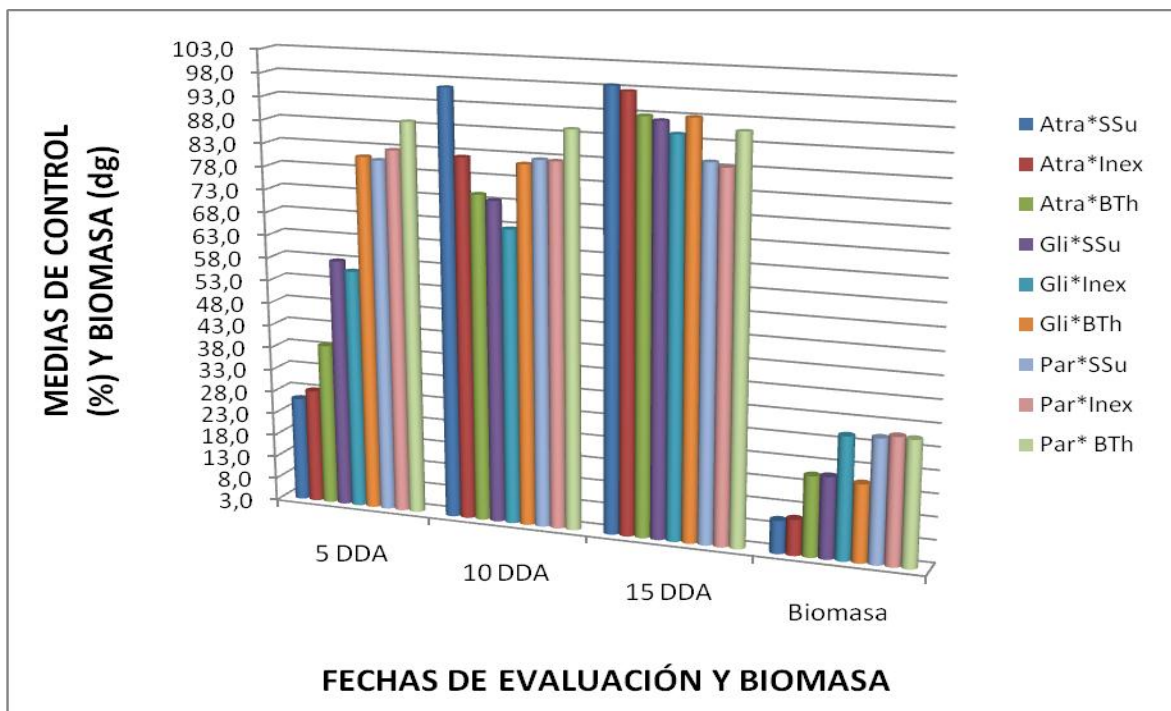


Figura 4. Medias de control de de *S. amplexicaulis*, y biomasa para la interacción Herbicida-Surfactante (Her\*Sur). Chapingo, México. 2011.

### Interacción Herbicida x Tiempo de Lluvia

El control de acuahual mostró diferencias estadísticas ( $\alpha=0.05$ ) para el factor interacción Herbicida-Tiempo de Lluvia en las tres fechas de evaluación (Anexo 2). Situación similar se presentó para peso de biomasa. El análisis de la matriz de probabilidades asociada a la prueba de las medias ajustadas (lsmeans) dio como resultado en la primera fecha de evaluación, que las interacciones ocho y nueve (Par\*2 h y Par\*4 h) tuvieron los mayores porcentajes de control, resultados esperados ya que el paraquat es un herbicida de efectos rápidos; sin embargo, al menos se requiere un periodo de dos horas entre la aplicación y la caída de lluvia. En la segunda fecha de evaluación, todos los tratamientos se aprecian iguales ( $\alpha=0.05$ ), con excepción de la interacción cuatro y siete (Gli\*0 h y Par\*0 h) los cuales tuvieron una lluvia inmediata después de la aplicación del herbicida (Figura 5), lo que sigue demostrando que las lluvias que caen poco tiempo después de la



aplicación pueden tener un efecto de lavado, eliminando o arrastrando parte del herbicida y reduciendo la eficacia del tratamiento (Robertson y Kirwood, 1982).

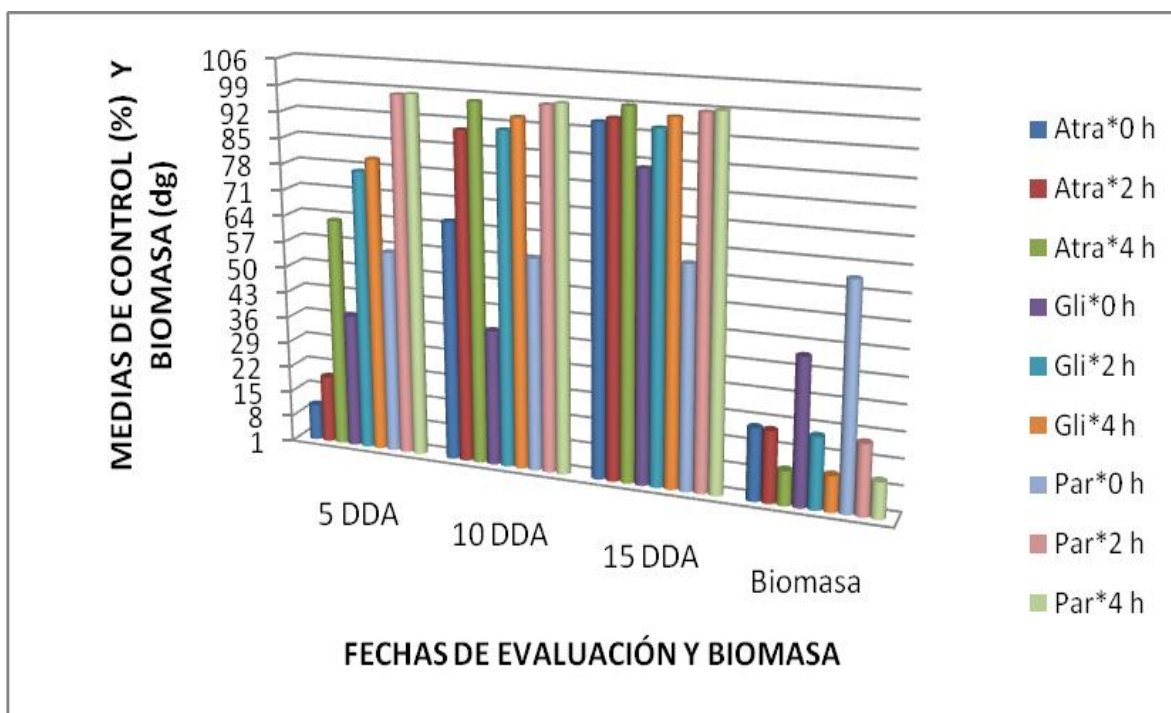


Figura 5. Medias de control de *S. amplexicaulis* y biomasa para la interacción Herbicida- Tiempo de lluvia (Her\* lluvia). Chapingo, México. 2011.

En la tercera evaluación, el tratamiento con paraquat y cero horas de lluvia (interacción 7), fue quien presentó el menor porcentaje de control lo que confirma el efecto significativo de la presencia de lluvia a las cero horas. En este caso particular y de acuerdo a los resultados de las tres evaluaciones se infiere que atrazina mostró efectos de algo de transporte, lo que se atribuye a condiciones de movilidad. Por el contrario, se corroboró el movimiento del glifosato. Respecto a la biomasa, también la interacción siete (Par\*0 h), fue la que presentó el mayor peso, resultado que coincide al ser esta la que presentó los menores controles. Senseman (2007) indican que el paraquat necesita al menos 30 minutos para que no se vea afectado por la lluvia.



## Interacción Surfactante x Tiempo de Lluvia

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha=0.05$ ) para el control de acahual para la interacción Surfactante-Tiempo de Lluvia sólo en la tercera fecha de evaluación (Anexo 2). Con lo anterior, la prueba de las medias ajustadas ( $\alpha=0.05$ ), arrojó que en la primera fecha el surfactante Inex con una lluvia inmediata después de la aplicación (interacción cuatro), tuvo el menor porcentaje de control (Figura 6). Esta misma interacción, presentó el menor porcentaje de control en la segunda y tercera fecha de evaluación. Lo anterior muestra que aunque la principal función de este surfactante, es lograr una mejor penetración y con ello la efectividad de los herbicidas, esto no se logró en estos casos (Polaquimia s/f).

De forma general en las tres evaluaciones, y para los tres casos: sin surfactante, Inex y BTh, se mostró una tendencia de mayor control a medida que se incrementó el intervalo de tiempo al cual se aplicó la lluvia. En las mismas fechas anteriores, las interacción dos, tres, seis y nueve (SSu\*2 h, SSu\*4 h, Inex\*4 h y BTh\*4 h), resultaron con el mayor porcentaje de control (Figura 6), ya que los surfactantes utilizados son no iónicos con características de humectación (penetración) y dispersión (Syngenta, 2011). En un estudio realizado por Vera, *et al.* (2010) demostraron que el surfactante Inex aumentó la absorción de un herbicida en comparación con tratamientos donde no se aplicó éste surfactante, generando una mayor movilización de la molécula del herbicida.

También, de forma general, se observa en el Figura 6, que para que los surfactantes muestren sus efectos, al menos se requiere de un periodo de dos horas entre la aplicación y la caída de la lluvia.

Con respecto a la biomasa, las interacciones uno, cuatro y siete, que corresponden a la aplicación del efecto de lluvia inmediatamente después de la aplicación de los herbicidas, presentaron los mayores pesos al haber sido los tratamientos con menor control.

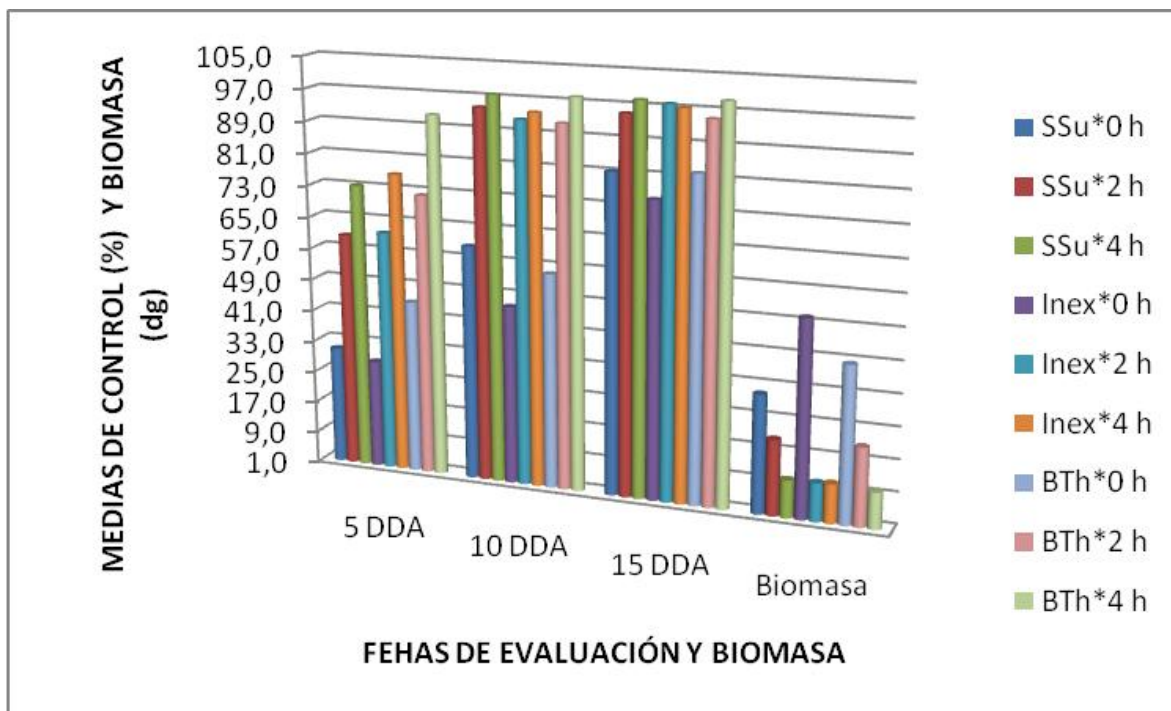


Figura 6. Medias de control de *S. amplexicaulis* y biomasa para la interacción Surfactante-Tiempo de lluvia (Sur\*Lluvia). Chapingo, México. 2011.

### 5.2.2. *Amaranthus hybridus* (quelite)

#### Efecto principal del Factor Herbicida

De acuerdo al análisis de varianza, hubo diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) de la variable control de *Amaranthus hybridus* para el factor herbicida en las tres fechas de evaluación, así como para la variable peso de biomasa al finalizar la evaluación (Anexo 3).

La prueba de comparaciones múltiples de medias por el método de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) dio como resultado en la primera fecha de evaluación, que el herbicida paraquat obtuvo el mayor porcentaje de control de quelite; en la segunda fecha, atrazina y paraquat estadísticamente fueron iguales al presentar porcentajes de



control arriba del 80 % mayores que glifosato; en la tercera evaluación, atrazina superó a paraquat y glifosato con un porcentaje de control por arriba del 96 % (Cuadro 9). Dichos resultados se atribuyen a que el quelite en aplicaciones con atrazina en postemergencia temprana o tardía es medianamente susceptible (Lorenzi, 2006). Con respecto a la biomasa, el menor peso se obtuvo con atrazina y el mayor peso con paraquat, al respecto Senseman (2007), señala que este último es un herbicida de contacto, por lo tanto los efectos del paraquat sólo se dan en las hojas tratadas. En la primera fecha de evaluación el orden de mayor control de los herbicidas fue paraquat > glifosato > atrazina, para la segunda fecha atrazina alcanzó a paraquat y superó a glifosato, mientras que en la tercera fecha de evaluación, el orden del control se invirtió en relación a la primera fecha, atrazina > glifosato > paraquat. Lo anterior parece sugerir la velocidad de acción de los herbicidas. Paraquat actuó rápidamente pero ya no avanzó en las siguientes fechas, mientras que atrazina inició con un control lento, el cual se incrementó grandemente en las siguientes evaluaciones.

Cabe señalar que el peso de la biomasa guarda una relación con el control obtenido en la tercera evaluación para atrazina y paraquat.

Cuadro 9. Comparación de medias de la variable control de *Amaranthus hybridus* y Biomasa para el factor herbicidas. Chapingo, México. 2011.

| Herbicida | Daño (%)              |          |          | Biomasa (dg) |
|-----------|-----------------------|----------|----------|--------------|
|           | 5 DDA                 | 10 DDA   | 15 DDA   |              |
| Atrazina  | 31.037 c              | 84.444 a | 96.407 a | 20.000c      |
| Glifosato | 64.926 b              | 74.222 b | 91.593 b | 20.770b      |
| Paraquat  | 84.074 a <sup>z</sup> | 84.852 a | 86.222 c | 30.637 a     |
| DSH       | 6.891                 | 4.892    | 3.118    | 6.180        |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ).



## Efecto principal del Factor Surfactante

Con relación al factor Surfactante, el análisis de varianza para la variable porcentaje de control, mostró diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) en la primera y segunda fecha de evaluación (Anexo 3).

En el Cuadro 10, se muestra la comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ), donde el surfactante Break Thru, resultó con el mayor porcentaje de control de quelite en la primera fecha de evaluación, ya que mejora la dispersión y penetración estomática (Basfagro, 2011), y en la segunda, fue estadísticamente igual al tratamiento Sin Surfactante. En este caso particular, no se observaron las características de humectante y penetrante del surfactante Inex (Syngenta, 2011), quizá debido a que la dosis utilizada de 0.2 % v/v, no fue la adecuada. Sin embargo, en la tercera evaluación los tres surfactantes alcanzaron el mismo nivel de control.

Cuadro 10. Comparación de medias de la variable control de *Amaranthus hybridus* para el factor Surfactante. Chapingo, México. 2011.

| Surfactante     | Daño (%) |           |          |
|-----------------|----------|-----------|----------|
|                 | 5 DDA    | 10 DDA    | 15 DDA   |
| Sin Surfactante | 54.815 b | 84.222 a  | 91.704 a |
| Inex            | 55.630 b | 77.481 b  | 90.222 a |
| Break Thru      | 69.593 a | 81.815 ab | 92.296 a |
| DSH             | 6.8916   | 4.892     | 3.118    |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ).



## **Efecto principal del Factor Tiempo para aplicación de Lluvia**

El análisis de varianza de la variable control mostró diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) para el factor Tiempo de Lluvia en las tres fechas de evaluación; así como, para la variable biomasa (Anexo 3).

La prueba de comparaciones múltiples de medias, mediante el método de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), muestra que en la primera fecha de evaluación, con un periodo de tiempo de 4 horas sin presencia de lluvia se obtuvo el mayor porcentaje de control (Cuadro 11). Estos resultados indican que los productos evaluados son de lenta penetración foliar. En la segunda y tercera fecha, el periodo de 2 y 4 horas sin presencia de lluvia fueron estadísticamente iguales al presentar el mayor porcentaje de control. Por lo tanto, la frecuencia, cantidad e intensidad de las precipitaciones en relación con la aplicación de pesticidas pueden ser los factores principales para un buen control (Isense y Sadegui, 1997), además, un intervalo de tiempo entre la aplicación y la ocurrencia de una lluvia, o bien, la intensidad y cantidad de la misma, influyen en la eficacia del control de las malezas. Estos resultados comprueban lo señalado por Deuber (1982), quien menciona que la absorción de los herbicidas se ve influenciada por las condiciones ambientales, afectando directamente la eficacia del control de malezas (Durigan, 1993).

Con respecto a la biomasa, el mayor peso se obtuvo con un periodo de lluvia inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 11), este resultado se atribuye a que, al haber un menor control de maleza, hay mayor concentración de agua en los tejidos de las malezas, o bien posibilidades de rebrote de las mismas, dando lugar a un mayor peso.



Cuadro 11. Comparación de medias de la variable control de *Amaranthus hybridus* y Biomasa para el factor Tiempo de Lluvia. Chapingo, México. 2011.

| Tiempo de Lluvia | Daño (%) |          |                       | Biomasa (dg) |
|------------------|----------|----------|-----------------------|--------------|
|                  | 5 DDA    | 10 DDA   | 15 DDA                |              |
| 0 horas          | 34.630 c | 53.889 b | 79.704 b              | 40.614 a     |
| 2 horas          | 64.741 b | 92.889 a | 96.111 a              | 20.222 b     |
| 4 horas          | 80.667 a | 96.741 a | 98.407 a <sup>z</sup> | 10.570 c     |
| DSH              | 6.891    | 4.892    | 3.118                 | 6.180        |

\*DDA= días después de la aplicación de los tratamientos químicos. <sup>z</sup>= valores agrupadas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### Efecto de la Interacción Herbicida x Surfactante

De acuerdo al análisis de varianza, hubo diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) respecto al control de quelite para el factor interacción Herbicida-Surfactante en la segunda y tercera fecha de evaluación, así como para el peso de biomasa (Anexo3).

La Figura 7, muestra la comparación de las lsmeans o medias ajustadas por mínimos cuadrados, ( $\alpha=0.05$ ) donde se observa que en la segunda y tercera fecha de evaluación, las interacciones de atrazina sin y con los dos surfactantes utilizados mostraron el mayor control, curiosamente la interacción uno (Atra\*SSu) fue el tratamiento con mayor porcentaje de control. En general, dicho resultado concuerda con el estudio realizado por Lucas *et al.*, (2011) quienes mencionan que el uso de atrazina con la adición de un surfactante presentó controles por arriba del 96 %.



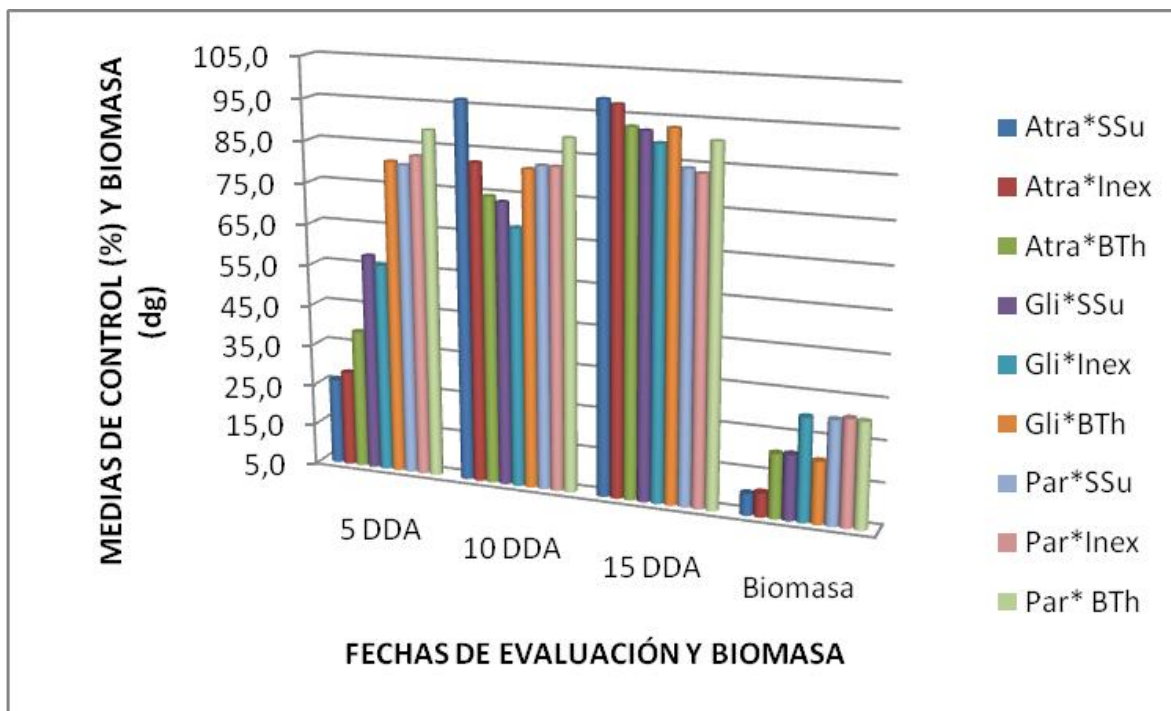


Figura 7. Medias de control de de *Amaranthus hybridus*, y biomasa para la interacción Herbicida-Surfactante (Her\*Sur). Chapingo, México. 2011.

En la tercera evaluación, se aprecia que las interacciones uno, dos y seis (Atra\*SSu, Atra\*Inex y Gli\*BTh, respectivamente) fueron iguales ( $\alpha=0.05$ ), lo que confirma que un surfactante mejora la actividad del herbicida o las características de la aplicación (Kogan y Pérez, 2003). También se observa que para glifosato y paraquat la interacción con el surfactante BTh produjo un mejor control que las correspondientes interacciones con el surfactante Inex.

En relación a la biomasa, los tratamientos con mayor peso fueron el ocho y nueve (Par\*Inex y Par\*BTh) (Figura 7), donde posiblemente, los surfactantes utilizados no fueron capaces de atravesar la cutícula cerosa, la cual actúa como una barrera de absorción foliar de los agroquímicos, razón por la cual dificulta la penetración principalmente de productos solubles en agua (Ross y Lembi (2009) como el paraquat.



## Efecto de la Interacción Herbicida x Tiempo para aplicación de Lluvia

Respecto al análisis de varianza del factor interacción Herbicida-Tiempo de Lluvia, hubo diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) para las variables porcentaje de control en las tres fechas de evaluación y para biomasa (Anexo 3).

La prueba de comparación de las medias ajustadas para las interacciones ( $\alpha=0.05$ ), mostró que en la primera fecha de evaluación, los tratamientos ocho y nueve (Par\*2 h y Par\*4 h) resultaron con el mayor porcentaje de control de quelite (Figura 8), esto se puede atribuir a que el paraquat es un herbicida de contacto y por lo tanto su aplicación permanece solo en las hojas tratadas Senseman (2007). En la segunda y tercera evaluación, todos los tratamientos se aprecian iguales con excepción del cuatro y siete (Gli\*0 h y Par\*0 h); éstos tratamientos tuvieron presencia de lluvia inmediatamente después de la aplicación, por lo que las lluvias que caen poco después de la aplicación pueden tener un efecto de lavado, eliminando o arrastrando parte del herbicida y reduciendo la eficacia del tratamiento (Robertson y Kirwood, 1982), además, la eficacia de los herbicidas, está estrechamente relacionada con la magnitud del proceso de absorción, tanto aquellos que son de acción local, como aquellos que se translocan (sistémicos), (Durigan, 1993).

En dicha figura, se observan los efectos rápidos del paraquat, no así para atrazina y glifosato. También se observa que al finalizar las evaluaciones los herbicidas requieren mínimo de un tiempo de dos horas libres sin lluvia para mejorar sus efectos.

En relación a la biomasa, la interacción siete (Par\*0 h), fue la que tuvo el mayor peso (Figura 8), dicho resultado concuerda ya que esta interacción fue la que presentó el menor porcentaje de control de quelite.

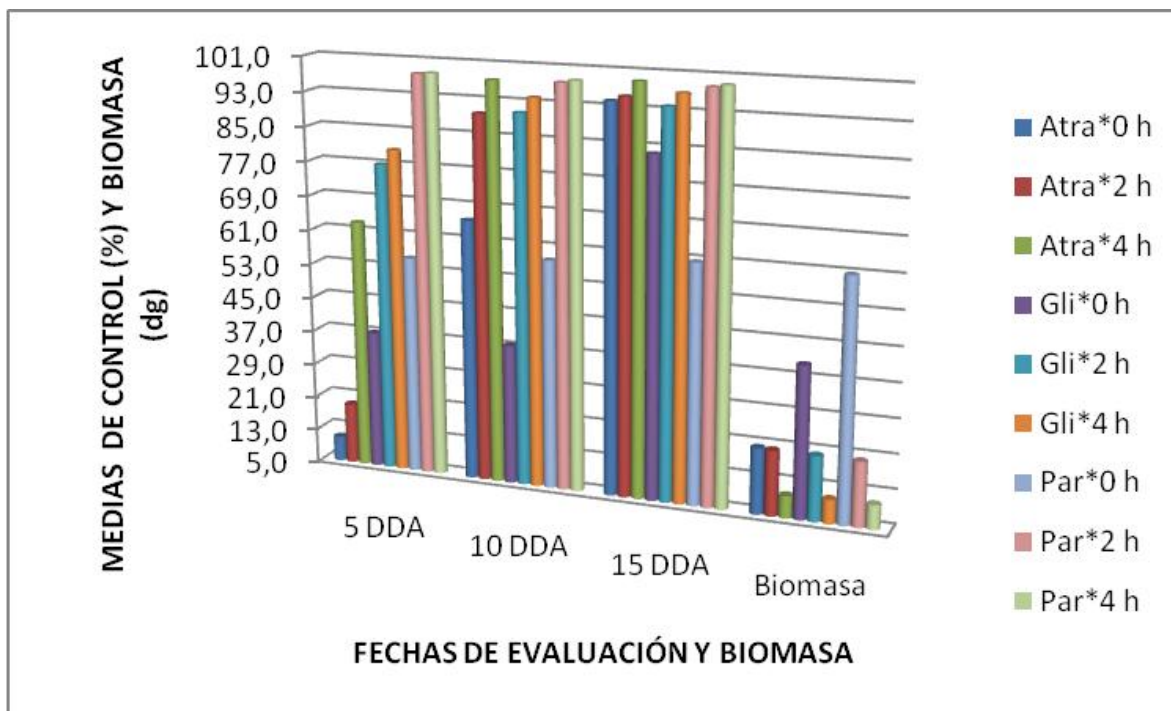


Figura 8. Medias de control de *Amaranthus hybridus* y biomasa para la interacción Herbicida- Tiempo de Lluvia (Her\*Lluvia). Chapingo, México. 2011.

### Efecto de la Interacción Surfactante x Tiempo para aplicación de Lluvia

Con respecto al factor interacción Surfactante-Tiempo de Lluvia, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) para la variable control de quelite exclusivamente en la tercera fecha de evaluación, así como para peso de biomasa única fecha de evaluación (Anexo 3).

La Figura 9 muestra las interacciones de la comparación múltiple de medias ajustadas ( $\alpha=0.05$ ), donde todos los tratamientos se aprecian iguales, a excepción de las interacciones uno, cuatro y siete (SSu\*0 h, Inex\*0 h, BTh\*0 h), las cuales tuvieron en común, la aplicación de lluvia inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos; estos resultados indican que a pesar de la adición de surfactantes, las lluvias ocurridas inmediatamente después de la aplicación tuvieron un efecto de lavado, eliminando parte del herbicida y reduciendo la



eficacia del tratamiento (Robertson y Kirwood, 1982). También, dichos resultados se podrían imputar a que la dosis utilizada de los surfactantes no fue la adecuada, ya que esta va de 0.1 a 0.5 % del volumen de la mezcla (Klingman y Ashton, 1995) y (Ross y Lembi, 2009).

Con relación a la biomasa, se observa que el peso de ésta guarda una relación, ya que aquellos tratamientos que presentan el menor control y que tuvieron en común la lluvia a las cero horas después de la aplicación, fueron los que manifestaron el mayor peso de biomasa (Figura 9).

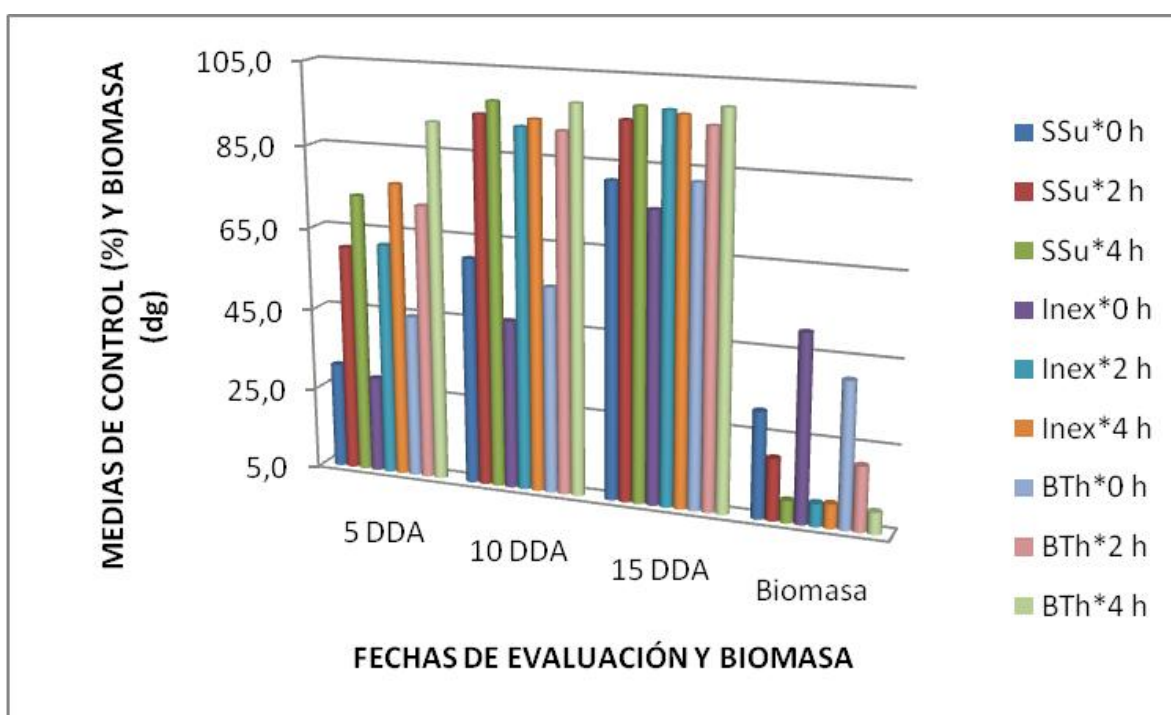


Figura 9. Medias de control de *Amaranthus hybridus* y biomasa para la interacción Surfactante-Tiempo de Lluvia (Sur\*Lluvia). Chapingo, México. 2011.



## 6. CONCLUSIONES

En base a los resultados y bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el estudio, se concluye lo siguiente:

### Primer bioensayo

- El 2-4-D Éster fue la mejor formulación del herbicida, al mostrar el mayor daño sobre plantas de frijol, lo que demuestra la resistencia de esta formulación al lavado del herbicida por la lluvia.
- La lluvia ocurrida inmediatamente después de la aplicación del 2, 4 –D éster y 2, 4 –D amina, afectó en mayor grado la actividad biológica de dicho ingrediente activo, por lo tanto, se necesitan al menos dos horas para que dicho factor no influya en el comportamiento de las formulaciones.
- El surfactante Penetrator Plus® fue el que propició los mayores daños sobre plantas de frijol; lo cual se atribuye a mejores características de humectación, cubrimiento y deposición del herbicida 2, 4 –D.

### Segundo bioensayo

*Simsia amplexicaullis* (acahual)

- Glifosato presentó el mayor control de *Simsia amplexicaullis* 15 días después de la aplicación, demostrando la sistemicidad de dicho herbicida.
- Se confirma las diferencias de los herbicidas en cuanto a tiempos de absorción (penetración) foliar, ya que el paraquat no se vio afectado por la lluvia ocurrida inmediatamente después de su aplicación; esto no sucedió con atrazina y glifosato.



- No se observaron diferencias en los efectos al aplicar atrazina sola y con el surfactante Inex, ya que los controles de acahual resultaron por arriba del 90 %.
- Para que los surfactantes Inex® y Break Thru® muestren sus efectos, se requiere al menos de un periodo de dos horas entre la aplicación de los herbicidas atrazina, glifosato y paraquat y la caída de la lluvia.

#### *Amaranthus hybridus* (quelite)

- El quelite mostró alta susceptibilidad a atrazina, cuyos efectos se observaron inmediatamente después de la aplicación, situación que no se presentó para los herbicidas glifosato y paraquat.
- El surfactante Break Thru®, presentó los mayores efectos de control de quelite, al adicionarse a la mezcla herbicida-agua, daños que fueron observados inmediatamente. No se reflejaron las características de humectación y penetración del surfactante Inex®, atribuido éste último a la baja concentración de dicho producto.
- Los tres herbicidas (atrazina, glifosato y paraquat) se vieron afectados por la lluvia ocurrida inmediatamente después de su aplicación; por lo que se debe considerar el estado ambiental al momento de la aspersión.
- En general, en todos los casos, el factor que presentó las tendencias más claras y consistentes, fue el tiempo para la aplicación de la lluvia, posterior a la aplicación de los herbicidas. Para los otros factores se presentaron diferentes situaciones y comportamientos en las interacciones.



## 7. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos y la experiencia adquirida durante la realización de la presente investigación, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Tomar en cuenta la importancia de una lluvia ocurrida inmediatamente después de la aplicación de cualquier herbicida, pues es uno de los factores principales que rigen el lavado de éstos y se tiene una menor penetración del mismo.
- Se recomienda la combinación del herbicida 2,4-D Ester, más la adición del surfactante Penetrator Plus, ya que presentó los mayores efectos de daño, por sus características de humectación, cubrimiento y deposición a la vegetación tratada.
- La aplicación del herbicida atrazina es recomendable para el control de acahual, ya que, de acuerdo a la investigación, éste superó en control a los herbicidas glifosato y paraquat; dichos efectos se atribuyen a que la atrazina actúa más rápidamente que los anteriores.
- Con respecto a la biomasa, el herbicida paraquat produjo el mayor peso de acahual y quelite a pesar de que inicialmente generó en mayor control; sin embargo, se debe tener en cuenta que el paraquat al ser un herbicida de contacto, se corre el riesgo de posibles rebrotes de la maleza; los herbicidas atrazina y glifosato son sistémicos, por lo que su efecto es más duradero.



- Se recomienda la adición del surfactante Break Thru® en aplicación de los herbicidas atrazina y glifosato para control de acahual y quelite. Por otro lado, en ésta investigación, no se reflejaron las características de humectación y penetración del surfactante Inex®, atribuido éste último a la baja concentración de dicho producto, por lo que sería conveniente aumentar la concentración del mismo en futuras evaluaciones.
- Se aconseja que en posteriores investigaciones relacionadas con efectos de lluvia, ésta sea medida en su intensidad, y propiedades físicas y químicas como pH y conductividad eléctrica, pues son factores que influyen en los resultados.





## 8. LITERATURA CITADA

- Anonónimo S/F. Chemical Data Base. [En línea]. <http://environmentalchemistry.com/yogi/chemicals/formula/>. Consultado noviembre de 2011.
- Araújo, A. S. 1997. Destino final das embalagens de agrotóxicos (Produtos Fitossanitários). SENAR. Associação Regional do Estado do Paraná. Curitiba. Cyanamid Química do Brasil. 40 p.
- Ashton, F. M., Monaco, T. J. 1991. Weed Science, principles and practices. 3a. Edición. JOHN WILEY & SONS, INC. Canada. 466 p.
- Bohmont, B. L. 1990. The standard pesticide users guide. Regence/Prentice. Hall. New Jersey.
- Brecke, B. J. and J. B. Unruh. 2004. Spray Additives and Pesticide Formulations. [En línea]. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/LH=&1>. Consultado en diciembre de 2011. 5 p.
- Da Silva A. A., J. F. 2007. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Ed. Universidad Federal de Vicosa. Brasil. 367 p.
- De Souza, F. G. S.; Martis, D.; Pereira, R. M. R.; De Campos, F. C.; Victorino, D.S. H. 2011. Efecto da chuva na eficácia de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre *Urochloa plantaginea*. In: XX Congreso Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). pp.172-182.



De Souza, F. G. S.; Martis, D.; Pereira, R. M. R.; De Campos, F. C.; Victorino, D.S. H.; Bagatta, B. V. M. 2011. Influencia da chuva na eficácia do herbicida 2,4-D no controle de *Myriophyllum aquaticum*. In: XX Congreso Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). pp.183-189.

Deuber, R. 1982. Controle de plantas daninhas na cultura sa soja. In: FUNDACAO CARGIL. A soja no Brasil Central. 2 ed. Campinas: Cargil, pp. 367-392.

Díaz V. E. 2008. Apuntes de Entomología Agrícola. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México. 85 p.

Doll, J. 1987. Control de malezas sin herbicidas. Revista Comalfi. 14:37-39.

Durigan, J.C. 1993. Efectos de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas. Jaboticabal: Funep. 43 p.

Espinosa, G. F.J.; J. Sarukhán. 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Ediciones Científicas Universitarias. Instituto de Ecología, Universidad Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 407 p.

(FMC (s/f)). Hoja de datos de aplicación. Ajuste de distribución de la franja en aeronaves de ala fija. Grupo Agroquímico. FMC Argentina S.A. Buenos Aires.7p. [En línea]. Disponible en <http://www.argenpapa.com.ar/img/Calidad%20aplicaci%C3%B3n%20agqcos.pdf> (Revisado el 16 de enero de 2012).

Foy, C. L., and D. W. Pritchard, Eds. 1996. Pesticide Formulation and Adjuvant Technology. CRC Press, Boca Raton, FL.



Foy, C. L. S. 1989. The role of surfactants in modifying the activity of herbicidal spray. Pesticide research.

García Torres, L. y Fernández Quintanilla. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ed. Mundi-prensa. Madrid, Esp. 348 p.

Gómez, J. F. 1995. Control de Malezas. En: CENICAÑA. El cultivo de caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. pp. 143-152.

Hahn, JR., R.W. and P.A. Jensen. 1974. Water quality characteristics of hazardous materials. Vol.1. Texas A&M University.

Hay, R. K. 1981. Chemistry for agricultura and ecology. Blackwell Scientific Publications. Oxford. pp 100-123.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/simsiaamplexicaulis/fichas/ficha.htm>. Consultado noviembre de 2011.

<http://www.syngenta.com.mx/penetrator-plus.aspx>. Consultado noviembre de 2011.

<http://www.basfagro.com.mx/pda/BREAKTHRU.htm>. Consultado noviembre de 2011.

Isensee A., R. Sandegui A. M. 1995. Long-term effect of thj.age and rainfall on herbicide leaching to shallow groundwater. Chemosphere Volume 30, Issue 4: 671–685.

Kissmann, K.G.1997. Adjuvantes para caldas de productos fitosaniraios. In: Congresso Brasileiro da Ciencia Das Plantas Daninhas, 21., Caxambu, MG. Palestras e mesas redonda. Vicosa, MG: SBCPD, 1997. 189 p.



- Klingman, G. C. y F. M. Ashton. 1995. Weed Science principles and practices. Ed. Wiley-Intercinco. USA. 431 p.
- Koch, W.; J. García. 1985. Aspectos biológicos y ecológicos en el combate de las malezas. En: Resúmenes del Seminario de Manejo Integrado de Malezas. PLITS 3(2). San José Costa Rica.
- Koch, 1989. Principles of weed management (manuscript of a course). Plits 7, 85 p
- Kogan, A; J. Pérez. 2003. Herbicidas, Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Universidad católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 333 p.
- Labrada R; C. Parker.1992. Manejo de malezas para países en desarrollo. [En Línea]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s05.htm>. Consultado diciembre de 2011.
- Lorenzi, H. 2006. Manual de identificação e controle de plantas daninhas, plantio direto e convencional. 6ª. Ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Nova Odessa-Sao Paulo. 341 p.
- Lorenzi, H. 2008. Plantas Daninhas do Brasil terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4ª. Ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Nova Odessa-Sao Paulo. 339 p.
- Lucas, P.; Domingues, E. V.; Fontoura, C. A. G.; Negrisol, E.; Ferreira, C. J. G. 2011. Controle de plantas daninhas pela atrazina asociado a adjuvantes. In: XX Congreso Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). pp.159-165.



Lucas, P.; Domingues, E. V.; Fontoura, C. A. G.; Negrisol, E.; Ferreira, C. J. G. 2011. Influencia de adjuvantes no controle de *Brachiaria plantaginea* após a simulação de chuva. In: XX Congreso Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). pp.166-171.

Marochi. 1995. I Seminário Internacional do Sistema Plantío Direto. Brasil. 52p.

Marsico O. J. V. 1980. Herbicidas y fundamentos del control de malezas. Ed. Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires, Argentina. 298 p.

Mitidieri. 1989. Herbicidas aplicados al suelo. Curso "Biología y Control de Malezas" INTA Pergamino.

Moctezuma E., Guajardo R., Hernández C., Leyva E., López A. 1995. Degradación fotocatalítica de clorofenoles sobre catalizadores de TiO<sub>2</sub>. Avances en Ing. Quím. 5: 242-246.

Muñoz, R.; Pitty, A. 1994. Guía fotográfica para la identificación de malezas: parte I. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Protección Vegetal. Honduras. 124 p.

Muñoz, R.; Pitty, A. 1998. Guía fotográfica para la identificación de malezas: parte II. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Protección Vegetal. Honduras. 124 p.

Mysels. 1969. Contribution of micelles to the transport of water insoluble substance trough a membrane. Pesticide Research. (86) 4:24-38.

Polaquimia. (s/f). Agentes coadyuvantes. Información general. 9 p.



- Radosevich, S. J. Holt and C. Ghera. 1997. *Weed Ecology*. Implication for Management. Secod edicion. 429 p.
- Robertson, M. M., R. C. Kirwood. 1982. Mecanismo y los factores que influyen en la absorción del herbicida. Universidad de Strathclyde Glasgow. Escocia. pp. 224-240.
- Ross, M. A.; C. A. Lembi. 2009. *Applied Weed Science. Including The Ecology and Management of Invasive Plants*. 3<sup>rd</sup>. Ed. Prentice Hall. United States of America. 551 p.
- Segura, M. A. 1985. *Plaguicidas Agrícolas una introducción a su conocimiento*. Parasitología Agrícola. Chapingo, México. 310 p.
- Senseman, S. A. 2007. *Herbicide handbook*. Ed. Weed Science Society of America. USA. 458 p.
- Souza, G. S. F. 2011. Ação da chuva sobre eficiencia de Glyphosate no controle de *Eichornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. *Planta daninha*, (29) 1: 59-64.
- Talavera, N. s/f. Técnica Programa Nacional de Manejo, Conservación y Recuperación de Suelo MAG- DEAg. [En línea] <http://archivo.abc.com.py/suplementos/rural/articulos.php?pid=270981>. (Revisado el 14 de enero de 2012).
- Tasistro, A. S. 2000. Introducción y Clasificación de Coadyuvantes para Agroquímicos. *In* Memorias del "Simposium Latinoamericano sobre Coadyuvantes para Agroquímicos". Puerto Vallarta, Jal. Méx. pp.1-10.
- Temple W.A. y N. A. Smith. 1992. Glyphosate herbicide poisoning experience in New Zeland, N. Z. *Med. Journ*, 105: 173-174.



Vencill, W. K. 2002. Herbicide handbook. Ed. Weed Science Society of America. USA. 493 p.

Vera, N. J. A., Grajeda, C. O. A., Altamirano, H. J. Peña, C. J. J. 2010. Efecto de los surfactantes sobre la absorción de agroquímicos en plantas Nova Scientia, ISSN 2007-0705, N°. 3. pp. 14-36

Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 499 p.



## ANEXOS

Anexo 1. Resumen de análisis de varianza para la variable porcentaje de daño en plantas de frijol en las tres fechas de evaluación.

| Fecha | Factor           | Pr>F Daño de frijol | Pr>F Biomasa |
|-------|------------------|---------------------|--------------|
| 1     | Herbicida        | 0.4778              | -            |
| 1     | Surfactante      | 0.0805              | -            |
| 1     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | -            |
| 1     | Her*Sur          | 0.0007**            | -            |
| 1     | Her*T. Lluvia    | <.0001**            | -            |
| 1     | Sur*T. Lluvia    | 0.8704              | -            |
| 2     | Herbicida        | 0.0016**            | -            |
| 2     | Surfactante      | 0.0113**            | -            |
| 2     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | -            |
| 2     | Her*Sur          | 0.0336**            | -            |
| 2     | Her*T. Lluvia    | 0.0076**            | -            |
| 2     | Sur*T. Lluvia    | 0.0720              | -            |
| 3     | Herbicida        | 0.1883              | 0.0996       |
| 3     | Surfactante      | 0.2635              | 0.3160       |
| 3     | Tiempo de lluvia | 0.4738              | 0.1246       |
| 3     | Her*Sur          | 0.3479              | 0.3112       |
| 3     | Her*T. Lluvia    | 0.4240              | 0.0543       |
| 3     | Sur*T. Lluvia    | 0.5122              | 0.8087       |





Anexo 2. Resumen de análisis de varianza para la variable control de *Simsia amplexicaullis* (acahual) en las tres fechas de evaluación.

| Fecha | Factor           | Pr>F Daño de frijol | Pr>F Biomasa |
|-------|------------------|---------------------|--------------|
| 1     | Herbicida        | <.0001**            | -            |
| 1     | Surfactante      | <.0001**            | -            |
| 1     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | -            |
| 1     | Her*Sur          | 0.0839              | -            |
| 1     | Her*T. Lluvia    | <.0001**            | -            |
| 1     | Sur*T. Lluvia    | 0.7676              | -            |
| 2     | Herbicida        | <.0001**            | -            |
| 2     | Surfactante      | 0.0059**            | -            |
| 2     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | -            |
| 2     | Her*Sur          | <.0001**            | -            |
| 2     | Her*T. Lluvia    | <.0001**            | -            |
| 2     | Sur*T. Lluvia    | 0.1133              | -            |
| 3     | Herbicida        | <.0001**            | <.0001**     |
| 3     | Surfactante      | 0.2645              | 0.1304       |
| 3     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | <.0001**     |
| 3     | Her*Sur          | 0.0013**            | 0.0104**     |
| 3     | Her*T. Lluvia    | <.0001**            | <.0001**     |
| 3     | Sur*T. Lluvia    | 0.0320**            | 0.0037**     |



Anexo 3. Resumen de análisis de varianza para la variable control de *Amaranthus hybridus* (quelite) en las tres fechas de evaluación.

| Fecha | Factor           | Pr>F Daño de frijol | Pr>F Biomasa |
|-------|------------------|---------------------|--------------|
| 1     | Herbicida        | <.0001**            | -            |
| 1     | Surfactante      | <.0001**            | -            |
| 1     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | -            |
| 1     | Her*Sur          | 0.0839              | -            |
| 1     | Her*T. Lluvia    | <.0001**            | -            |
| 1     | Sur*T. Lluvia    | 0.7676              | -            |
| 2     | Herbicida        | <.0001**            | -            |
| 2     | Surfactante      | 0.0059**            | -            |
| 2     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | -            |
| 2     | Her*Sur          | <.0001**            | -            |
| 2     | Her*T. Lluvia    | <.0001**            | -            |
| 2     | Sur*T. Lluvia    | 0.1133              | -            |
| 3     | Herbicida        | <.0001**            | <.0001**     |
| 3     | Surfactante      | 0.2645              | 0.1304       |
| 3     | Tiempo de lluvia | <.0001**            | <.0001**     |
| 3     | Her*Sur          | 0.0013**            | 0.0104**     |
| 3     | Her*T. Lluvia    | <.0001**            | <.0001**     |
| 3     | Sur*T. Lluvia    | 0.0320**            | 0.0037**     |



Anexo 4. Resumen de medias ajustadas, de la variable daño de frijol, para la interacción Herbicida\*Surfactante, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción     | 5 DDA  | 10 DDA | 15 DDA |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 1. 2,4-D A*SSu  | 63.50  | 82.00  | 90.58  |
| 2. 2,4-D A*Inex | 78.83  | 92.67  | 98.92  |
| 3. 2,4-D A*PP   | 88.916 | 97.17  | 99.08  |
| 4. 2,4-D E*SSu  | 77.50  | 97.42  | 99.25  |
| 5. 2,4-D E*Inex | 77.16  | 97.58  | 99.67  |
| 6. 2,4-D E*PP   | 69.41  | 98.75  | 99.83  |

Anexo 5. Resumen de medias ajustadas, de la variable daño de frijol, para la interacción Herbicida\*Tiempo de Lluvia, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción    | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|----------------|-------|--------|--------|
| 1. 2,4-D A*0 h | 65.83 | 76.92  | 97.08  |
| 2. 2,4-D A*2 h | 81.33 | 96.25  | 91.92  |
| 3. 2,4-D A*4 h | 84.08 | 98.67  | 99.58  |
| 4. 2,4-D E*0 h | 40.08 | 94.25  | 98.75  |
| 5. 2,4-D E*2 h | 93.33 | 99.83  | 100.00 |
| 6. 2,4-D E*4 h | 90.66 | 99.67  | 100.00 |



Anexo 6. Resumen de medias ajustadas, de la variable daño de frijol, para la interacción Surfactante\*Tiempo de Lluvia, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|-------------|-------|--------|--------|
| 1. SSu*0 h  | 50.37 | 75.3   | 96.9   |
| 2. SSu*2 h  | 82.00 | 95.6   | 88.4   |
| 3. SSu*4 h  | 79.12 | 98.3   | 99.5   |
| 4. Inex*0 h | 52.25 | 86.6   | 98.3   |
| 5. Inex*2 h | 90.62 | 99.3   | 99.8   |
| 6. Inex*4 h | 91.12 | 99.5   | 99.9   |
| 7. PP*0 h   | 56.25 | 94.9   | 98.6   |
| 8. PP*2 h   | 89.37 | 99.3   | 99.8   |
| 9. PP*4 h   | 91.87 | 99.7   | 100.0  |

## Segundo Bioensayo (atrazina, paraquat y glifosato)

### *Simsia amplexicaulis*

Anexo 7. Resumen de medias ajustadas, de la variable control de *Simsia amplexicaulis*, para la interacción Herbicida\*Surfactante, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción  | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|--------------|-------|--------|--------|
| 1. Atra*SSu  | 26.1  | 96.6   | 98.7   |
| 2. Atra*Inex | 28.2  | 82.2   | 97.7   |
| 3. Atra*BTh  | 38.8  | 74.6   | 92.9   |
| 4. Gli*SSu   | 57.9  | 73.4   | 92.1   |
| 5. Gli*Inex  | 55.9  | 67.7   | 89.6   |
| 6. Gli*BTh   | 81.0  | 81.6   | 93.1   |
| 7. Par*SSu   | 80.4  | 82.7   | 84.3   |
| 8. Par*Inex  | 82.8  | 82.6   | 83.4   |
| 9. Par* BTh  | 89.0  | 89.3   | 90.9   |



Anexo 8. Resumen de medias ajustadas, de la variable control de *Simsia amplexicaulis*, para la interacción Herbicida\*Tiempo de Lluvia en las tres fechas de evaluación.

| Interacción | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|-------------|-------|--------|--------|
| 1. Atra*0 h | 11    | 66     | 95     |
| 2. Atra*2 h | 19    | 90     | 96     |
| 3. Atra*4 h | 63    | 98     | 99     |
| 4. Gli*0 h  | 37    | 38     | 84     |
| 5. Gli*2 h  | 77    | 91     | 94     |
| 6. Gli*4 h  | 81    | 94     | 97     |
| 7. Par*0 h  | 56    | 58     | 61     |
| 8. Par*2 h  | 98    | 98     | 99     |
| 9. Par*4 h  | 98    | 98     | 99     |

Anexo 9. Resumen de medias ajustadas, de la variable control de *Simsia amplexicaulis*, para la interacción Surfactante\*Tiempo de Lluvia, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|-------------|-------|--------|--------|
| 1. SSu*0 h  | 30.8  | 60.3   | 81.3   |
| 2. SSu*2 h  | 60.4  | 94.6   | 95.2   |
| 3. SSu*4 h  | 73.2  | 97.8   | 98.6   |
| 4. Inex*0 h | 28.3  | 46.1   | 75.4   |
| 5. Inex*2 h | 61.8  | 92.2   | 98.0   |
| 6. Inex*4 h | 76.8  | 94.1   | 97.2   |
| 7. BTh*0 h  | 44.8  | 55.2   | 82.3   |
| 8. BTh*2 h  | 72.0  | 91.9   | 95.1   |
| 9. BTh*4 h  | 92.0  | 98.3   | 99.4   |



### ***Amaranthus hybridus***

Anexo 10. Resumen de medias ajustadas, de la variable control de *Amaranthus hybridus*, para la interacción Herbicida\*Surfactante, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción  | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|--------------|-------|--------|--------|
| 1. Atra*SSu  | 26.1  | 96.6   | 98.6   |
| 2. Atra*Inex | 28.2  | 82.2   | 97.6   |
| 3. Atra*BTh  | 38.8  | 74.6   | 92.8   |
| 4. Gli*SSu   | 57.8  | 73.4   | 92.1   |
| 5. Gli*Inex  | 55.8  | 67.7   | 89.5   |
| 6. Gli*BTh   | 81.0  | 81.6   | 93.1   |
| 7. Par*SSu   | 80.4  | 82.6   | 84.3   |
| 8. Par*Inex  | 82.7  | 82.6   | 83.4   |
| 9. Par* BTh  | 89.0  | 89.3   | 90.8   |

Anexo 11. Resumen de medias ajustadas, de la variable control de *Amaranthus hybridus*, para la interacción Herbicida\*Tiempo de Lluvia, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|-------------|-------|--------|--------|
| 1. Atra*0 h | 10.8  | 65.8   | 94.5   |
| 2. Atra*2 h | 19.2  | 90.0   | 95.6   |
| 3. Atra*4 h | 63.1  | 97.5   | 99.0   |
| 4. Gli*0 h  | 37.2  | 37.6   | 83.7   |
| 5. Gli*2 h  | 77.0  | 90.7   | 94.0   |
| 6. Gli*4 h  | 80.5  | 94.2   | 97.0   |
| 7. Par*0 h  | 55.8  | 58.2   | 60.7   |
| 8. Par*2 h  | 98.0  | 97.8   | 98.6   |
| 9. Par*4 h  | 98.3  | 98.4   | 99.2   |



Anexo 12. Resumen de medias ajustadas, de la variable control de *Amaranthus hybridus*, para la interacción Surfactante\*Tiempo de Lluvia, en las tres fechas de evaluación.

| Interacción | 5 DDA | 10 DDA | 15 DDA |
|-------------|-------|--------|--------|
| 1. SSu*0 h  | 30.8  | 60.3   | 81.3   |
| 2. SSu*2 h  | 60.4  | 94.5   | 95.2   |
| 3. SSu*4 h  | 73.2  | 97.7   | 98.5   |
| 4. Inex*0 h | 28.3  | 46.1   | 75.4   |
| 5. Inex*2 h | 61.7  | 92.2   | 98.0   |
| 6. Inex*4 h | 76.7  | 94.1   | 97.2   |
| 7. BTh*0 h  | 44.7  | 55.2   | 82.3   |
| 8. BTh*2 h  | 72.0  | 91.8   | 95.1   |
| 9. BTh*4 h  | 92.0  | 98.3   | 99.4   |