

# UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA  
MAESTRIA EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL

ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON  
EN MAIZ ( *Zea mays* L. ) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION  
CON HORTALIZAS.

## TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PROTECCION VEGETAL



DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

ERNESTO MARTINEZ LOPEZ

DX85421  
-151518



CHAPINGO, MEXICO 1996

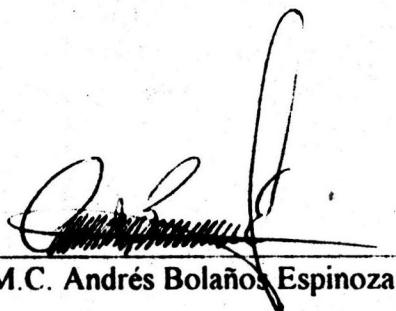
Esta tesis fué realizada bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**EN**

**PROTECCION VEGETAL**

**PRESIDENTE**



M.C. Andrés Bolaños Espinoza

**ASESOR**



M.C. José Antonio Tafoya Razo

**ASESOR**



M.C. Antonio Segura Miranda

A-29480

Chapingo, México, abril de 1996.

El jurado del exámen de grado de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

PRESIDENTE



---

M.C. Andrés Bolaños Espinoza

ASESOR



---

M.C. José Antonio Tafoya Razo

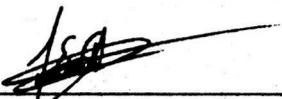
ASESOR



---

M.C. Antonio Segura Miranda

REPRESENTANTE DE LA  
COORDINACION DE POSTGRADO  
EN PROTECCION VEGETAL



---

M.C. Luis Emilio Castillo Márquez

REPRESENTANTE DE LA  
COORDINACION GENERAL  
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DE LA UACH



---

M.C. José Luis Ayala Orduño

Cada uno de los cuales revisó y aprobó la tesis presentada.

Chapingo, México, abril de 1996.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, que gracias a su invaluable apoyo tanto económico como institucional, hizo posible la realización de mis estudios de maestría.

Al **Departamento de Parasitología Agrícola** y a su planta de catedráticos, por compartir su vasta experiencia y transmitirla sin recato alguno a sus alumnos.

Al **M.C. Andrés Bolaños Espinoza**, por la dirección y valiosas aportaciones para llevar a cabo la presente investigación.

Al **M.C. José Antonio Tafoya Razo**, por su valiosa y desinteresada ayuda y revisión de éste trabajo.

Al **M.C. Antonio Segura Miranda**, por sus valiosas aportaciones y revisión del presente trabajo.

A los **M.C. José Luis Ayala Orduño** y **Luis Emilio Castillo Márquez**, por su importante contribución en la revisión de ésta tesis.

A todos mis profesores, cuyos conocimientos y enseñanzas no conocen de tiempo ni fronteras, y se perpetúan a través de sus estudiantes.

A mis compañeros **Ernesto Hernández Mendieta**, **Javier Gutiérrez Cacique**, **Felicitos Larios Luna**, **David Ignacio Berlanga Reyes**, y demás compañeros por su constante y desinteresado apoyo y sobretodo, por su amistad.

A la familia **Rodríguez Franco**, por su apoyo y por haber hecho agradable mi estancia durante mi permanencia en la **UACH**.

A la compañía **ISK Bioscences**, por el apoyo brindado para la culminación de éste trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres **Héctor Martínez Rubio e Irma López de Martínez**, por el apoyo que siempre he encontrado en ellos y su constante estímulo de responsabilidad y superación; a quienes dedico este pequeño paso que marca el inicio de una importante etapa en mi vida profesional.

Amis hermanos **Jesús Héctor, Guadalupe y Laura Leticia**, por su cariño y apoyo.

A mi novia **Srita. Rosa Mª Gastélum López**, por su amor , comprensión y apoyo durante mis estudios de postgrado.

Al **Ing. Rogelio Galavíz Flores**, por su amistad, y por su interés durante mi permanencia en Chapingo.

# CONTENIDO

	PAGINA
<b>INDICE DE FIGURA Y CUADROS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>SUMMARY</b>	x
<b>1. INTRODUCCION</b>	1
<b>2. REVISION DE LITERATURA</b>	5
2.1. Primisulfurón	5
2.1.1. Origen	5
2.1.2. Propiedades físicas y químicas	6
2.1.3. Absorción	7
2.1.4. Modo de acción	8
2.1.5. Sintomatología	10
2.1.6. Tolerancia por los cultivos	11
2.1.7. Efectividad en maleza	14
2.1.8. Método de aplicación, aditivos y volúmen de aspersión	19
2.1.9. Persistencia de herbicidas	20
2.1.9.1. Métodos para la detección de residuos de sulfonilureas en suelos	22
2.1.9.1.1. Métodos analíticos	22
2.1.9.1.2. Inmunoensayos	23
2.1.9.1.3. Bioensayos	23
2.1.9.2. Degradación de sulfonilureas	25

	<b>PAG.</b>
2.1.9.3. Persistencia de sulfonilureas	26
2.1.9.4. Comportamiento en el suelo de primisulfurón	28
2.1.9.4.1. Degradación	28
2.1.9.4.2. Lixiviación	28
2.1.9.5. Persistencia de primisulfurón	29
2.2. Nicosulfurón	31
2.2.1. Origen	31
2.2.2. Propiedades físicas y químicas	32
2.2.3. Absorción	33
2.2.4. Modo de acción - sintomatología	34
2.2.5. Tolerancia por los cultivos	35
2.2.6. Efectividad en maleza	40
2.2.7. Método de aplicación, aditivos y volumen de aspersión	46
2.2.8. Persistencia de nicosulfurón	47
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>49</b>
3.1. Localización de los experimentos	49
3.2. Condiciones climáticas	49
3.3. Fase de campo	50
3.3.1. Suelo	50
3.3.2. Preparación	50
3.3.3. Diseño experimental	51
3.3.3.1. Modelo estadístico	51
3.3.3.2. Tratamientos	52



	<b>PAG.</b>
3.4.3.1. Metodología	61
3.4.3.2. Variable evaluada	62
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>63</b>
4.1. Maíz	63
4.1.1. Fitotoxicidad de nicosulfurón y primisulfurón	63
4.1.2. Identificación de maleza	65
4.1.3. Control de maleza	66
4.1.4. Interacción clima - control de maleza	75
4.1.5. Volumen asperjado - control de maleza	77
4.1.6. Aditivos - control de maleza	78
4.2. Persistencia de nicosulfurón y primisulfurón en calabaza y pepino	79
4.3. Persistencia de nicosulfurón y primisulfurón en calabaza - aplicación intencional al suelo	84
4.4. Eficacia biológica de nicosulfurón y primisulfurón para el control de <i>Sorghum halepense</i> L.	89
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>93</b>
<b>6. SUGERENCIAS</b>	<b>96</b>
<b>7. LITERATURA CITADA</b>	<b>97</b>

## INDICE DE FIGURA Y CUADROS

FIGURA		PAG.
1	Distribución de tratamientos en el experimento de maíz .Chapingo, México. 1995.	53
<b>CUADRO</b>		
1	Tratamientos evaluados en el experimento de maíz. Chapingo, México. 1995.	52
2	Fitotoxicidad de los tratamientos en el experimento de maíz. Chapingo, México.1995.	65
3	Diversidad y abundancia de la maleza presente en el experimento de maíz. Chapingo, México. 1995.	66
4	Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de control de <i>Simsia amplexicaulis</i> . Experimento de maíz. Chapingo, México.1995.	67
5	Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de control de <i>Sicyos angulatus</i> . Experimento de maíz. Chapingo, México. 1995.	69
6	Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de control de <i>Amaranthus hybridus</i> . Experimento de maíz. Chapingo, México.1995.	70
7	Comparación de medias (Tukey, SAS), del porcentaje de control de <i>Chenopodium album</i> . Experimento de maíz. Chapingo, México. 1995.	72
8	Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de control de <i>Eleusine multiflora</i> . Experimento de maíz. Chapingo, México. 1995.	74
9	Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de daño sobre calabaza, sembrada 183 días después de la aplicación de los tratamientos de nicosulfurón y primisulfurón. Chapingo, México.1995.	82
10	Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de daño sobre pepino, sembrado 183 días después de la aplicación de los tratamientos de nicosulfurón y primisulfurón. Chapingo, México.1995.	83
11	Comparación de medias (Tukey,SAS),del porcentaje de daño sobre calabaza, sembrada siete días después de la aplicación de los tratamientos de nicosulfurón y primisulfurón sobre suelo franco arenoso. 1er.siembr.Chapingo,México 1995.	86

	<b>PAG.</b>
12 Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de daño sobre calabaza, sembrada 72 días después de la aplicación de los tratamientos de nicosulfurón y primisulfurón sobre suelo franco arenoso. 2a. siembra. Chapingo, México.1995.	87
13 Comparación de medias (Tukey,SAS), del porcentaje de control de <i>Sorghum halepense</i> L. de rizoma. Estudio en invernadero. Chapingo, México.1995.	91

## RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L. ) es un elemento vital en las dietas de los países en vías de desarrollo, ya que contribuye con el 50% de la proteína, constituyendo así una importante fuente de energía en su dieta básica. Su producción se ve afectada por varios factores, siendo uno de ellos muy importante el efecto que ejerce la presencia de maleza durante sus primeras etapas de desarrollo ( período crítico de competencia, establecido dentro de los 60 días después de la emergencia del cultivo ). Para su control se ha recurrido a diversas alternativas, de las cuales el control químico ( uso de herbicidas ) se ha considerado como la mejor, para lo cual se utilizan productos preemergentes y actualmente, debido a las inestables condiciones de lluvia, se ha generalizado el uso de herbicidas postemergentes. Estas sustancias presentan dentro de sus características una completa selectividad al cultivo y un amplio espectro de control de maleza; sin embargo, una de sus desventajas las constituyen los efectos ocasionados por la persistencia de estas moléculas sobre los cultivos que se establecen en rotación con maíz, especialmente cuando se trata de productos hortícolas.

Por lo que, teniendo como base lo establecido, anteriormente se planteó el presente estudio, con los siguientes objetivos: 1) Evaluar la eficacia biológica de nicosulfurón y primisulfurón para el control postemergente de maleza en el cultivo de maíz; 2) Evaluar la persistencia de ambos herbicidas sobre calabaza, midiendo el efecto a distintos intervalos después de su aplicación intencional al suelo; 3) Evaluar la persistencia de estas moléculas al ser aplicadas en maíz, con la finalidad de prever daños en la rotación calabaza-pepino; 4) Evaluar la eficacia biológica de nicosulfurón y primisulfurón para el control postemergente de zacate johnson (*Sorghum halepense* L. ) proveniente de rizoma, en invernadero y 5) Evaluar la fitotoxicidad de los productos en el cultivo de maíz.

El estudio se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, para lo cual se sembró maíz var. 107; el diseño experimental utilizado fué bloques completos al azar, con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por cinco surcos, separados a 0.80 m., por diez metros de largo ( = 40 m<sup>2</sup> ). Como parcela útil se consideró los tres surcos centrales. Los tratamientos evaluados fueron: primisulfurón a dosis de 22.5, 30.0, 37.5 y 45.0 g i.a./ha; y nicosulfurón a dosis de 40.0, 50.0 60.0 y 70.0 g i.a./ha; así como también un testigo siempre limpio y un testigo siempre enmalezado. Por otra parte, se condujeron tres bioensayos en invernadero utilizando calabaza, calabaza y pepino, y zacate johnson, respectivamente, como especies de estudio.

Para evaluar la respuesta del maíz hacia los tratamientos, se tomaron en consideración las siguientes variables: fitotoxicidad y control de maleza. Para los bioensayos el criterio de evaluación fué porcentaje de daño visual sobre calabaza y pepino, y para el bioensayo de zacate johnson se consideró la variable porcentaje de control.

Realizado el procedimiento de análisis de varianza y las comparaciones de medias por medio del paquete estadístico SAS ( Tukey,  $\alpha= 0.05$  ), se obtuvieron los siguientes resultados: se presentó una ligera clorosis en el cogollo de las plantas de maíz, efecto que fué superado rápidamente a los 15 días después de la aplicación ( DDA ). La maleza dominante estuvo constituida por cinco especies: *Simsia amplexicaulis*, *Sycios angulatus*, *Amaranthus hybridus*, *Chenopodium album* y *Eleusine multiflora*. La dosis óptima de primisulfurón para el control de *S. amplexicaulis*, *S. angulatus* y *A. hybridus* fué de 30.0 g i.a./ha, y para nicosulfurón la dosis óptima para el control de *S. angulatus* y *A. hybridus* fué de 40.0 g i.a./ha.. Por otra parte, primisulfurón en sus cuatro dosis evaluadas y en las tres

fechas de evaluación, se mostró ineficaz en el control de *C. album* y *E. multiflora*. Por su parte nicosulfurón se mostró ineficiente en el control de *S. amplexicaulis*, *C. album* y *E. multiflora*, en sus cuatro dosis evaluadas y para las tres fechas de evaluación.

Nicosulfurón y primisulfurón registraron porcentajes excelentes de control (>95%) sobre la parte aérea, así como también de los rizomas de zacate johnson (*Sorghum halepense* L.) sembrado en invernadero, en todas sus dosis evaluadas y en las tres fechas de evaluación.

En invernadero se detectaron síntomas visuales de daño (interrupción del crecimiento) en siembras de calabaza y pepino posterior a la culminación del estudio de maíz, a los 193 y 203 días después de la aplicación ( DDA ) de nicosulfurón y primisulfurón; sin embargo, estos efectos fueron imperceptibles a los 213 DDA. Por otro lado, las semillas de calabaza sembradas en suelo tratado intencionalmente con nicosulfurón y primisulfurón, no fueron afectadas en su germinación, pero sí resultaron dañadas fuertemente (>90%) a los siete DDA, siendo estos efectos residuales mínimos en calabaza sembrada a los 72 días después de la aplicación de los productos herbicidas.

## SUMMARY

Maize ( *Zea mays* L. ) its a vital element in most diets in countries in process of development because it contributes with the 50% of the protein. Maize its an important source of energy in their basic diet, its production has been affected by many factors, being the effect that practive the presence of weed one of the most important of all in its first development stages ( critical competitive period, established between sixty days after crop emergency ). For its control we put our selfs in many alternatives wich the chemical control ( use of herbicides ) it has been considered as the best of all, therefore the use of preemergence and now days because of instable conditions of rain the use of postemergence herbicides has been generalized. This sustance presents inside its characteristics a complete selectivity to the crop and a hole spectrum of weed control. therefore one of its damages is the effects by the persistence of this molecules over the crops, specially when we deal with horticultural products.

Wherefore, having a established base, before this present study was planted with the following objectives: 1) To evaluate the biological efficiency of nicosulfuron and primisulfuron for postemergence control of weed in maize; 2) To evaluate the persistency of both herbicides on the squash, measuring the effect in different intervals after the intentional application on the ground; 3) To evaluate the persistency of this molecules when we use it on maize, with the finality of preventing damages in the rotation of squash and cucumber; 4) To test the biological efficiency of the nicosulfuron and primisulfuron for the postemergence control of johnsongrass ( *Sorghum halepense* L.) from rizome in greenhouse and 5) To evaluate the phytotoxicity of the products in maize.

This study was established in the Agricultural Experimental Campus of the Universidad Autonoma Chapingo, in which the var. 107 of corn was sowed. The experimental design was a complete randomized blocks, with ten treatments and four replications. Each experimental unit was formed with five furrows separated with 0.80 m by 10 meters long ( = 40 m<sup>2</sup> ). As a useful plot was considered the three central furrows. The treatments that were evaluated were: primisulfuron with a dose of 22.5, 30.0, 37.5 and 45.0 g i.a./ha; and nicosulfuron with a dose of 40.0, 50.0, 60.0 and 70.0 g i.a./ha; so there was a check always clean and a check always weedy. Wherefore three bioassays were driven in the greenhouse using squash, squash and cucumber, and the johnsongrass, respectively as a study species.

To evaluate the answer to treatments of the maize, the following variables were taken into consideration: phytotoxicity and weed control. For the bioassays the evaluation got a percentage of a visual damage over squash and cucumber and for the bioassays of the johnsongrass the percentage variable of control was considered.

Realizing the analysis of variance procedure and the means comparisons using the statistic package SAS ( Tukey,  $\alpha=0.05$  ), the following results were obtained: a light chlorosis in the coat of maize plants was presented, effect that was rapidly overcome in 15 days after the application ( DAA ). The dominated weed was constituted by five species: *Simsia amplexicaulis*, *Sycios angulatus*, *Amaranthus hybridus*, *Chenopodium album* and *Eleusine multiflora*. The optimum dose of primisulfuron for the control of *S. amplexicaulis*, *S. angulatus* and *A. hybridus* was 30.0 g i.a./ha, and for nicosulfuron the optimum dose for control of the *S. angulatus* and *A. hybridus* was 40.0 g i.a./ha. Wherefore primisulfuron in its four doses and in its three evaluation dates was ineffective in the control of *C. album* and *E. multiflora*. Wherefore nicosulfuron shows itself not as efficient in the control of *S.*

*amplexicaulis*, *C. album* and *E. multiflora*, in its four evaluate dosis and its three evaluation dates.

Nicosulfuron and primisulfuron has an excelent percentage registered in its control (>95%) over the overhead part just like the rizomes of johnsongrass ( *Sorghum halepense* L. ) grown in the greenhouse in it evaluate dosis and in its three evaluation dates did too.

In greenhouse, visual simptoms of damage in the squash and cucumber were detected after the culmination of the hole study of the maize after the 193 and 203 days of the application ( DAA ) of primisulfuron and nicosulfuron; however, this effects were imperceptible to 213 DAA. Wherefore the planted squash seeds in the ground treated intencionaly with nicosulfuron and primisulfuron were not affected in its germination, but they were strongly damaged ( >90% ) after the first 7 days of the application, being this residual effects minimum in the planted squash after the 72 days of the application of the herbicidal products.

## 1. INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes y antiguos del mundo. Además de su utilidad como alimento para el hombre y el ganado, también tiene muchos usos industriales. En la producción mundial de cereales, el maíz se ubica en tercer lugar, siendo superado por el trigo y el arroz ( Bath, 1963; Ariyanayagam, 1971; Poey, 1975; Kanani, 1985; Agrema, 1986 ). Son cinco los países que constituyen la élite en cuanto a la producción de maíz: Estados Unidos, China, Argentina, Francia y Suráfrica. En contraparte, Japón es el principal importador de maíz, seguido por Corea del Sur, Taiwan, la Ex-Unión Soviética y México, que ocupa el quinto lugar como importador ( Anónimo, 1994 ). En México, es el cultivo básico más explotado, tanto por la superficie que se destina a su siembra, como por el consumo por persona, calculado en 187 kg/año (Galavíz, 1985; Anónimo, 1994; Anónimo, 1994 ).

Durante 1992 se sembraron con esta gramínea en México 8,019,702 hectáreas, con una producción de grano de 16,768,733 toneladas, un rendimiento promedio de 2 ton/ha, y un valor aproximado de 10,369 miles de millones de pesos. Las entidades federativas con mayor superficie cultivada en orden de importancia son: Jalisco, México, Chiapas, Veracruz, Puebla y Michoacán (Anónimo, 1994).

Los factores más importantes que influyen en los bajos rendimientos promedio a nivel nacional, se consideran los siguientes: el 85% del total de la superficie sembrada corresponde a áreas de temporal, existiendo una clara dependencia de la lluvia; una deficiente

organización de los productores; 1.5 millones de productores con tenencia de 1-2 ha en promedio; escasa aplicación de tecnología de alta rentabilidad y siembras de aproximadamente 3.5 millones de hectáreas marginalmente productivas . Además, las pérdidas de rendimiento que ocasionan insectos, enfermedades y principalmente las malezas (Martínez, 1993; Anónimo, 1994; Anónimo,1995).

La importancia de la maleza en la agricultura estriba principalmente en una serie de características que le proporcionan una alta competitividad con las plantas cultivadas, siendo entre otras, las siguientes: rápido nivel de crecimiento, reproducción abundante, presencia de diferentes modos de dispersión, propágulos que presentan tiempo de vida largo ó extenso, periodicidad de floración y germinación; así como la presencia de compuestos químicos que las protegen de los animales e influyen en la alelopatía ( Harper, 1977; Behrendt y Hanf, 1979; Auld y Coote, 1980; Vickery y Vickery, 1987; Anderson, 1983; Thomas *et al.*,1984; Ross y Lembi, 1985; Akobundu, 1987; Zimdahl, 1993; Turgeon *et al.*1994 ).

A nivel mundial, las pérdidas en producción ocasionadas por la maleza se han estimado en 5, 10 y 25% para países altamente, medianamente y los menos desarrollados, respectivamente, dando una pérdida total de 11.5% (Parker y Fryer, 1975). Por su parte Cramer (1967 ) estimó las pérdidas totales en 14.6%. Otras estimaciones, como la de Ordish (1968) han estado también en el rango de 10-20%; es de esta manera que el control de maleza presenta de alguna manera problemas diferentes y en ocasiones más difíciles que el control de otras plagas, tales como insectos, hongos ó bacterias, en el sentido de que al realizar una aplicación deficiente, el error

puede perpetuarse por meses e incluso años; es de esta manera que cuando no se recurre a ninguna medida de control, pueden presentarse pérdidas de hasta un 100%. También, los herbicidas en la actualidad resultan muy costosos como para permitir una falla al momento de la aplicación y en muchos casos no se cuenta con un suficiente margen de seguridad para permitir realizar una segunda aplicación (Muzik, 1970; Parker y Fryer, 1975; Fryer y Makepeace, 1978; Li, 1981; Gammie y Dellow, 1983 ).

A partir de la década de los 80's hasta la fecha se ha presentado un considerable aumento en la utilización de herbicidas para el control de malezas en el cultivo de maíz, presentando éstos una total selectividad al cultivo y un amplio espectro de control, ya sea que se apliquen en preemergencia o postemergencia. Sin embargo, las inestables condiciones de lluvia han limitado el uso de herbicidas preemergentes, dando como resultado un incremento en la utilización de herbicidas postemergentes (Morgado, 1993).

Asimismo, la actividad herbicida es deseable, sin embargo, sólo hasta el tiempo en que los herbicidas han alcanzado su propósito; una persistencia más larga es indeseable debido a los siguientes factores: daño a cultivos sensibles establecidos en un sistema de rotación; pueden ser absorbidos por cultivos subsecuentes resultando en la acumulación de producto en cantidades no permisibles dentro de la planta y, la descomposición del herbicida en ocasiones es relativamente lenta, por lo tanto, contribuye a su persistencia (Fryer y Makepeace, 1978; Li, 1981; Anderson, 1983; Gammie y Delow, 1983 ).

Considerando lo antes indicado, se estableció el presente estudio con los siguientes objetivos:

- Evaluar la eficacia biológica y dosis óptima de nicosulfurón y primisulfurón en el control postemergente de maleza en el cultivo de maíz.
- Evaluar la eficacia biológica de nicosulfurón y primisulfurón para el control postemergente de zacate johnson (*Sorghum halepense* L. ) proveniente de rizoma.
- Evaluar la persistencia de nicosulfurón y primisulfurón sobre calabaza, midiendo el efecto a distintos intervalos de tiempo después de la aplicación de los herbicidas en el suelo.
- Evaluar la persistencia de nicosulfurón y primisulfurón en el suelo al ser aplicado en maíz, con la finalidad de prever daños al rotar con calabaza y pepino.
- Evaluar la fitotoxicidad de nicosulfurón y primisulfurón en el cultivo de maíz.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Primisulfurón

#### 2.1.1. Origen

Los herbicidas de la clase de las sulfonilureas, se emplean para el control de muchas especies de maleza anuales y perennes, aplicados en postemergencia al cultivo y maleza, principalmente en cereales (Akobundu, 1987).

En 1988 se iniciaron las investigaciones con un producto codificado como CGA-136872, el cual fué un herbicida experimental descubierto en los laboratorios de CIBA-GEIGY Ltd en Basel, Suiza. Sus descubridores indicaban que esta nueva molécula proporcionaba un excelente control sobre zacates anuales y perennes difíciles tales, como *Sorghum halepense*, *Sorghum bicolor*, *Sorghum alnum*, *Elymus* ( sin. *Agropyron* ) *repens*, *Panicum dichotomiflorum*, *Setaria* spp., y otros. Por otra parte, entre las especies dicotiledóneas que se mencionaba que fueron controladas por el producto destacan *Xanthium*, *Amaranthus*, *Solanum*, *Datura*, *Abutilon*, entre otras.

Fué a partir de 1989, cuando se intensificó la investigación con el producto CGA-136872, en varias universidades de Estados Unidos, para lo cual Foy y Witt ( 1990 ) señalan estudios con esta molécula para evaluar su eficacia contra *Sorghum halepense* proveniente de semilla y de rizoma, en el estado de Virginia, E.U.A. Estas investigaciones se aunaron a más de 50 publicaciones en Estados Unidos, los cuales reafirmaban el poder herbicida de dicha molécula.

Otras investigaciones preliminares indicaban que CGA-136872 aplicado a dosis de 20 o 40 g i.a./ha, generalmente proporcionaron un control de 80 a 100% sobre aproximadamente 35 especies de maleza. Se señala también que presenta una moderada persistencia en el suelo, y que de esta manera se podían establecer diversos cultivos en rotación sin peligro de daño después de la aplicación de más de 40 g i.a./ha ( Foy y Witt, 1990 ).

Por último, a fines del año de 1989, fue introducido al mercado el herbicida primisulfuron, siendo comercializado como Tell y Beacon, formulado como gránulos dispersables en agua , conteniendo 75 gramos de ingrediente activo primisulfurón por cada 100 gramos de producto comercial; asimismo, se presentan todas las especificaciones sobre control de maleza y comportamiento en el suelo ( Anónimo, 1989 ).

### **2.1.2. Propiedades químicas y físicas**

Ingrediente activo

Nombre común : primisulfurón

Nombre químico (IUPAC) :	2-[ 3- (4,6-bis ( difluoromethoxy ) pirimidin-2-y 1 ) ureidosulfonil]metil ester de ácido benzoico.
Clase química :	sulfonilurea
Fórmula empírica :	C15H12F4N4O7S
Peso molecular :	468.33
Apariencia :	cristales sin color
Punto de fusión :	203.1° C
Presión de vapor :	<7.5 x 10 mm Hg a 20° C (extremadamente baja)
Solubilidad :	0.07 g/l en agua (pH 7) a 20° C. La solubilidad en agua aumenta al incrementarse el pH. 3.6% en acetona (relativa mente baja).

### 2.1.3. Absorción

Los herbicidas pertenecientes a la clase de las sulfonilureas son rápidamente absorbidos por el follaje y en menor grado por las raíces de las plantas, donde inhiben la división celular; una vez dentro de la planta son traslocados vía xilema y floema hacia las zonas de crecimiento. Esta inhibición de la división celular es un efecto específico de esta clase de herbicidas, ya que ésta no se ve afectada de la misma manera por otros herbicidas que presentan diversos sitios de acción incluyendo diurón, metribuzín, trifluralina, propham y diallate ( Brown, 1990 ).

Por su parte, primisulfurón, es absorbido por el follaje y por el sistema de raíces de las plantas. La proporción de cada uno puede depender de la etapa de crecimiento de la planta y de condiciones ambientales como humedad del suelo y temperatura. La absorción vía follaje se ve favorecida por la adición de un surfactante no iónico a la mezcla de aspersión. Primisulfuron es completa y rápidamente traslocado en toda la planta, incluyendo estructuras tales como rizomas, lo cual puede explicar su actividad en contra de malezas perennes. Para malezas gramíneas y dicotiledóneas, el principal sitio de absorción es el sistema de raíces. La actividad del herbicida se ha demostrado que se reduce ocasionalmente cuando el compuesto ha sido aplicado hacia plantas sujetas a condiciones de estrés. Esto se supone que sucede debido a una reducida absorción del compuesto a través de las hojas bajo condiciones de frío y humedad baja, y a una reducida disponibilidad hacia las raíces bajo condiciones de sequía ( Blair y Martin, 1988; Brown, 1990; Anónimo, 1989 ).

#### **2.1.4. Modo de acción**

Los herbicidas pertenecientes a la clase de las sulfonilureas inhiben la biosíntesis de la cadena ramificada de aminoácidos mediante la interferencia con la enzima acetolactato sintetasa (ALS), conocida también como acetohidroxiácido sintetasa (AHAS). Esta enzima se encuentra en bacterias, hongos y plantas superiores, y cataliza la condensación de dos moléculas de piruvato para formar acetolactato en valina y la condensación de ácido alfa-cetobutírico con piruvato, para obtener ácido acetohidroxibutírico en leucina e isoleucina. La ALS se une

reversiblemente y no competitivamente a las sulfonilureas y requiere pirofosfato de tiamina, Mg y FAD para funcionar (Anónimo, s/f).

Estudios más amplios han mostrado que la inhibición de crecimiento producida por los herbicidas sulfonilureas es específica para el componente de la división celular de crecimiento de la planta; de esta manera Brown ( 1990 ) concluyó que estos compuestos bloquean rápidamente el ciclo celular en las fases G1 ó G2 de la interfase y que no tiene un efecto directo sobre el proceso mitótico.

Es así que primisulfurón detiene inmediatamente el crecimiento de malezas susceptibles tratadas, mientras que síntomas más amplios toman de 1 a 2 semanas para desarrollarse: decoloración, necrosis y muerte. Como otras sulfonilureas, primisulfurón inhibe la división celular en plantas mediante la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa, la cual cataliza el primer paso en la biosíntesis de la cadena ramificada de aminoácidos valina, leucina e isoleucina. La carencia de estos aminoácidos detiene inmediatamente la formación de nuevas células. Puede suceder que las plantas tratadas sigan creciendo un poco debido a una extensión de las células existentes. La rapidez de la actividad depende principalmente de la etapa de crecimiento en que se encuentre la planta. Las etapas de crecimiento más jóvenes son generalmente más susceptibles y por lo tanto son controladas más rápidamente (Anónimo, 1989).

### **2.1.5. Sintomatología**

Los herbicidas sulfonilureas son potentes inhibidores del crecimiento de tallos y raíces, con síntomas visuales más amplios incluyendo enrojecimiento de venas, clorosis foliar, muerte de yemas terminales y necrosis que se manifiesta lentamente varios días después del tratamiento (Moberg y Cross, 1990).

Primisulfurón produce estos mismos síntomas y, al igual que otros miembros de su clase, no afecta la germinación de las semillas; sin embargo, el subsecuente crecimiento de raíces y tallos se ven severamente inhibidos en plántulas sensibles. En plantas más viejas, el crecimiento es inhibido a pocas horas de que el producto es absorbido por la planta. Los síntomas visuales aparecen en 1-2 días en plantas que se encuentran en crecimiento activo y puede ser seguido por respuestas secundarias, dependiendo de las especies, de la dosis y de las condiciones ambientales. Entre los principales síntomas se pueden citar: aumento en la formación de antocianina, pérdida de nictinastia foliar, abscisión, decoloración de venas, muerte de yemas terminales, clorosis y necrosis. Esto puede desarrollarse lentamente, conduciendo a la muerte a una ó tres semanas después del tratamiento ( Anónimo, s/f; Blair y Martin, 1988; Brown, 1990; Anónimo, 1989; Moberg y Cross, 1990; Hay, 1990 ).

### **2.1.6. Tolerancia por los cultivos**

De acuerdo a lo indicado por Anónimo ( 1989 ) primisulfurón es tolerado por el maíz cuando es aplicado en postemergencia y si es utilizado de acuerdo a las recomendaciones establecidas, es decir, que el cultivo de maíz se encuentre en la etapa de 3-8 hojas verdaderas desplegadas, y manejando dosis de 20 a 40 g/ha. Especialmente en los Estados Unidos, algunos híbridos muestran una reducida tolerancia cuando son tratados con primisulfurón, por lo que es importante revisar la tolerancia de nuevos híbridos antes de ser tratados comercialmente con el herbicida. Primisulfurón no debe aplicarse a plantas sujetas a condiciones de estrés (sequía, inundación, temperaturas frías extremas), ya que se corre el riesgo de dañar al cultivo de maíz. Los síntomas pueden incluir detención del crecimiento, decoloración del follaje (amarillamiento) y en algunas ocasiones enrollamiento. Por otra parte, si las condiciones de crecimiento para el maíz son favorables, la recuperación es rápida.

Moberg y Cross ( 1990 ) afirman que en todas las investigaciones realizadas hasta la fecha, la selectividad hacia maíz por parte de primisulfurón es debido a una destoxificación metabólica, y no debido a un sitio ú objetivo alterado.

Foy y Witt ( 1990 ) indican que al aplicar nicosulfurón ( 35, 52 y 69 g/ha ) y primisulfurón (29, 49 y 99 g/ha), se presentó un mayor daño en maíz establecido en cero labranza, que en aquel que se sembró bajo labranza convencional. Señalan también que el mejor

control de maleza se obtuvo al aplicar ambos herbicidas a maíces var. " Southern States " 565 y 737 y " Jakes 8210 ", cuando contaban con 8 hojas verdaderas.

Camacho *et al.* ( 1991 ) indican que en estudios de campo, aplicaciones de primisulfurón y nicosulfurón en postemergencia temprana a dosis de 40 g i.a./ha y 35 g i.a./ha, respectivamente, sobre híbridos de maíz " Pionner 3168 ", " Pionner 3183 ", " Orizon 211 " y " Agripiro 570 ", registraron daño cuando se establecieron en zonas de temporal, y éste no fue evidente en los maíces establecidos bajo condiciones de riego. Asimismo, señalan que el daño fue mínimo y similar para ambos herbicidas.

Bailey y Kapusta ( 1993 ) aseveran que se registró un daño severo en soya al realizar una aplicación en postemergencia de nicosulfurón y primisulfurón equivalentes del 10 al 50% ( 3.5 a 17.4 y 4.0 a 20.2 g i.a./ha, respectivamente ) de las dosis totales a los 25 días de la emergencia del cultivo. Los síntomas que se presentaron fueron: reducción en la altura de las plantas de soya, clorosis foliar, enchinamiento y necrosis. Indican también que el daño fue mayor con primisulfurón que con nicosulfurón, al registrarse una reducción en la cosecha de hasta un 58% y un 75% de reducción en altura.

Ngouajio y Hagood ( 1993 ) llevaron a cabo un estudio para evaluar el control de maleza y el vigor de maíz var. " Southern States 565 ", y para determinar los efectos de la dosis de aplicación, época de aplicación y el efecto de otros herbicidas postemergentes sobre la actividad de primisulfurón. Encontraron que el daño sobre maíz al aplicar primisulfurón solo y en mezcla

con cyanazina, atrazina, cyanazina más tridifano, atrazina más tridifano, bentazona, 2,4-D, dicamba y paraquat, fue mínimo.

Bruce *et al.* ( 1993 ) indican que no se presentó daño alguno en maíces var. " Golden Harvest 2300 " y " Great Lakes 579 ", al aplicar nicosulfuron y primisulfuron a 27 días de la emergencia del cultivo, a las dosis de 35 g/ha y 20 g/ha. Se señala también que no se registró ningún daño al agregar coadyuvantes a ambos productos, pero sí se mejoró la eficacia de los mismos en el control de maleza.

En estudios de invernadero, Simarmata y Penner ( 1993 ) mencionan que no se presentó daño en maíz var. " Northrup King 9283 ", al aplicar primisulfurón a la dosis de 40 g i.a./ha más los protectantes oxabetrinil, flurazol, anhídrido naftálico, diclormid y R-29148, a excepción del CGA-133205, el cual mató al maíz. Asimismo, indican que con éstos productos se protegió al cultivo de la interacción con el insecticida terbufós y al aplicar metolaclor en preemergencia.

Por su parte Green y Ulrich ( 1993 ) llevaron a cabo estudios de invernadero para caracterizar la respuesta varietal de tres herbicidas sulfonilureas: nicosulfurón, primisulfurón y thifensulfurón, e indican que la mayoría de las 94 variedades evaluadas fueron altamente tolerantes a estos herbicidas. Los análisis de respuesta a las dosis mostraron que las variedades pueden diferir en más de 40,000 veces en sensibilidad.

Nandula *et al.* ( 1995 ) mencionan que no se presentó daño al aplicar primisulfurón y nicosulfurón sobre maíces var. " Pionner 3527 " establecido en cero labranza a las dosis de 0.036 kg/ha y 0.040 kg/ha, respectivamente, y que la eficacia de ambas moléculas se vio incrementada por la adición de adyuvantes.

#### **2.1.7. Efectividad en maleza**

De acuerdo con Anónimo ( 1989 ) se especifica que primisulfurón puede ser aplicado a dosis entre 10 y 40 g i.a./ha sólo, dependiendo de las especies que se desee controlar. Para el control de la mayoría de los zacates y especies dicotiledóneas, las dosis pueden variar de 20 a 40 g i.a./ha. De ser necesario, se puede llevar a cabo una aplicación dividida de primisulfurón, ya sea para reducir el potencial de daño al maíz, ó para controlar los rebrotes que se pueden presentar bajo condiciones deficientes de crecimiento del cultivo. Además, si se desea un control más amplio de maleza, primisulfurón puede mezclarse con productos que controlen maleza de hoja ancha, permitiendo una reducción en la dosis de aplicación del producto acompañante y proporcionando un control más residual de varias especies de maleza.

En un estudio realizado para evaluar la eficacia de CGA-136872 (primisulfurón) en el control postemergente de zacate johnson en maíz, Foy y Witt ( 1990 ) indican que al aplicar el herbicida a las dosis de 20 y 40 g i.a./ha, se obtuvieron controles de hasta 97% sobre plantas de

zacate johnson que contaban con una altura mayor de 48 cm, a las siete semanas después de la aplicación, en maíz establecido en labranza convencional.

Por su parte, Camacho *et al.* ( 1991 ) en estudios de invernadero conducidos para evaluar la efectividad de primisulfurón y nicosulfurón para el control de zacate johnson proveniente de rizoma, señalan un comportamiento similar para ambos productos, aplicados a la dosis de 40 g i.a./ha, sobre plantas que promediaban 40 cm de altura. En campo, al realizar aplicaciones divididas (50:50 ) de estos productos a dosis de 40 g i.a./ha de primisulfurón y 35 g i.a./ha de nicosulfurón, se obtuvieron porcentajes de control muy consistentes ( 84-96%) para ambos productos.

Camacho y Moshier ( 1991 ) llevaron a cabo un estudio en invernadero para determinar la influencia de la etapa de crecimiento de plantas de zacate johnson provenientes de rizoma sobre la actividad de CGA-136872 (primisulfurón), DPX-V9369 (nicosulfurón) y glifosato, a dosis de 40, 40 y 1680 g i.a./ha, respectivamente. Señalan que primisulfurón y nicosulfurón produjeron daños 1 semana después que glifosato, en ambas etapas de crecimiento: temprana (3-4 hojas) y tardía (6-8 hojas). Asimismo, indican que primisulfurón redujo efectivamente los rebrotes al ser aplicado en la etapa temprana, pero no cuando se aplicó en la etapa tardía.

Ngouajio y Hagood ( 1993 ) aseveran que en experimentos de campo donde se determinaron los efectos de la dosis de aplicación, época de aplicación y mezcla de primisulfurón

con otros herbicidas postemergentes, indican que primisulfurón sólo, a dosis de 20, 30 y 40 g/ha, mostró una alta actividad sobre zacate johnson, particularmente con aplicaciones en postemergencia temprana y postemergencia intermedia. Sin embargo, estos tratamientos no proporcionaron un control por toda la temporada de esta especie debido al rebrote de rizomas y a la continua germinación de nuevas semillas. Primisulfurón controló eficazmente a *Setaria faberi* con plantas promediando <5 cm de altura, pero no al aplicarlo en etapas posteriores. El control de *Chenopodium album* y *Amaranthus retroflexus* fue más efectivo con aplicaciones en etapa tempranas. El control de estas dos especies se vio incrementado al aplicar primisulfurón (30 g/ha) en mezcla con atrazina, cyanazina, cyanazina más tridifano, atrazina más tridifano, bentazona, 2,4-D, dicamba ó paraquat, que al aplicar primisulfurón sólo. El control de zacate johnson disminuyó al mezclar primisulfurón con paraquat ó 2,4-D, así como el control de *Setaria faberi* disminuyó al mezclar primisulfurón con 2,4-D ó dicamba.

Gillespie y Vitolo ( 1993 ) afirman que biotipos de *Elytrigia repens* colectados de 15 localidades exhibieron una respuesta diferencial hacia primisulfurón a 20 g/ha en experimentos de campo en Hudson, Nueva York, durante 1990 y 1991. El control de esta especie promedió de 23 a 100% a 77 días después de la aplicación ( DDA ) en 1990 y de 38 a 100% a 88 DDA en 1991. La respuesta diferencial de los biotipos de *E. repens* provenientes de cinco localidades fue confirmada en experimentos en invernadero. Estos investigadores indican que es muy importante aplicar primisulfurón a dosis de 40 g/ha para el control de esta especie en el campo debido a la respuesta diferencial de biotipos a dosis bajas de éste herbicida.

Bruce *et al.* ( 1993 ) aseveran que en estudios de invernadero, al aplicar nicosulfurón y primisulfurón a dosis de 35 g i.a./ha y 20 g i.a./ha, respectivamente, y añadiendo un adyuvante de aceite de petróleo más nitrato de urea-amonio líquido, se obtuvo un incremento de 76-89% en el control de *Elytrigia repens* que al aplicar ó añadir solamente el adyuvante de petróleo. El control de esta especie se redujo al mezclar atrazina con primisulfurón más el adyuvante de petróleo. Por lo que afirman que el adicionar atrazina no reduce la absorción de primisulfurón, pero la traslocación hacia las zonas meristemáticas se ve disminuida en la presencia de esa triazina en *Setaria faberi* y *Elytrigia repens*.

Morton y Harvey ( 1994 ) mencionan la aplicación de primisulfurón a dosis de 20 y 40 g/ha más un surfactante no iónico, un concentrado de aceite y con o sin nitrógeno al 28%. El control de *Setaria faberi* a tres semanas después del tratamiento no se vio afectado por las dosis de primisulfurón ó por los adyuvantes. Al adicionar nitrógeno al 28% hubo una tendencia a incrementar el control de *Elytrigia repens* con primisulfurón más el surfactante no iónico ó el concentrado de aceite. Por otra parte, primisulfurón causó un mayor daño a ambas especies en un ambiente frío-húmedo que en un ambiente caliente-seco, por lo que también recomiendan usar primisulfurón a dosis de 40 g/ha para mejorar el control de zacates en ambientes calientes y secos.

Nandula *et al.* ( 1995 ) indican la evaluación de la eficacia de primisulfurón y nicosulfurón para el control de *Muhlenbergia frondosa* en combinación con diferentes adyuvantes en invernadero y en maíz sembrado en no labranza. En invernadero, el

comportamiento de primisulfurón y nicosulfurón fue similar, aunque se presentaron pequeñas diferencias entre adjuvantes y herbicidas. En el campo, el cambio de adjuvante influyó de mayor manera el comportamiento de nicosulfurón con respecto al de primisulfurón. Nicosulfurón se aplicó a dosis de 0.036 kg i.a./ha y primisulfurón a 0.040 kg i.a./ha, sobre plantas con 25-35 cm de altura. Señalan también que entre los adjuvantes, el concentrado de aceite vegetal fue el mejor, mientras que el surfactante no iónico fue el menos efectivo con ambos herbicidas.

Asimismo se indica que en el caso de aplicaciones divididas, la primera aplicación, no debe retardarse demasiado considerando la necesidad de hacer la segunda aplicación en la etapa de 8 hojas verdaderas del maíz. Es así, que para lograr el control de especies como *Sorghum bicolor*, *Panicum dichotomiflorum* y *Setaria faberi*, primisulfurón debe aplicarse cuando estas especies presentes una altura de aproximadamente 4 cm. Por otro lado, si la aplicación se hace tardíamente y no se obtiene un buen control, se recomienda que primisulfurón debe ser precedido por un tratamiento preemergente de un graminicida como metolaclor. Esta recomendación se hace también cuando otras malezas que no son controladas por primisulfurón están presentes (Anónimo, 1989).

Para el control de especies perennes como *Calystegia*, *Convolvulus* o *Cirsium*, primisulfurón debe aplicarse a dosis de 20 a 40 g i.a./ha. Se puede presentar rebrote de estas especies bajo condiciones similares a las mencionadas para los zacates perennes. Para solucionar este problema, se han evaluado dos posibles alternativas. Primero, una segunda aplicación de primisulfurón ha probado ser efectiva para el control de nuevos rebrotes. Segundo, la aplicación

inicial puede hacerse en combinación con un herbicida para hoja ancha a dosis bajas ( Anónimo, 1989 ).

La misma fuente sugiere como productos acompañantes para primisulfurón a bromoxynil, dicamba y 2,4-D, entre otros. Cuando el objetivo es controlar maleza de hoja ancha, una buena opción la constituye dicamba, debido a su buen comportamiento sobre malezas perennes. Otros herbicidas que pueden combinarse con primisulfurón son atrazina y cyanazina.

### **2.1.8. Método de aplicación, aditivos y volumen de aspersión**

Generalmente, primisulfurón es usado en aplicación total por encima de las plantas de maíz y de las malezas. En etapas posteriores de crecimiento puede aplicarse en forma dirigida. Para incrementar la eficacia en contra de malezas menos susceptibles y para acelerar contra todas las malezas presentes, es necesario la adición de un agente humectante no iónico. Para obtener un control satisfactorio de la maleza, la concentración de este aditivo no debe ser menor de 0.1 % v/v ( Anónimo, 1989 ).

Se señala también que los mejores resultados se han obtenido con volúmenes de aspersión de 200-400 l/ha. Para aplicaciones terrestres, debe utilizarse un mínimo de 150 litros de agua/ha. Los volúmenes altos de 300 l de agua/ha deben usarse cuando se presentan infestaciones severas y de esta manera poder asegurar una adecuada cobertura. En aplicación aérea, primisulfurón se aplica con un mínimo de 50 l de agua/ha, y se debe de adicionar un surfactante

no iónico a una proporción de 0.25 % v/v, o bien, un aceite el cual no debe exceder los 2 lt/ha. Para reducir el riesgo por deriva, se debe aplicar primisulfurón a un máximo de 3 metros sobre el cultivo de maíz y con una presión máxima de 40 PSI y una velocidad máxima del viento de 4 metros/segundo. Los mejores niveles de control y de tolerancia se han registrado con patrones de aspersión de medios a amplios, por ejemplo, usando boquillas 8003 de abanico plano ( Anónimo, 1989 ).

### **2.1.9. Persistencia de herbicidas**

Los principales procesos que determinan el destino de un herbicida cuando llega al suelo son adsorción, movimiento y degradación. Estos procesos están íntimamente ligados y son difíciles de separar, por lo que la persona que haga uso de un herbicida debe, por lo menos, tener un entendimiento general de cómo estos procesos afectan a dichos productos para que pueda determinar qué cantidad de herbicida aplicar, qué tan lejos se moverá del sitio de aplicación y qué tanto tiempo podrá persistir en el suelo (Ross y Lembi, 1985).

La persistencia de un herbicida es una medida del tiempo en que el producto utilizado a la dosis recomendada permanece en el suelo tratado y causa daño a cultivos susceptibles que se establecen en rotación con el cultivo tratado. Los factores que afectan la degradación de herbicidas invariablemente afectan su persistencia directa ó indirectamente ( Akobundu, 1987 ).

García y Fernández-Quintanilla ( 1990 ) mencionan que desde un punto de vista de eficacia, es conveniente que los herbicidas persistan lo suficiente para controlar las malezas en todo el ciclo del cultivo, si bien no debieran persistir excesivamente como para dañar al cultivo que sigue en la rotación. Por otra parte, desde un punto de vista ambiental es, asimismo, importante conocer la degradación previa del herbicida ó por el contrario su posible acumulación en capas profundas del suelo, aguas subterráneas, lagos, etcétera, y su persistencia en dichos medios.

Audus ( 1979 ) asevera que dentro del contexto de la acción herbicida en el control de malezas, existe la posibilidad de que el ó los herbicidas permanezcan por largos períodos en el suelo, pudiendo dañar y reducir la producción de cultivos sensibles en rotación. El conocimiento de la relación entre la estructura química y el comportamiento en el suelo de los herbicidas es de gran valor en el desarrollo de nuevas moléculas para su uso en cultivos, suelos y situaciones específicas de control. Por lo que, mientras algunos herbicidas pueden desaparecer completamente en el transcurso de una semana, otros pueden permanecer en concentraciones consideradas tóxicas después de un período de uno o más años.

El mismo autor señala que la persistencia de los herbicidas en el suelo está influenciada por diversos factores, entre los que se encuentran la textura del suelo, el pH del suelo, la temperatura y humedad del suelo, la formulación utilizada, la absorción por las plantas, lixiviación, fotodescomposición, el contenido de materia orgánica del suelo, las labores de cultivo y en gran porcentaje por la degradación microbiana.

## 2.1.9.1. Métodos para la detección de residuos de sulfonilureas en suelos

### 2.1.9.1.1. Métodos analíticos

Stalder y Pestemer ( 1980 ) señala que las bajas dosis de aplicación de los herbicidas sulfonilureas hacen difícil su análisis químico, ya que se requiere de métodos de detección extremadamente sensibles y selectivos.

Un método de análisis es mediante cromatografía líquida de alta resolución con detección de fotoconductividad. Mientras que la especificidad de esta técnica ha probado ser suficiente, necesita ser operada a una máxima sensibilidad para registrar la determinación de un nivel bajo. Esta técnica requiere de una labor de limpieza muy tediosa ( Gunther *et al.*, 1989 ).

Los métodos de cromatografía de gases han probado ser inadecuados debido a la inestabilidad térmica y a la baja volatilidad de las sulfonilureas. La espectrometría de masas se ha utilizado para la confirmación estructural e identificación de sulfonilureas; esta técnica es útil para determinar qué metabolitos están presentes en plantas, suelos y tejidos animales (Anónimo, s/f).

#### 2.1.9.1.2. Inmunoensayos

Existe una técnica de ELISA. Los límites de detección son comparables con los bioensayos que utilizan raíces de maíz y con las técnicas de cromatografía líquida. Aunque la ELISA es relativamente específica, la identificación positiva es posible solamente usando técnicas analíticas complementarias. Una desventaja de esta técnica puede ser el hecho de que no detecta los productos de degradación primaria de algunas sulfonilureas, y esto representa un problema cuando tales productos resultan ser fitotóxicos ( Anónimo, s/f).

#### 2.1.9.1.3. Bioensayos

La falta de un método químico de ensayo efectivo de suficiente sensibilidad para la determinación de residuos de herbicidas sulfonilureas en el suelo ha conducido a la extensión de las técnicas de bioensayo. Los bioensayos tienen la ventaja de que se puede tomar una muestra grande y al mismo tiempo proporcionan una sensibilidad relativamente alta. Además, los bioensayos presentan la ventaja de que reflejan al herbicida que se encuentra presente en la planta y por lo tanto en el suelo y no requiere de ningún proceso de extracción (James *et al.*, 1995).

Los bioensayos de campo deben conducirse sobre lotes previamente tratados con sulfonilureas, en localidades donde las condiciones del suelo y clima restrinjan su

descomposición, para de esta manera determinar qué cultivo en rotación se puede establecer en ese lugar ( Pestemer *et al.* 1980 ).

Gunther *et al.* ( 1989 ) aseveran que se han utilizado varios bioensayos de laboratorio y de invernadero para estudiar el comportamiento de herbicidas sulfonilureas, particularmente de clorsulfurón, y afirman también que algunos de ellos no son lo suficientemente sensibles para compuestos como DPX-M6316 el cual tiene baja actividad a través del suelo y se descompone rápidamente, y algunos procedimientos consumen demasiado tiempo, mientras que otros necesitan condiciones de operación muy precisas.

Por su parte, Gunther *et al.* ( 1989 ) diseñaron un procedimiento de bioensayo para la determinación cuantitativa de herbicidas sulfonilureas, y señalan que *Brassica rapa* resultó ser la mejor especie indicadora de diez utilizadas, proporcionando resultados en un intervalo de 10 días.

Sunderland *et al.* ( 1991 ) mencionan la determinación de la concentración de tres herbicidas sulfonilureas mediante un procedimiento de bioensayo en caja de petri. El método incluyó la siembra de semillas pregerminadas de especies escogidas en cajas de petri conteniendo de 65 a 100 gm de suelo tratado y midiendo la longitud de las radículas después de 24 horas. Este procedimiento probó ser rápido y además lo suficientemente sensible para estimar la concentración de ésta clase de herbicidas.

### 2.1.9.2. Degradación de sulfonilureas

La degradación en el suelo de los herbicidas sulfonilureas, clase a la que pertenecen primisulfurón y nicosulfurón consiste principalmente en la hidrólisis química y descomposición microbiana; la fotólisis y volatilización carecen de importancia. Los factores que influyen la disipación de estos productos son temperatura, pH, textura del suelo y contenido de materia orgánica. La movilidad en el suelo aumenta al incrementarse el pH y al disminuir el contenido de materia orgánica. La descomposición microbiana es predominante en suelos alcalinos, es así como ciertos grupos de actinomicetos y bacterias son capaces de metabolizar a las sulfonilureas (Anónimo,1990).

Los diversos mecanismos de degradación se combinan en el campo para otorgar a la clase de las sulfonilureas vidas medias de disipación en el campo de cerca de 1-8 semanas, dependiendo del compuesto, del pH del suelo y temperatura. En suelos alcalinos, donde la hidrólisis química es mínima, un 1-20 % del herbicida aplicado puede persistir lo suficiente para dañar ciertos cultivos rotacionales. Este efecto es exacerbado con sulfonilureas como clorsulfurón, donde algunos cultivos rotacionales (p.e.remolacha) son demasiado sensibles, de modo que un 99.5 % del herbicida aplicado debe degradarse para evitar daños al cultivo que se establece en rotación con cereales ( Brown, 1989 ).

### 2.1.9.3. Persistencia de sulfonilureas

Stahlman ( 1987 ) señala que en un experimento donde se utilizó *Sorghum bicolor* cv. Dekalb DK 46, éste resultó dañado por el herbicida metsulfurón a dosis de 12 a 26 g/ha, sin embargo ningún tratamiento redujo el establecimiento del cultivo durante los tres años que duró el experimento. El daño aumentó al incrementar la dosis, sin embargo, la producción de grano no se vio afectada.

Wiese *et al.* ( 1988 ) mencionan la evaluación de la persistencia de clorsulfurón y de otros herbicidas sulfonilureas medida mediante el daño en sorgo, determinándola sobre un suelo arcilloso con un pH de 6.5 a 8.0 en una rotación de tres años de trigo de invierno-sorgo-barbecho. A medida que el pH aumentó de 6.5 a 8.0, la persistencia de clorsulfurón se incrementó notablemente. Con un pH del suelo de 6.5, clorsulfurón a 34 g i.a./ha aplicado sobre trigo no dañó al sorgo sembrado 16 meses después. Cuando el pH fue de 7.5 o más, clorsulfurón persistió y dañó al sorgo sembrado dentro de 25 meses después de la aplicación. Cuatro aplicaciones anuales de clorsulfurón a 71 g/ha no se acumularon cuando el pH del suelo fue de 6.5.

Ryang *et al.* ( 1989 ) y Gómez de Barreda *et al.* ( 1993 ) afirman que bensulfurón, una sulfonilurea selectiva para arroz, no representa problemas de persistencia al establecer tomate en rotación, incluso se ha encontrado que presenta cierta selectividad para algunas solanáceas.

Mencionan también que la concentración de bensulfurón en arroz disminuye rápidamente después de cuatro días del tratamiento con el herbicida.

Sunderland *et al.* ( 1991 ) indican la observación de daño foliar del orden del 17% en cacahuete al aplicar clorimuron a dosis de 4.4 y 8.8 g i.a./ha, no reflejándose en el rendimiento. Sin embargo, cuando se presentan disminuciones en rendimiento es debido a aplicaciones muy tempranas y a sobredosis del producto. Mencionan también que clorimurón puede mezclarse con 2,4-DB, disminuyendo de ésta manera el daño al cultivo.

Green y Ulrich ( 1993 ) aseveran que thifensulfurón-metil presenta poca persistencia, ya que de manera general es metabolizado rápidamente por los cultivos en que se utiliza ( trigo, maíz y soya ). Por otro lado, la baja actividad enzimática del herbicida se traduce en la tolerancia por parte de los cultivos que podrían llegar a ser afectados. Su uso en híbridos de maíz ha sido muy seguro ya que éstos son muy tolerantes a su aplicación.

Moyer ( 1995 ) menciona la aplicación de cinco herbicidas sulfonilureas a un suelo con un pH de 8.0 y 2% de materia orgánica en campo, para determinar sus efectos residuales sobre cultivos subsiguientes. Bajo condiciones de riego, triasulfurón a 22 g/ha redujo el crecimiento de alfalfa, canola, maíz, lenteja, chícharo, papa y remolacha al año después de su aplicación pero no causó daño alguno después de dos años. Por otro lado, triasulfurón y metsulfurón a dosis de 6 g/ha no dañaron a cebada, canola, maíz, frijol, lino, chícharo, papa y trigo a un año después del tratamiento.

Moyer ( 1995 ) señala que tribenurón en el oeste de Canadá, se utiliza a dosis de < 10 g/ha, por lo que resulta improbable que se presenten problemas de persistencia después de su aplicación; de la misma manera, debido a su vida media calculada en una semana, se recomienda no emplearlo para el control preemergente de maleza en sistemas de mínima labranza ó de labranza convencional.

#### 2.1.9.4. Comportamiento en el suelo de primisulfurón

##### 2.1.9.4.1. Degradación

Dentro del grupo de los herbicidas sulfonilureas, se puede observar un amplio rango de patrones de degradación, los cuales están basados en su estructura química. A medida que el contenido de humedad y la temperatura se incrementa, el rango de degradación de primisulfurón también se ve aumentado. Pruebas de campo con primisulfurón radiomarcado en cinco localidades de Estados Unidos ha proporcionado valores de vidas medias entre 3.9 y 13.3 días, los cuales han sido los más bajos obtenidos hasta la fecha ( Anónimo, 1989 ).

##### 2.1.9.4.2. Lixiviación

Estudios de campo conducidos en Estados Unidos con primisulfurón irradiado, han demostrado que presenta poca lixiviación, aún cuando es aplicado a dosis exageradamente

elevadas. Estos estudios, conducidos en varias localidades, no detectaron al compuesto a una profundidad por debajo de 7.5 cm, en base a los límites de detección utilizados. Por lo que al conjuntarse dosis bajas de aplicación normalmente utilizadas y la rápida degradación registrada, pueden servir para minimizar el riesgo de lixiviación de primisulfurón ( Anónimo, 1989 ).

#### 2.1.9.5. Persistencia de primisulfurón

Rahman *et al.* ( 1990 ) en estudios de invernadero, utilizando un suelo areno-arcilloso colectado de campos sembrados con maíz cv. Pioneer 3709, establecieron las curvas estándar de respuesta de *Sinapsis alba*, *Lolium multiflorum*, *Trifolium subterraneum*, raíces de remolacha, lentejas y rábanos a primisulfurón a dosis de 0-50 g/ha. Los residuos de las aplicaciones de 20 y 40 g/ha se dispersaron en un lapso de dos y tres meses respectivamente, utilizando un bioensayo con *S. alba*. Después de la aplicación de 80 g/ha, los residuos persistieron por más de cuatro meses. Los resultados de otros bioensayos no mostraron alguna cantidad detectable de actividad residual del herbicida.

Johnson *et al.* ( 1993 ) indican la realización de un estudio para evaluar el daño producido por nicosulfurón, primisulfurón, imazetapyr y DPX-PE350 hacia algodón, maíz, sorgo, arroz y soya, a diferentes intervalos posteriores a la aplicación de los herbicidas. Ellos encontraron que primisulfurón presentó daño sobre maíz a las dos semanas después de la aplicación ( SDA ). Asimismo, sorgo y arroz fueron los más susceptibles, presentando daños a las

2 y 4 SDA, respectivamente. El daño hacia algodón fue menor que el daño hacia sorgo y arroz, pero estuvo presente a las 2 SDA.

James *et al.* ( 1995 ) mencionan la determinación de la degradación en suelo de dos herbicidas sulfonilureas, primisulfurón y metsulfurón, bajo condiciones controladas usando un ensayo químico de reciente desarrollo, y bajo condiciones de campo. Los resultados del ensayo químico fueron comparados con los de los bioensayos, con el fin de determinar la persistencia en el campo sobre sorgo y mostaza blanca ( *Sinapsis alba* L. ). Aseveran que ambos herbicidas se degradaron rápidamente en un suelo de Nueva Zelanda utilizado en su estudio, el cual presentó un pH de 5.7 y 7.3% de materia orgánica. Primisulfurón y metsulfurón mostraron vidas medias de 8-36 días en experimentos bajo condiciones controladas, donde la temperatura ejerció el mayor efecto. La persistencia en el campo fue más corta que en el experimento bajo condiciones controladas.

Novosel *et al.* ( 1995 ) señalan estudios de campo para medir la respuesta de remolacha a uno y dos años después de la aplicación de 70 y 140 g/ha de nicosulfurón y 40 y 80 g/ha de primisulfurón en maíz. Señalan que no se presentó ningún daño visible sobre remolacha a la dosis máxima de uso (70 g/ha) de nicosulfurón y menos de 10% de daño fue visible al doblar la dosis máxima de uso (140 g/ha) de nicosulfurón. No se presentó pérdida en rendimiento ó de calidad de sucrosa con cualquier tratamiento de nicosulfurón para cada año. En contraste, las plantas de remolacha en parcelas donde se aplicó la dosis estándar de primisulfurón (40 g/ha) exhibieron de 59 a 66% de daño y a la dosis de 80 g/ha mostraron de 73 a 90% de daño a un año después de la

aplicación. A dos años después de la aplicación, se registró de 12 a 16% de daño visible como respuesta a la aplicación de 80 g/ha de primisulfurón, pero el rendimiento y calidad de la remolacha no se vieron afectados.

## 2.2. Nicosulfurón

### 2.2.1. Origen

En el año de 1988 se iniciaron las investigaciones con el producto nicosulfurón, codificado como DPX-V9360, el cual fué un herbicida experimental descubierto en los laboratorios de Du Pont de Nemours, en Delaware, E.U.A. Sus descubridores indicaban que esta nueva molécula proporcionaba un excelente control sobre zacates anuales y perennes difíciles como *Sorghum halepense*, *Sorghum bicolor*, *Agropyron repens*, *Echinochloa cruss-galli*, *Panicum dichotomiflorum*, *Setaria viridis*, entre otros. Por otro lado, entre las especies dicotiledóneas que se mencionan son controladas por el producto se citan a *Xanthium strumarium*, *Polygonum persicaria*, *Amaranthus* spp., *Bidens pilosa*, *Solanum* spp., *Portulaca oleracea*, entre otras ( Anónimo, 1990 ).

Fue a partir de 1990 cuando se intensificó la investigación con nicosulfurón en diversos países de todo el mundo, principalmente en Estados Unidos, Argentina, la República de Sudáfrica, etc. Para citar un ejemplo, Foy y Witt (1990 ) trabajaron con nicosulfurón y primisulfurón para evaluar su eficacia en el control de *Sorghum halepense* proveniente de

semilla y de rizoma en el estado de Virginia, USA. Estas investigaciones se unieron a más de 50 estudios en Estados Unidos, los cuales se realizaron para evaluar el espectro de control de maleza de nicosulfurón.

Otras investigaciones preliminares indican que nicosulfurón aplicado a dosis de 18 a 70 g i.a./ha proporcionó un control del orden del 80% sobre aproximadamente 27 especies de maleza. Se indica también que mostró una excelente seguridad de uso en el cultivo de maíz. Además, se afirma que presentó muy poca actividad en el suelo utilizándolo a las dosis indicadas (Obrigawitch *et al.*, 1990).

Por último, a fines del año de 1990 fue introducido al mercado el herbicida nicosulfurón, con el nombre de Accent, formulado como gránulos dispersables en agua, conteniendo 75 gramos de ingrediente activo (nicosulfurón) por cada 100 gramos de producto comercial; asimismo, se presentan todas las especificaciones sobre control de maleza y comportamiento en el suelo (Anónimo, 1990).

### **2.2.2. Propiedades químicas y físicas**

#### **Ingrediente activo**

Nombre común : nicosulfurón

Nombre químico (IUPAC) : 2-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-ylcarbamoylsulfa-moyl)-  
N,N-dimethylnicotinamide.

Clase química	:	sulfonilurea
Fórmula empírica	:	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub> S
Estado físico	:	sólido blanco sin olor
Punto de evaporación	:	169 - 172° C
Peso específico	:	1.196 (20° C/20° C)
Solubilidad en agua	:	0.059 g/l (20°C)

### 2.2.3. Absorción

Nicosulfurón es rápidamente absorbido por el follaje y en menor grado por las raíces de las plantas, siendo luego traslocado por el xilema y floema hacia las zonas de crecimiento. Las plantas susceptibles detienen su crecimiento rápidamente después de la aplicación de nicosulfurón ( Anónimo, s/f ). La proporción de cada uno puede depender de la etapa de crecimiento de la planta y de las condiciones ambientales como humedad del suelo y temperatura. La absorción vía follaje es aumentada por la adición de un surfactante no iónico a la mezcla de aspersión. Nicosulfurón es completa y rápidamente traslocado en toda la planta, incluyendo estructuras como rizomas, lo cual explica su actividad en contra de malezas perennes. Para malezas gramíneas y dicotiledóneas de germinación posterior, el principal sitio de absorción es el sistema de raíces. La actividad del herbicida se ha mostrado que se reduce ocasionalmente cuando el compuesto ha sido aplicado hacia plantas sujetas a condiciones de estrés. Esto se supone que sucede debido a una absorción reducida del compuesto a través de las hojas bajo condiciones de

frío y humedad y a una reducida disponibilidad hacia las raíces bajo condiciones de sequía (Anónimo, 1990).

#### **2.2.4. Modo de acción - Sintomatología**

Nicosulfurón actúa deteniendo rápidamente el crecimiento de malezas susceptibles tratadas, mientras que síntomas más amplios de control toman de una a tres semanas para desarrollarse: detención del crecimiento, maleza con coloración purpúrea, necrosis y muerte total de la maleza. Al igual que otras sulfonilureas, nicosulfurón inhibe fuertemente la división celular en plantas mediante la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa, la cual cataliza el primer paso en la biosíntesis de la cadena ramificada de aminoácidos ( valina, leucina e isoleucina). La carencia de estos aminoácidos detiene inmediatamente la formación de nuevas células. Las plantas tratadas puede que sigan creciendo un poco debido a una extensión de las células existentes. La rapidez de la actividad depende principalmente de la etapa de crecimiento de la planta. Las etapas de crecimiento más jóvenes son generalmente más susceptibles y por lo tanto son controladas más rápidamente. Nicosulfurón penetra en un 95% dentro de las plantas en un lapso de 2 horas, iniciando su efecto herbicida de manera inmediata ( Anónimo, 1990; Anónimo, 1993 ).

### 2.2.5. Tolerancia por los cultivos

De acuerdo a lo indicado por Anónimo ( 1993 ) nicosulfurón puede causar un ligero amarillamiento en el cogollo del cultivo de maíz, así como un ligero retraso en el crecimiento del mismo; esto se ve influenciado por la variedad de maíz utilizada y por condiciones del medio ambiente. Estos efectos se ha mostrado que, generalmente, son superados por las plantas de maíz aproximadamente a los 15 días después de la aplicación del herbicida. Por otra parte, en México no se recomienda la mezcla ó aplicación simultánea de nicosulfurón con insecticidas organofosforados al follaje. En caso de ser necesaria esta práctica, se recomienda el empleo de un insecticida piretroide o un carbamato. El empleo de insecticidas organofosforados es posible hacerlo al momento de la siembra del cultivo o bien siete días antes ó después de la aplicación de nicosulfurón, para de esta manera evitar una posible interacción y daño al cultivo de maíz.

Stall y Bewick ( 1992 ) consignan la evaluación de la respuesta doce cultivares de maíz dulce (*Zea mays* L. var. rugosa Bonaf.) hacia nicosulfurón aplicado a dosis de 0, 18, 36 y 72 g i.a./ha, y señalan que de acuerdo al peso de mazorcas, sólo cinco cultivares fueron susceptibles al herbicida. Asimismo, indican que al incorporar en el suelo el insecticida terbufós antes de la siembra condujo a una disminución en rendimiento cuando nicosulfurón fué aplicado a la dosis de 36 g/ha en todos los cultivares.

Green y Ulrich ( 1993 ) mencionan la realización de estudios en campo e invernadero para caracterizar la respuesta varietal en maíz de nicosulfurón, primisulfurón y thifensulfurón, aplicados a dosis de 70, 80 y 9 g/ha, respectivamente, y afirman que la mayoría de las 94 variedades evaluadas fueron altamente tolerantes a estos herbicidas. Nicosulfurón presentó el más amplio margen de seguridad y la menor cantidad de variedades sensibles.

Robinson *et al.* ( 1993 ) señalan estudios con las variedades de maíz dulce " Silver Xtra Sweet ", " How Sweet It Is ", " Zenith " y " Sweet 76 ", para evaluar su respuesta a nicosulfurón aplicado a dosis de 0, 35 y 70 g/ha en la etapa de 5-6 ó 7-8 hojas verdaderas. Nicosulfurón a 35 g/ha causó de 60 a 80% de daño sobre la var. " Silver Xtra Sweet ". Las variedades " How Sweet It Is " y " Zenith " fueron moderadamente tolerantes ( <20% de daño visible ) y " Sweetie 76 " fué la más tolerante (10% de daño visible). Mencionan también que todos los cultivares fueron más tolerantes cuando nicosulfurón se aplicó en la etapa de siete a ocho hojas que en la de cinco a seis hojas.

Gubbiga *et al.* ( 1995 ) indican la conducción de experimentos de campo en dos localidades de Carolina del Norte, E.U.A., e indican que nicosulfurón no provocó un daño significativo sobre la altura de planta y peso seco de híbridos de maíz Dekalb 689 y Pioneer 3140, al ser aplicado a las dosis de 35 g i.a./ha, a las cuatro semanas después de la aplicación. Afirman también que ambos híbridos se recuperaron totalmente del daño inicial ( clorosis en el cogollo ) provocado por el herbicida.

Littlefield *et al.* ( 1995 ) consignan experimentos de campo para investigar el efecto de la época de aplicación de nicosulfurón solo a 36 g i.a./ha, y en mezcla con acifluorfen, bentazona, chlorimuron, clorotalonil, fluazifop-butyl, imazetapyr, lactofén y piridato, sobre cacahuate var. "Sunrunner " a 5, 7 y 9 semanas después de la siembra. Señalan que el daño aumentó cuando nicosulfurón se aplicó con chlorimurón, piridato ó imazetapyr, que cuando se aplicó sólo. Contrariamente, nicosulfuron resultó menos fitotóxico al ser aplicado con acifluorfen-ó lactofen, que cuando se aplicó solo. Además, señalan que la fitotoxicidad de nicosulfurón en cacahuate no se vió influenciada por la adición de bentazona, clorotalonil ó fluazifop-butyl. Asimismo, reportan que la tolerancia de cacahuate hacia nicosulfurón se incrementó con el tiempo.

Nalewaja *et al.* ( 1991 ) aseveran que al aplicar nicosulfurón a dosis de 0, 65, 128 y 256 g/ha no se provocaron daños sobre el híbrido de maíz " Pioneer 3737 ", en la etapa de 2 a 3 hojas verdaderas. Indican también que no se presentó daño alguno sobre el maíz al adicionar surfactantes a nicosulfurón, aún a la dosis de 256 g/ha.

Dobbels y Kapusta ( 1993 ) señalan que el rendimiento de maíz fué menor al aplicar nicosulfurón solo a dosis de 24 y 35 g/ha, que al adicionar 2,4-D, dicamba, bromoxynil, bentazona ó atrazina, ó aplicado con premezclas de bentazona, bromoxynil y dicamba más atrazina. Mencionan que esto se debió al reducido efecto sobre la maleza con nicosulfurón, en comparación al control obtenido con los herbicidas adicionados.

Bailey y Kapusta ( 1993 ) afirman que se registró un daño severo en soya al realizar una aplicación de nicosulfurón y primisulfurón al 10 y 50% ( 3.5 a 17.4 y 4.0 a 20.2 g i.a./ha, respectivamente ) de las dosis totales recomendadas comercialmente, a los 25 días de la emergencia del cultivo. Los síntomas que se presentaron en soya fueron: reducción en altura, clorosis foliar, enchinamiento y necrosis. Además, afirman que el daño fué mayor con primisulfurón que con nicosulfurón, al registrarse una reducción en la cosecha de hasta un 58% y 75% de reducción en altura de planta al aplicar el primero.

Rahman y James ( 1993 ) condujeron experimentos en campo para determinar los efectos producidos por la interacción entre cuatro insecticidas organofosforados aplicados al suelo y nicosulfurón aplicado en postemergencia, en maíz. Afirman que nicosulfurón ejerció un daño sobre el maíz cuando se sembró con terbufós, forato o fonofós, sin embargo, a pesar del daño severo de más de 50% registrado en algunas combinaciones de terbufós, todas las plantas se recuperaron totalmente a las cuatro semanas después del tratamiento, y ninguno de éstos provocó efectos en el rendimiento ó en la maduración del maíz " Pioneer 3709 ". Afirman también que no se presentaron daños al maíz cuando se sembró con el insecticida clorpirifós.

Morton *et al.* ( 1993 ) en experimentos de campo llevados a cabo en Michigan, Minnesota y Wisconsin, USA, para explorar las interacciones entre nicosulfurón aplicado en postemergencia y el insecticida terbufós aplicado a dosis de 0.06 ó 0.11 g i.a./ha sobre maíz "Pioneer 3751" y maíz dulce "Jubilee ". La respuesta del maíz " Pioneer 3751 " hacia nicosulfurón y terbufós fué similar en todas las localidades, mientras que el daño al maíz dulce fué

diferente en cada localidad. Nicosulfurón causó un daño mayor al maíz "Pioneer 3751" cuando se aplicó en la etapa de cuatro hojas que en la de tres hojas. Asimismo, aseveran que el daño a ambos tipos de maíz fué mayor a medida que se incrementó la dosis de nicosulfurón o cuando se aplicó después de terbufós.

Glenn y Anderson ( 1993 ) indican que no se presentó daño alguno sobre maíz " Pioneer 3352 " luego de aplicar nicosulfurón a dosis de 31-62 g/ha, nicosulfurón más 2,4-D, y nicosulfurón más dicamba a los 30 días después del tratamiento. Por otra parte, los tratamientos a base de triclopyr más 2,4-D provocaron un 25% de daño sobre el cultivo de maíz establecido en cero labranza.

Foy y Witt ( 1990 ) establecieron ensayos en campo en donde aplicaron nicosulfurón en dosis de 35, 52 y 69 g/ha, sobre maíz var. " Southern States 565 y 737 " y " Jakes 8210 " en la etapa de 6-8 hojas verdaderas. Ellos indican que se presentó un mayor daño en maíz establecido en cero labranza, que en aquél establecido bajo labranza convencional. Señalan también, que el mejor control de maleza se registró al aplicar nicosulfurón cuando el cultivo se encontraba en la etapa de ocho hojas verdaderas.

Nandula *et al.* ( 1995 ) señalan que no se observaron daños después de aplicar nicosulfurón y primisulfurón sobre maíz var. " Pioneer 3527 " establecido en cero labranza a las dosis de 0.040 y 0.036 kg/ha, respectivamente; afirman que la eficacia de ambos productos se vió incrementada por la adición de adjuvantes.

Bruce *et al.* ( 1993 ) indican que no se registró daño en maíces var. "Golden Harvest 2300" y "Great Lakes 579", al aplicar nicosulfurón y primisulfurón a 27 días después de la siembra, a las dosis de 35 y 20 g/ha, respectivamente. De la misma manera, afirman que no se observó fitotoxicidad en maíz al agregar adjuvantes a ambos productos, pero sí se mejoró la eficacia de los mismos en el control de maleza.

Camacho *et al.* ( 1991 ) aseveran que en ensayos de campo, aplicaciones de primisulfurón y nicosulfurón en postemergencia temprana a dosis de 40 y 35 g i.a./ha respectivamente, sobre híbridos de maíz " Pioneer 3168 y 3183 ", " Orizon 211 " y " Agripiro 570 ", registraron daños cuando se establecieron en zonas de temporal, y dicho daño no fue evidente en los sitios donde el cultivo se estableció bajo condiciones de riego. Asimismo, señalan que el daño fue mínimo y similar para ambos herbicidas.

#### **2.2.6. Efectividad en maleza**

Nicosulfurón ofrece un control excelente de malezas pertenecientes al género *Sorghum*, a dosis de 40 g i.a./ha; dentro de este género destacan las especies: *Sorghum halepense*, *Sorghum bicolor* y *Sorghum almum*, éstas malezas son controladas por nicosulfurón tanto en el follaje como en el rizoma, como es el caso particular del zacate johnson. Otro género que es controlado por nicosulfurón es *Echinochloa*, como es el caso del zacate de agua *Echinochloa crus-galli*, y el zacate pinto *Echinochloa colonum*. Además ejerce control sobre otros géneros

de zacates como *Setaria*, *Panicum* e *Ixophorus*. Entre la maleza de hoja ancha que controla nicosulfurón se mencionan: *Amaranthus* spp., *Sycius angulatus*, *Rumex* spp., *Brassica nigra*, entre otros. Es importante señalar que nicosulfurón tiene un efecto nulo sobre especies como *Digitaria*, *Eleusine*, *Chenopodium*, *Helianthus*, *Convolvulus*, *Cynodon*, *Simsia* y *Cyperus*, por lo cual, no se recomienda su empleo cuando estén presentes, o bien se recomienda su uso en mezcla con otros herbicidas que permiten ampliar el espectro de control de nicosulfurón (Anónimo, 1993). La misma fuente recomienda la adición de un surfactante no iónico a la mezcla de aspersión, para incrementar la actividad herbicida de nicosulfurón.

Obrigawitch *et al.* ( 1990 ) condujeron estudios de campo, invernadero y laboratorio, para examinar el efecto de la época de aplicación sobre la actividad de nicosulfurón para el control de zacate johnson de rizoma (*Sorghum halepense*). Los ensayos de campo e invernadero señalan que las plantas tratadas con nicosulfurón en etapas tardías de crecimiento ( > 5 hojas ) fué controlado con mayor efectividad que cuando fué tratado en etapas tempranas (< 5 hojas). Indican además, que el control de zacate johnson se optimizó con aplicaciones divididas (tratamientos aplicados en etapas tempranas y tardías) en los estudios de campo comparado con aplicaciones únicas , ya sea que se hayan hecho en la etapa temprana ó tardía.

Por su parte, Foy y Witt ( 1990 ) llevaron a cabo experimentos en campo en Virginia, USA, para evaluar la eficacia de nicosulfurón y primisulfurón en el control postemergente de zacate johnson en maíz sembrado en cero labranza y labranza convencional. Señalan que

nicosulfurón a dosis de 35 (excepto en parcelas en cero labranza), 52 y 69 g i.a./ha aplicado sobre plantas del zacate con ocho hojas registró de 88 a 98% de control.

Camacho y Moshier ( 1991 ) mencionan un estudio en invernadero para determinar la influencia de la etapa de crecimiento de plantas de zacate johnson proveniente de rizoma, sobre la actividad de primisulfurón, nicosulfurón y glifosato, a dosis de 40, 40 y 1680 g i.a./ha, respectivamente. Indican que primisulfurón y nicosulfurón produjeron daños una semana después que glifosato, en ambas etapas de crecimiento: temprana (3-4 hojas) y tardía (6-8 hojas). Asimismo, señalan que no se observaron rebrotes como resultado de la aplicación de nicosulfurón y glifosato, en ambas etapas de crecimiento del zacate johnson.

Nalewaja *et al.* ( 1991 ) aseveran que el uso de adjuvantes incrementó la actividad de nicosulfurón sobre *Setaria viridis* (L.) en invernadero y en campo como sigue: aceite de girasol metilado > aceite de petróleo > surfactante no iónico WK > surfactante no iónico X-77. Señalan que se registraron controles de 88% con nicosulfurón aplicado a dosis de 9 g/ha sobre *Setaria viridis*, *Kochia scoparia*, *Chenopodium album* y *Amaranthus retroflexus*, más aceite de girasol; mientras que con dosis de 35 g/ha obtuvieron hasta un 96% de eficacia sobre éstas especies y con el mismo adjuvante.

Camacho *et al.* ( 1991 ) afirman que en estudios de invernadero conducidos para evaluar la eficacia de primisulfurón y nicosulfurón en el control de zacate johnson proveniente de rizoma, se registró un comportamiento similar para ambos productos aplicados a la dosis de 40 g i.a./ha

sobre plantas que promediaban 40 cm de altura. En otro estudio de campo, al realizar aplicaciones divididas de estos herbicidas en maíz ( 50:50 ) a dosis de 40 g i.a./ha de primisulfurón y 35 g i.a./ha de nicosulfurón, obtuvieron porcentajes de control muy consistentes (85-96%) con ambas moléculas.

Bhowmik *et al.* ( 1992 ) consignan experimentos en campo en Massachusetts, E.U.A., para determinar los efectos de aplicaciones de nicosulfurón para el control de *Elytrigia repens* en maíz establecido en labranza convencional. Señalan que una aplicación única de nicosulfurón a dosis de 35-70 g/ha sobre plantas que contaban con 4-6 hojas , ofreció un control de más de 90% a las cinco semanas después de la aplicación. Nicosulfurón a 35 g/ha aplicado en la etapa de una a tres hojas no fué tan efectivo como en la etapa antes mencionada. Cuando el herbicida a esta misma dosis se aplicó a plantas con cuatro a seis hojas, más del 80% de rebrotes fué controlado un año después. Mencionan también, que nicosulfurón no causó ningún daño al maíz " Agway 584 S " aún a la dosis más alta ( 140 g/ha ).

Bruce *et al.* ( 1993 ) señalan que en estudios de invernadero, al aplicar nicosulfurón y primisulfurón a 35 g i.a./ha y 20 g i.a./ha, respectivamente, y añadiendo un adjuvante de aceite de petróleo más nitrato de urea-amonio líquido, se obtuvo un incremento ( 76-89% ) en el control de *Elytrigia repens* que al añadir solamente el adjuvante de petróleo. Estos investigadores señalan que el control del zacate se redujo al mezclar atrazina con nicosulfurón más el aceite de petróleo en 1989, y al adicionar atrazina a primisulfurón más el mismo adjuvante en 1990. Por lo que, afirman que al adicionar atrazina no reduce la absorción de éstos herbicidas sulfonilureas,

pero la traslocación hacia las zonas meristemáticas se ve disminuída en la presencia de ésa triazina en *Setaria faberi* y *Elytrigia repens*.

Glenn y Anderson ( 1993 ) aseveran que aplicaciones de nicosulfurón a dosis de 31 a 62 g/ha adicionando un concentrado de aceite proporcionó porcentajes de control de 67% o más sobre *Apocynum cannabinum* y *Rubus allegheniensis* en maíz establecido en cero labranza. Señalan además que no se observaron diferencias de control sobre estas dos especies al aplicar nicosulfurón de 31 a 94 g i.a./ha. Por otro lado, mezclas de tanque de 2,4-D ó dicamba con nicosulfurón registraron porcentajes de control de 72 a 100% sobre las especies mencionadas.

Rahman y James ( 1993 ) afirman que obtuvieron un excelente control de *Panicum dichotomiflorum* y *Echinochloa cruss-galli*, al aplicar nicosulfurón a dosis de 0, 53, 70 y 140 g/ha más un agente humectante no iónico en una proporción de 0.25% v/v. Indican también que el desarrollo de *Digitaria sanguinalis* fué sólomente suprimido durante tres ó cuatro semanas, y posteriormente se presentaron rebrotes los cuales mostraron muy pocos síntomas de daño. Por otra parte, señalan que *Elytrigia repens* fué altamente susceptible a la acción del herbicida. Asimismo, afirman que se ejerció un control regular de *Paspalum distichum*, el cual se recuperó rápidamente de los efectos de nicosulfurón.

Dobbels y Kapusta ( 1993 ) indican la evaluación de la eficacia biológica de nicosulfuron aplicado a dosis de 24 y 35 g/ha sólo y en combinación con 2,4-D, dicamba, bromoxynil, bentazona, atrazina, y bentazona, bromoxynil y dicamba más atrazina. Indican que nicosulfurón

ofreció un control de 98 a 100% sobre *Setaria faberi*. El control de ésta especie se vió reducido cuando nicosulfurón a 24 g/ha se mezcló con atrazina, y con bentazona, bromoxynil ó dicamba más atrazina. Asimismo, señalan que al aplicar bentazona más atrazina con nicosulfurón a 35 g/ha redujo el control de ésta especie. El control de *Chenopodium album*, *Datura stramonium* y *Abutilon theophrasti* fué dependiente de la dosis de nicosulfurón, del herbicida adicionado y de las condiciones de desarrollo de las plantas. Nicosulfurón solo y en mezcla con los herbicidas señalados, controló en un 100% a *Amaranthus retroflexus*, pero el control de *Cyperus esculentus* fué menor de 50%.

Gubbiga *et al.* ( 1995 ) mencionan que se obtuvieron excelentes porcentajes de control (>90%) sobre zacate johnson *Sorghum halepense* (L.), al aplicar nicosulfurón a dosis de 35 g i.a./ha ó en aplicaciones divididas ( 50:50 ) de la misma molécula. Señalan además, que se presentó un daño visible sobre el maíz en las parcelas donde se aplicó el herbicida.

En base a trabajos conducidos en pruebas de campo y aplicaciones comerciales, se ha demostrado que nicosulfurón puede mezclarse con otros herbicidas para ampliar su espectro de control, éste es el caso de dicamba , el cual debe adicionarse a una dosis de 0.3 litros/hectárea, procurando realizar la aplicación cuando la maleza no sea mayor a 15 cm de altura, y que tanto ésta como el cultivo se encuentren en pleno crecimiento ( Anónimo, 1993 ).

De acuerdo con la misma fuente, otra opción de mezcla la constituye el herbicida 2,4-D amina, el cual debe adicionarse a una dosis de 1.0 l/ha, y la aplicación se debe llevar a cabo antes del amacollo del maíz y después de que éste tenga una altura de 20 cm.

#### **2.2.7. Método de aplicación, aditivos y volumen de aspersión**

Nicosulfurón debe aplicarse cuando el maíz tenga entre cuatro y ocho hojas verdaderas, o bien, cuando hayan transcurrido de 25 a 35 días después de la emergencia. Es importante realizar la aplicación durante este lapso de tiempo, tomando en cuenta que el período crítico de competencia en maíz se establece entre los 25 y 40 días después de la emergencia del cultivo. La aplicación puede realizarse de manera total ó semidirigida, según sea el caso ( Anónimo, 1993 ).

De acuerdo con la fuente anterior, se indica que la aplicación debe realizarse con la mejor cobertura posible, para lo cual se recomienda la utilización de boquillas de abanico plano, y que el gasto de agua por hectárea sea de por lo menos 150 l/ha. Asimismo, es recomendable que no llueva al menos cuatro horas después de la aplicación. De la misma manera, para incrementar la actividad de nicosulfurón y favorecer su penetración en malezas que cuenten con una cubierta cerosa gruesa, se hace necesario la adición de un surfactante no iónico en la mezcla de aspersión en una proporción de 0.25 v/v. En caso de que el agua que se emplee sea demasiado ácida o salina se recomienda el uso de un estabilizador del pH.

### 2.2.8. Persistencia de nicosulfurón

Además del amplio poder herbicida que ha presentado nicosulfurón en contra de malezas tanto gramíneas como de hoja ancha, el producto, al igual que otros herbicidas que cuentan con un modo de acción similar a las sulfonilureas, es decir, imidazolinonas y triazolopirimidinas, ha contado desde el inicio con ciertas restricciones que limitan su utilización debido a problemas de persistencia sobre cultivos que se establecen en rotación con maíz, para lo cual se han llevado a cabo algunos trabajos para determinar su persistencia, ya que las compañías que lo comercializan sí cuentan con información referente a este tópico, pero dicha información es confidencial; no obstante, se citan los siguientes estudios:

Johnson *et al.* ( 1992 ) mencionan un estudio para evaluar el daño producido por nicosulfurón, primisulfurón, imazetapyr y DPX-PE350, hacia algodón, maíz, sorgo, arroz y soya a diferentes intervalos posteriores a la aplicación de los herbicidas. Señalan que encontraron que sorgo y arroz fueron los cultivos más susceptibles a nicosulfurón, presentando un grave daño a las dos semanas después de la aplicación. Maíz y soya no fueron dañados a la dosis de 50 g/ha, pero sí se observó un ligero daño a la dosis de 100 g/ha. A las ocho semanas después de la aplicación no se presentó daño a ningún cultivo. Concluyen que todos los cultivos estudiados pueden sembrarse como cultivos rotacionales al año siguiente.

Novosel *et al.* ( 1995 ) consignan estudios de campo para medir la respuesta de remolacha a uno y dos años de la aplicación de 70 y 140 g/ha de nicosulfurón y 40 y 80 g/ha de

primisulfurón en maíz. Señalan que no se presentó ningún daño visible sobre remolacha a la dosis máxima de uso (70 g/ha) de nicosulfurón y menos de 10% de daño fué visible al duplicar esta dosis (140 g/ha). Asimismo, indican que no se presentó pérdida en rendimiento ni en la calidad de sucrosa con cualquier tratamiento de nicosulfurón para cada año. En contraste, las plantas de remolacha en parcelas donde se aplicó la dosis estándar de primisulfurón (40 g/ha) exhibieron de 59 a 66% de daño y a la dosis de 80 g/ha mostraron de 73 a 90% de daño a un año después de la aplicación. A dos años después de la aplicación, se registró de 12 a 16% de daño visible como respuesta de la aplicación de 80 g/ha, pero el rendimiento y calidad de sucrosa no se vió afectada.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Localización de los experimentos**

El ensayo de campo se llevó a cabo a través de un experimento de maíz, conducido de abril de 1995 a septiembre del mismo año, en el lote X-13 del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, estado de México.

Paralelamente al trabajo de campo, se realizaron dos bioensayos en el invernadero de la propia Universidad y un bioensayo en condiciones naturales.

#### **3.2. Condiciones climáticas**

Se ha clasificado el clima de la región según Koopen, modificado por García (1973) de la siguiente manera: C (Wo) (W) b (i') g, que se caracteriza por ser templado subhúmedo, con una precipitación media anual de 644.8 mm, con lluvias en verano y una temperatura media anual de 15°C, la oscilación térmica es menor de 5°C; mayo es el mes más cálido, enero es el mes más frío y julio es el mes más lluvioso. Se considera que este tipo de clima es benigno para la agricultura (García, 1973).

### **3.3. Fase de campo**

#### **3.3.1. Suelo**

Los resultados de análisis del suelo, realizados en el Laboratorio de Investigación y Servicio del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, indican que se trata de un suelo con una clasificación textural de franco arenoso, con un pH de 6.84, 1.6% de materia orgánica, 60.56% de arena, 20% de limo y 19.44% de arcilla. En este tipo de suelo se estableció el experimento de maíz y los tres bioensayos en invernadero.

#### **3.3.2. Preparación**

El terreno en que fué establecido el experimento de maíz, se preparó en la forma tradicional, tal y como lo hacen los productores, misma que consistió de un barbecho profundo, seguido de doble rastreo, nivelación, marca de surcos y trazo de canales para el riego. La separación entre surcos fué de 0.80 m. La segunda fase del experimento de campo consistió de la toma de muestras de suelo del sitio experimental, las cuales fueron llevadas en macetas al invernadero donde se sembraron plantas indicadoras para medir los efectos residuales de los tratamientos. Con este mismo suelo se estableció el experimento de eficacia biológica de los dos herbicidas para el control de zacate johnson, y también fué utilizado para el bioensayo donde se

realizó la aplicación intencional de los tratamientos sobre el suelo y posteriormente se llevaron a cabo dos siembras de calabaza.

### **3.3.3. Diseño experimental**

#### **3.3.3.1. Modelo estadístico**

El diseño experimental utilizado fué bloques al azar completos con diez tratamientos y cuatro repeticiones; ocho tratamientos herbicidas, un testigo siempre limpio y un testigo siempre enmalezado. Las unidades experimentales estuvieron compuestas por cinco surcos, con una longitud de 10 m., separados a 0.80 m., por lo que el tamaño de cada unidad experimental fué de 40 metros cuadrados (  $5 \times .80 \times 10 = 40$  metros cuadrados ). Para el registro de las variables en estudio, se consideraron los tres surcos centrales como parcela útil. Se utilizó este diseño ya que el gradiente de humedad era mayor para el 3° y 4° bloques, pudiendo ejercer de esta manera una influencia negativa sobre la persistencia de los herbicidas que se iban a evaluar.

### 3.3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos evaluados en el experimento de campo de maíz se señalan en el Cuadro 1, y su distribución aleatoria en el campo se indica en la Figura 1.

Para establecer el tratamiento siempre limpio se realizaron tres azadoneos ( 6 de mayo, 8 de junio y 4 de julio ), eliminando toda la maleza presente en la unidad experimental.

**CUADRO 1. TRATAMIENTOS EVALUADOS. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.**

NUMERO DE TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	EPOCA DE APLICACION
01	Primisulfurón <sup>1</sup> 75 GDA	22.5	Postemergencia *
02	Primisulfurón 75 GDA	30.0	Postemergencia
03	Primisulfurón 75 GDA	37.5	Postemergencia
04	Primisulfurón 75 GDA	45.0	Postemergencia
05	Nicosulfurón <sup>2</sup> 4 SC	40.0	Postemergencia
06	Nicosulfurón 4 SC	50.0	Postemergencia
07	Nicosulfurón 4 SC	60.0	Postemergencia
08	Nicosulfurón 4 SC	70.0	Postemergencia
09	Testigo siempre limpio	---	-----
10	Testigo siempre enmalezado	---	-----

\*postemergencia al cultivo y a la maleza

1. Tell

2. Sanson

9	3	7	2	1	4	6	10	5	8	⇒ IV
5	7	1	8	6	10	2	9	3	4	⇒ III
4	2	6	8	9	1	5	10	3	7	⇒ II
10	9	1	3	7	5	4	6	8	2	⇒ I

### DISEÑO EXPERIMENTAL DE BLOQUES AL AZAR

Figura 1. Distribución de los tratamientos en el experimento de maíz sembrado en abril 8 de 1995, en Chapingo, México.

#### 3.3.4. Fertilización

La fertilización fue a “chorrillo”, para lo cual al momento de la siembra se abrió una pequeña zanja en el lomo del surco, en la cual se aplicó el tratamiento 80-40-00, aplicando la

mitad del nitrógeno a la siembra y el resto a los 40 días, utilizando como fuentes al sulfato de amonio y superfosfato de calcio simple, respectivamente.

### **3.3.5. Siembra**

#### **3.3.5.1. Variedad, fecha de siembra.**

La semilla de maíz empleada fue V-107, producida en la Universidad Autónoma Chapingo, realizándose ésta manualmente el día 8 de abril de 1995, colocando siete semillas por metro lineal de surco tapándolas con una ligera capa de suelo.

### **3.3.6. Riegos**

Considerando que la siembra se realizó sobre suelo seco, hubo necesidad de aplicar un riego por gravedad para la germinación, inmediatamente después de la siembra. Tomando en cuenta que para esa fecha de siembra las lluvias aún no iniciaban, fue necesario aplicar tres riegos con intervalo de 15 días cada uno, en tanto se establecieron las lluvias.

### **3.3.7. Equipo de aplicación**

Para la aplicación de los tratamientos de herbicidas se utilizó una aspersora manual de mochila de uso común entre los productores, con capacidad de 15 litros, y una boquilla con punta de abanico de la serie TEE-JET 8004. Se trabajó con una presión aproximada de 40 libras por pulgada cuadrada.

### **3.3.8. Volumen asperjado**

La cantidad de agua empleada en el experimento fué de 400 l/ha. Este volumen fué determinado previa calibración del equipo antes de la aplicación.

### **3.3.9. Fecha de aplicación de los tratamientos químicos**

Los tratamientos de herbicidas en el experimento se aplicaron el día 6 de mayo de 1995, cuando habían transcurrido 28 días después de la siembra del maíz, y 22 días después de la emergencia. Al momento de la aplicación, la maleza presentaba una altura entre 13 y 20 centímetros, aproximadamente.

### **3.3.10. Variables evaluadas en maíz**

Para medir el efecto de los tratamientos en el experimento de maíz, se tomaron en cuenta las siguientes variables:

#### **3.3.10.1. Fitotoxicidad de nicosulfurón y primisulfurón en maíz**

Se hicieron tres evaluaciones en forma visual en el experimento, siendo éstas a los 7, 15 y 21 días después de la aplicación de los tratamientos herbicidas, utilizando para este fin la escala EWRC, la cual cuenta con valores del 1 al 9.

#### **3.3.10.2. Identificación de maleza**

Previo a la aplicación de los tratamientos en el experimento, se hizo un reconocimiento de las especies de maleza presentes, y se determinó visualmente la abundancia de las mismas.

### 3.3.10.3. Control de maleza

El control de maleza se llevó a cabo de manera cualitativa, utilizando una escala de 0-100, donde 0 = sin daño, y 100 = muerte total. Se realizaron tres evaluaciones visuales a los 15, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos.

### 3.3.10.4. Control de plagas de insectos

El experimento de maíz, durante su desarrollo, no escapó de la presencia de insectos, siendo las poblaciones de éstos lo suficientemente abundantes como para ocasionar un daño económico. La especie presente fue *Macrodactylus* spp., y para su control se realizó una aplicación de paratión metílico ( Folidol ) el día 15 de mayo de 1995.

### **3.4. Fase de invernadero**

#### **3.4.1. Persistencia de nicosulfurón y primisulfurón en calabaza y pepino (bioensayo)**

##### **3.4.1.1. Metodología**

Con la finalidad de estudiar la posible actividad residual de las diferentes dosis evaluadas de nicosulfurón y primisulfurón en campo a los 30 días posteriores a la finalización del establecimiento del experimento de maíz sembrado en abril de 1995, se realizó un muestreo de suelo, tomando tres muestras de cada unidad experimental a una profundidad de 0 a 20 cm; posteriormente se homogenizó y tomó una muestra de 5.0 kg, y fué colocada en macetas y llevado al área de invernaderos, donde se sembró calabaza cv. "Grey Zucchini " y pepino. Las siembras de calabaza y pepino se efectuaron a los 183 días después de haber aplicado los siguientes tratamientos: nicosulfurón 40, 50, 60 y 70 g i.a./ha y primisulfurón 22.5, 30.0, 37.5 y 45.0 g i.a./ha, más un testigo sin herbicida. El diseño experimental utilizado fué bloques al azar completos, con cuatro repeticiones. El criterio para elegir este diseño se debió a que cada muestra de suelo provino de un bloque específico del campo y no se revolvía con muestras de otro bloque.

### **3.4.1.2. Variables evaluadas**

El criterio que se siguió para hacer las evaluaciones de los efectos residuales de los tratamientos herbicidas sobre calabaza y pepino, fué emergencia de plántulas y síntomas visuales de daño, tomando como patrón de referencia al testigo absoluto sin aplicar, de acuerdo a la siguiente escala: 0= sin daño y 100 = daño total. Las evaluaciones de síntomas visuales de daño se realizaron a los 10, 20 y 30 días posteriores a la emergencia de plántulas de calabaza y pepino. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias ( Tukey,  $\alpha=0.05$  ), con la ayuda del paquete estadístico SAS.

### **3.4.2. Interacción suelo-residuos de herbicidas**

#### **3.4.2.1. Bioensayo de calabaza**

##### **3.4.2.1.1. Metodología**

En este caso, el objetivo que se estableció para este experimento fué el de evaluar la actividad residual, así como la sintomatología de nicosulfurón y primisulfurón sobre calabaza, aplicados intencionalmente, a distintos intervalos de tiempo después de la aplicación . El estudio fué establecido en el área de invernaderos perteneciente al Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, el 26 de febrero de 1995. Se llenaron macetas de plástico con capacidad de 3 kg aproximadamente, con suelo proveniente del Campo Agrícola Experimental de la misma Universidad, el cual se clasificó como un suelo franco arenoso, con

1.6% de materia orgánica y un pH de 6.84, siendo esto determinado por el Laboratorio de Investigación y Servicio del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo. El diseño experimental correspondió a un completamente al azar, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones; ocho tratamientos herbicida y un testigo absoluto sin aplicar. Los tratamientos evaluados fueron: primisulfurón 22.5, 30.0, 37.5 y 45.0 g i.a./ha, y nicosulfurón 40, 50, 60 y 70 g i.a./ha. La aplicación de los herbicidas se realizó el día 1° de marzo de 1995, utilizando una aspersora manual de mochila con boquilla de la serie TEE-JET 8002, calibrada para dar un gasto de 130 L de agua/ha. Posteriormente se sembró calabaza cv. " Grey Zucchini " , una semana después de la aplicación de los tratamientos.

#### 3.4.2.1.2. Variables evaluadas

El criterio que se siguió para hacer las evaluaciones de los efectos residuales de los herbicidas fué emergencia de plántulas y síntomas visuales de daño, tomando como patrón de referencia al testigo absoluto sin aplicar. Se realizaron evaluaciones visuales a las 5, 7 y 9 SDA (semanas después de la aplicación). Se llevó a cabo una segunda siembra de calabaza el día 12 de mayo de 1995, haciendo evaluaciones a las 5, 6 y 7 SD2S (semanas después de la segunda siembra), de acuerdo a la siguiente escala: 0 = sin daño y 100 = daño total. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias ( Tukey,  $\alpha = 0.05$  ), con la ayuda del paquete estadístico SAS.

### **3.4.3. Eficacia biológica de nicosulfurón y primisulfurón sobre zacate johnson (*Sorghum halepense* L.) proveniente de rizoma ( bioensayo )**

#### **3.4.3.1. Metodología**

Teniendo como base la importancia que reviste esta maleza en el cultivo de maíz, se decidió llevar a cabo este estudio con la finalidad de evaluar la eficacia de nicosulfurón y primisulfurón en el control postemergente de zacate johnson proveniente de rizoma. El experimento fué establecido en el invernadero del área de malezas del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Se llenaron macetas de plástico con capacidad de 3 kg aproximadamente, con suelo proveniente del Campo Agrícola Experimental de la misma Universidad, al cual se le realizó el análisis correspondiente en el Laboratorio de Investigación y Servicio de la Universidad Autónoma Chapingo, arrojando las siguientes características: pH 6.84, materia orgánica 1.6%, arena 60.56%, limo 20%, arcilla 19.44%, por lo que la clasificación textural lo define como un suelo franco arenoso. El diseño experimental correspondió a uno completamente al azar, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones: ocho tratamientos herbicidas y un testigo absoluto sin aplicación. Seguido de esto, se sembraron rizomas de zacate johnson provenientes de Los Mochis, Sinaloa, el 5 de marzo de 1995, procurando que éstos contaran con yemas en crecimiento activo, para de ésta manera asegurar la emergencia; se sembraron cinco rizomas de 10-15 cm de longitud, por maceta. Una vez que las plantas emergidas promediaron una altura de 35 cm, se podaron hasta la superficie del suelo para incrementar así la uniformidad entre las plantas al tiempo de aplicar los herbicidas.

Los tratamientos evaluados fueron: primisulfurón 22.5, 30.0, 37.5 y 45.0 g i.a./ha, y nicosulfurón 40, 50, 60 y 70 g i.a./ha. La aplicación de los herbicidas se realizó el 26 de abril de 1995 sobre los rebrotes, los cuales presentaban una altura de 45-55 cm, utilizando una aspersora manual de mochila equipada con una boquilla de abanico de la serie TEE-JET 8002, la cual se calibró para dar un gasto de 130 l de agua/ha.

#### 3.4.3.2. Variable evaluada

Se realizaron evaluaciones visuales de control a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los herbicidas, tomando como patrón de referencia al testigo absoluto sin aplicación, utilizando la escala de 0 a 100 (0 = sin daño y 100 = muerte total). Los datos así obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias ( Tukey,  $\alpha = 0.05$  ), con la ayuda del paquete estadístico SAS.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 4.1. Maíz

#### 4.1.1. Fitotoxicidad de nicosulfurón y primisulfurón

Aproximadamente a los siete días posteriores a la aplicación de los herbicidas, se observó una ligera clorosis en el cogollo de las plantas de maíz, que en la escala EWRC corresponde a un valor de 2, posteriormente el daño fué superado plenamente a los 15 días después de la aplicación (D.D.A.), registrando todos los tratamientos a partir de ésta fecha valores de 1, que significan sin daño, observándose una apariencia similar a el testigo sin aplicación ( Cuadro 2 ), y el cultivo en pleno crecimiento. Estos resultados coinciden con lo señalado por otros autores ( Anónimo, 1989; Anónimo, 1993 ), quienes indican que tales daños se consideran mínimos, como resultado de la aplicación de nicosulfurón y primisulfurón. De la misma manera, los resultados son similares a lo reportado por Camacho *et al.* ( 1991 ) quienes al aplicar ambos herbicidas encontraron una muy buena selectividad hacia cuatro híbridos de maíz, en E.U.A. Asimismo, coinciden ampliamente con los estudios de Ngouajio y Hagood ( 1993 ) en los que ambos investigadores obtuvieron daños mínimos al aplicar primisulfuron sólo y en mezcla con otros herbicidas sobre una variedad de maíz 'Southern States 565'.

Los resultados reafirman las observaciones hechas por Green y Ulrich (1993) quienes mencionan una amplia tolerancia entre las 94 variedades de maíz que evaluaron, posterior a la aplicación de nicosulfurón y primisulfurón.

Los resultados obtenidos concuerdan también con los trabajos de Robinson *et al.* (1993) los cuales mencionan que la tolerancia de cuatro variedades de maíz dulce hacia nicosulfurón se incrementó de acuerdo a la etapa de desarrollo en que se encontraban las mismas (7-8 hojas > 5-8 hojas).

De la misma manera, concuerdan con los resultados de los estudios realizados por Foy y Witt ( 1990 ) quienes afirman haber obtenido una mayor tolerancia sobre dos variedades de maíz hacia nicosulfurón, establecido bajo labranza convencional.

Asimismo, coinciden ampliamente con los estudios de Gubbiga *et al.* (1995) quienes aseveran que al aplicar nicosulfurón sobre dos híbridos de maíz, estos se recuperaron totalmente del daño inicial provocado por el herbicida, el cual se manifestó como una ligera clorosis.

Finalmente, estos resultados son muy similares a lo señalado por Nalewaja *et al.* (1991), Glenn y Anderson ( 1993 ), Nandula *et al.* ( 1995 ), Bruce *et al.* ( 1993 ) y Simarmata y Penner (1993) quienes señalan haber obtenido daños mínimos sobre diversas variedades e híbridos de maíz, como respuesta a la aplicación de nicosulfurón y primisulfurón.

CUADRO 2. FITOTOXICIDAD AL CULTIVO DE MAIZ A LOS 7, 15 Y 21 D.D.A.. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.), Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995. ESCALA EWRC (1-9). 1=SIN DAÑO, 2=LIGERA CLOROSIS.

NUMERO DE TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS g.i.a./ha	FITOTOXICIDAD		
			7*	15	21
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	2	1	1
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	2	1	1
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	2	1	1
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	2	1	1
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	2	1	1
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	2	1	1
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	2	1	1
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	2	1	1
09	Testigo siempre limpio	---	1	1	1
10	Testigo siempre enmalezado	---	1	1	1

\*dias después de la aplicación

#### 4.1.2. Identificación de maleza

Las malezas presentes al establecimiento del experimento, se muestran en el Cuadro 3. Como se puede apreciar en el cuadro, existía una amplia gama de especies de maleza, sin embargo; las más abundantes fueron *Simsia amplexicaulis*, *Amaranthus hybridus*, *Chenopodium album*, *Sicyos angulatus* y *Eleusine multiflora*, razón por la que el control de maleza y los análisis se concentraron sobre estas cinco especies.

CUADRO 3. MALEZAS PRESENTES. MUESTREO PREVIO. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

ESPECIE	INDICE DE ABUNDANCIA	ALTURA PROMEDIO (cm)*
<i>Simsia amplexicaulis</i>	Muy abundante	20
<i>Sicyos angulatus</i>	Abundante	18
<i>Chenopodium album</i>	Abundante	18
<i>Eleusine multiflora</i>	Abundante	18
<i>Amaranthus hybridus</i>	Abundante	20
<i>Portulaca oleracea</i>	Escaso	17
<i>Bidens pilosa</i>	Escaso	15
<i>Cyperus rotundus</i>	Escaso	16
<i>Bromus sp.</i>	Escaso	13
<i>Lopezia sp.</i>	Escaso	13
<i>Ipomoea sp.</i>	Escaso	11
<i>Oxalis sp.</i>	Escaso	10
<i>Malva sp.</i>	Escaso	12

\*al momento de la aplicación

#### 4.1.3. Control de maleza

Como ya se explicó anteriormente, las evaluaciones de control de maleza y el análisis estadístico de los datos registrados, se realizó únicamente sobre las especies mencionadas (*S. amplexicaulis*, *A. hybridus*, *C. album*, *S. angulatus* y *E. multiflora*), de manera que después de haberse llevado a cabo el procedimiento de análisis de varianza, las comparaciones de medias (SAS) para cada especie por evaluación, se pueden apreciar en los Cuadros 4, 5, 6, 7 y 8, respectivamente.

Por otra parte, al considerar la época de aplicación y relacionarla con el tamaño de las malezas presentes, podemos considerar que se trató de una aplicación en postemergencia tardía, debido a que la mayoría de las malezas presentaban una altura promedio de 20 cm. Esta situación resulta muy trascendente en términos de los porcentajes de control observados, ya que la aplicación de herbicida es a nuestro juicio, en términos de época, un tanto desfasada; sin embargo, a pesar de esto se pudo constatar la acción herbicida de ambas moléculas, gracias a las excelentes condiciones de humedad presentes en el terreno, lo cual permitió un crecimiento y desarrollo pleno tanto de la maleza como del cultivo de maíz.

**CUADRO 4. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE CONTROL VISUAL SOBRE *Simsia amplexicaulis* A LOS 15, 45 Y 60 D.D.A.. ACTIVIDAD BIOLOGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.**

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE CONTROL D.D.A.		
			15	45	60
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	95 A	97 A	97 A
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	96 A	100 A	99 A
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	96 A	98 A	98 A
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	97 A	99 A	98 A
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	17 B	15 B	13 B
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	20 B	17 B	13 B
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	24 B	18 B	15 B
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	24 B	18 B	17 B
09	Testigo siempre limpio	----	100 A	100 A	100 A
10	Testigo siempre enmalezado	----	0 C	0 C	0 C

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey,  $\alpha=0.05$

El Cuadro 4 nos separa los tratamientos en dos familias, agrupando en una los tratamientos a base de primisulfurón, que fueron los mejores, y en otra a los tratamientos que contenían nicosulfurón. Como se puede apreciar, primisulfurón ofreció un excelente control de *S. amplexicaulis* en sus cuatro dosis evaluadas, mismo que se incrementó a la segunda y tercer fecha de evaluación, a pesar de la abundancia de esta especie en las unidades experimentales. Asimismo, no existen diferencias entre dosis de aplicación, por lo que no fué posible discriminar efectos entre las mismas. Por otra parte, nicosulfurón registró porcentajes de control muy deficientes sobre esta especie, mismos que disminuyeron conforme fué avanzando el tiempo en que se condujo el experimento. De igual manera, en este caso no se pueden apreciar diferencias entre dosis, por lo que los porcentajes de control fueron mayores a medida que se incrementó la dosis de nicosulfurón; sin embargo, no dejaron de ser deficientes. La explicación de este comportamiento diferencial entre ambos herbicidas puede atribuirse a un factores principalmente: ingrediente activo, ya que nicosulfurón presenta dentro de sus características una mayor actividad sobre malezas gramíneas.

CUADRO 5. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE CONTROL VISUAL SOBRE *Sicyos angulatus* A LOS 15, 45 Y 60 D.D.A. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE CONTROL		
			15 D.D.A.	45 D.D.A.	60 D.D.A.
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	93 AB	97 A	97 A
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	93 AB	98 A	99 A
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	94 AB	98 A	99 A
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	92 AB	98 A	100 A
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	92 AB	96 A	96 A
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	89 B	97 A	97 A
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	89 B	98 A	97 A
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	92 AB	98 A	98 A
09	Testigo siempre limpio	---	100 A	100 A	100 A
10	Testigo siempre enmalezado	---	0 C	0 B	0 B

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la Prueba de Tukey, alfa= 0.05.

El Cuadro 5 denota un excelente comportamiento de ambos herbicidas en el control de *Sicyos angulatus* en todas las dosis evaluadas y para cada fecha de evaluación. Indudablemente *S. angulatus* al igual que todas las cucurbitáceas, es una especie altamente susceptible a la acción de nicosulfurón y primisulfurón, lo que permitió la manifestación plena de los síntomas producidos por esta clase de herbicidas ( coloraciones púrpuras ) a partir de los 15 D.D.A. El control con nicosulfurón se fué acentuando a medida que transcurrió el tiempo de conducción, por lo que para la tercer fecha de evaluación se registraron controles excelentes (> 95%), los cuales fueron similares para las cuatro dosis evaluadas. Por otro lado, primisulfurón se mostró más agresivo para el control de esta

especie, ya que desde la primer fecha de evaluación ejerció plenamente su acción herbicida y para la tercer fecha de evaluación se pudieron observar porcentajes de control muy semejantes para las cuatro dosis consideradas. Por lo que se puede inferir que primisulfurón resulta más eficiente para el control de *Sicyos angulatus* ; sin embargo, nicosulfurón también resulta eficaz en el control de esta especie, aunque con efectos un tanto más retardados pero sin presentar diferencias estadísticas.

CUADRO 6. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE CONTROL VISUAL SOBRE *Amaranthus hybridus* A LOS 15, 45 Y 60 D.D.A. ACTIVIDAD BIOLOGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE CONTROL D.D.A.		
			15	45	60
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	95 A	98 A	99 A
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	96 A	98 A	99 A
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	96 A	99 A	99 A
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	97 A	99 A	99 A
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	88 BC	98 A	98 A
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	92 AB	98 A	99 A
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	92 AB	99 A	99 A
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	92 AB	99 A	99 A
09	Testigo siempre limpio	---	100 A	100 A	100 A
10	Testigo siempre enmalezado	---	0 C	0 B	0 B

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la Prueba de Tukey,  $\alpha=0.05$ .

Bledo (*Amaranthus hybridus*) es sin duda una especie extremadamente sensible a la acción de herbicidas sulfonilureas, en este caso nicosulfurón y primisulfurón a las dosis evaluadas en el presente estudio, registrándose porcentajes de control excelentes sobre esta maleza (> 95%) en las tres fechas de evaluación, a pesar de que la altura promedio para esta especie fué de 20 cm al momento de la aplicación, no encontrándose diferencias estadísticas entre productos, dosis y formulaciones durante el tiempo en que fué conducido el estudio (cuadro 6). En dicho cuadro se puede observar que los más bajos controles los presentó nicosulfurón en sus cuatro dosis, durante la primera evaluación. Sin embargo, su actividad mejoró conforme transcurrían los días, al grado que para la segunda y tercera evaluación (45 y 60 D.D.A.), no se observaron diferencias estadísticas ni numéricas entre ingredientes activos y en dosis.

Los resultados de control obtenidos de *A. hybridus*, coinciden con los señalados por Du Pont (1990), ISK (1993), Nalewaja *et al.* (1991) y Dobbels y Kapusta (1993) los cuales indican una buena eficacia de nicosulfurón sobre esta especie. En relación a los resultados obtenidos por primisulfurón, cabe señalar que estos también coinciden con los citados por CIBA-GEIGY (1989) y Ngouajio y Hagood (1993) quienes indican también haber obtenido excelentes controles sobre *A. hybridus*.

CUADRO 7. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE CONTROL VISUAL SOBRE *Chenopodium album* A LOS 15, 45 Y 60 D.D.A. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g l.a./ha	% DE CONTROL D.D.A.					
			15	45	60			
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	3	FG	10	CD	12	BC
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	10	EF	11	C	12	BC
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	11	EF	11	C	12	BC
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	12	EF	16	C	17	BC
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	15	DE	30	B	47	B
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	24	C	32	B	47	B
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	27	C	33	B	47	B
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	37	B	34	B	48	B
09	Testigo siempre limpio	---	100	A	100	A	100	A
10	Testigo siempre enmalezado	---	0	G	0	D	0	C

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la Prueba de Tukey,  $\alpha=0.05$ .

De acuerdo a lo presentado en el Cuadro 7, el control de *C. album* fué de manera general deficiente. No obstante, los resultados nos muestran que como mejores tratamientos se ubican a nicosulfurón en todas sus dosis evaluadas, y en segundo término a los tratamientos a base de primisulfurón. De cualquier manera, ambos productos no fueron capaces de ofrecer porcentajes de control satisfactorios sobre esta especie. La explicación de este comportamiento estriba muy posiblemente en el siguiente factor: altura de la maleza al momento de la aplicación (18 cm). Esta chenopodiácea al entrar en pleno desarrollo

vegetativo (alturas mayores de 15 cm) forma una cubierta cerosa granular en las hojas y tallos que dificulta la penetración de una cantidad de herbicida suficiente para provocar la muerte de estas malezas, apreciándose únicamente una interrupción temporal del crecimiento y deformaciones en tallos, los cuales fueron superados y la planta en fechas posteriores fué capaz de continuar con sus procesos fisiológicos hasta alcanzar su reproducción. Todo esto aunado al hecho de que no se agregó surfactante a la mezcla de aspersión.

Los resultados obtenidos difieren de los citados por Ngouajio y Hagood (1993) quienes señalan haber obtenido buen control de *Chenopodium album* al aplicar primisulfurón. Lo anterior se atribuye a la etapa de desarrollo temprano en que estos investigadores realizaron la aplicación. De igual forma, los resultados de control de *C. album* obtenidos con nicosulfurón, coinciden con los citados por Ishihara Sangyo Kaisha (1993) quien señala el nulo efecto de nicosulfurón sobre *Chenopodium*. Sin embargo, los controles obtenidos de esta especie difieren de los citados por Nalewaja *et al.* ( 1991 ) quienes señalan controles de 88% para *C. album*, al aplicar nicosulfurón en dosis de 9 g/ha, más aceite de girasol. Lo anterior se atribuye a una mejor penetración del herbicida, como resultado del efecto del aceite.

CUADRO 8. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE CONTROL VISUAL SOBRE *Eleusine multiflora* A LOS 15, 45 Y 60 D.D.A. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE CONTROL D.D.A.		
			15	45	60
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	0 C	10 C	10 C
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	3 C	10 C	13 C
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	4 C	10 C	14 C
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	11 C	11 C	17 C
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	17 BC	58 B	57 B
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	19 BC	59 B	62 B
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	34 B	60 B	66 B
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	35 B	60 B	69 B
09	Testigo siempre limpio	----	100 A	100 A	100 A
10	Testigo siempre enmalezado	----	0 C	0 D	0 C

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la Prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

En lo que se refiere a la variable porcentaje de control visual sobre *E. multiflora* (Cuadro 8), la comparación de medias separa a los tratamientos en dos grupos, en los que se ubican como mejores tratamientos: nicosulfurón en todas sus dosis evaluadas y en segundo término figuran los tratamientos a base de primisulfurón. Sin embargo, ninguno de los tratamientos de nicosulfurón fué capaz de ofrecer controles satisfactorios sobre esta especie, lo que permitió su rápido desarrollo en las unidades experimentales, aunado esto a la nula competencia que presentó, considerando que las poblaciones más dominantes (*S.*

*amplexicaulis*, *A. hybridus* y *S. angulatus* ) fueron controladas eficientemente con este producto. Los resultados de control de *E. multiflora* obtenidos por nicosulfurón, son deficientes y concuerdan con lo citado por Anónimo ( 1993 ), quien señala la nula actividad de este producto para este especie.

En cuanto a los resultados obtenidos con primisulfuron sobre *E. multiflora*, es importante señalar que Anónimo ( 1989 ) indica excelente control de gramíneas anuales y perennes. Sin embargo, dentro de las anuales que señala no se cita *E. multiflora*, de la cual se obtuvo un nulo control.

#### **4.1.4. Interacción clima-control de maleza**

Pese a que la aplicación se realizó sobre maleza que contaba con una talla promedio de 20 cm de altura, las condiciones ambientales y del suelo se considera que fueron excelentes, ya que prevalecieron temperaturas entre 18 y 25 ° C, y el terreno se encontraba con una muy buena humedad, lo que permitió el crecimiento y desarrollo de manera vigorosa tanto de la maleza como del cultivo. Estas condiciones permitieron que los herbicidas se absorbieran y desarrollaran su acción biológica, si no en un 100%, sí en un muy buen porcentaje el cual se pudo apreciar en el campo sobre malezas como *Simsia amplexicaulis*, *Amaranthus hybridus* y *Sicyos angulatus*. El nulo control sobre *Chenopodium album* y *Eleusine multiflora* se debió a otros factores diferentes a los ambientales: talla y arquitectura de la maleza. Por lo que estas condiciones influyeron en el

buen comportamiento de ambas moléculas, lo cual reafirma ampliamente lo señalado por Anónimo (1989), Anónimo (1990) y Anónimo (1993).

Cabe señalar que las lluvias se establecieron de manera regular desde los últimos días del mes de mayo de 1995, lo que permitió que especies como *S. amplexicaulis* (tratada con nicosulfurón), *C. album* y *E. multiflora*, desde el momento que registraron tolerancia a los tratamientos herbicidas, llevaron a cabo sin problema alguno sus procesos fisiológicos hasta alcanzar la reproducción.

Lo antes establecido concuerda con los estudios de Nalewaja *et al.* (1991) quienes indican un mejor control de maleza con nicosulfuron a 20°C, y afirman que la influencia de la temperatura sobre la actividad de herbicidas sulfonilureas depende del tipo de herbicida que se utilice y/o de las especies de maleza involucradas.

De igual manera coinciden con lo obtenido por Camacho *et al.* (1991) donde estos investigadores aseveran que se requiere de agua, ya sea que se suministre por lluvia ó riego, para mover este tipo de herbicidas hacia capas del suelo más internas.

Morton y Harvey (1994) al realizar un estudio donde simularon ambientes frío-húmedos y caliente-secos en espacios controlados por computadora, indican que primisulfurón registró porcentajes de control menores en el medio ambiente caliente-seco, comparado con el control obtenido en el medio ambiente frío-húmedo.

Asimismo , Morton y Harvey ( 1994 ) señalan que el estrés por falta de agua , antes y después de la aplicación al follaje de un herbicida, reduce el control de maleza al utilizar diferentes clases de estos compuestos.

#### **4.1.5. Volumen asperjado-control de maleza**

El volumen de agua utilizado para este estudio fué de 400 l/ha, estableciéndolo previa calibración del equipo. Este volumen de agua se puede considerar como excelente en términos de cobertura, ya que así lo ameritaba el porcentaje tan abundante de infestación de maleza presente en el terreno y su biomasa.

Este factor influyó de manera considerable, ya que permitió la absorción de un alto porcentaje de herbicida sobre las especies susceptibles vía follaje para posteriormente transportarse a las raíces. Asimismo, el patrón de aspersión generado, al utilizar boquillas de abanico plano de la serie TEE-JET 8004, jugó un papel importante para la obtención de la cobertura requerida.

Lo cual coincide con lo reportado por Anónimo ( 1989 ), Anónimo (1990) y Anónimo ( 1993 ).

#### 4.1.6. Aditivos-control de maleza

En el presente estudio no se emplearon ningún surfactantes ó agentes humectantes, lo cual se reflejó en el comportamiento diferencial de los herbicidas evaluados sobre las malezas presentes al momento de la aplicación, por lo que resulta importante discutir este tema. Algunos autores (Anónimo, 1989; Anónimo, 1990 ) hacen hincapié en la utilización de un surfactante no iónico, adicionado en una proporción de 0.25% v/v de la mezcla de aspersión, para mejorar el control de especies que en etapas avanzadas de crecimiento desarrollan cubiertas cerosas y tejidos semileñosos, situación que se presentó en éste estudio con malezas como *S. amplexicaulis* ( para nicosulfurón ), *C. album* y por otra parte para el control de gramíneas anuales difíciles como *E. multiflora*.

Los porcentajes de control de estas especies seguramente se habrían incrementado si se hubiera adicionado un agente surfactante, por lo que queda establecida esta observación para estudios posteriores que se realicen con estos dos herbicidas sulfonilureas.

Por lo que nuestros resultados difieren con los estudios de Nalewaja *et al.* (1991); Bruce *et al.* ( 1993 ); Glenn y Anderson ( 1993 ); Rahman y James (1993); Morton y Harvey ( 1994 ) y Nandula *et al.* ( 1995 ) quienes en sus estudios realzan la importancia de la adición de un agente surfactante ó humectante no iónico, para incrementar la eficacia de primisulfurón y nicosulfurón.

#### **4.2. Persistencia de nicosulfurón y primisulfurón en calabaza y pepino**

Los resultados obtenidos de los bioensayos en los que se llevó a cabo la siembra de calabaza y pepino en invernadero a los 183 días después de la aplicación de los distintos tratamientos de nicosulfurón y primisulfurón sobre maíz en el campo, indican que no se afectó la germinación de las dos especies de hortaliza, confirmando así lo establecido por Anónimo ( 1990 ), quienes señalan que este tipo de herbicidas no afectan la germinación de especies, aún estando registradas como sensibles a la acción de estos compuestos.

Por otra parte, se presentó una ligera detención del crecimiento acompañada de clorosis, siendo esta más evidente para la primer fecha de evaluación ( 10 días después de la emergencia ) y para todos los tratamientos; sin embargo, este síntoma se registró en un mayor porcentaje para los tratamientos a base de nicosulfurón, aumentando el daño a medida que se incrementó la dosis del mismo, pero dicho daño fué desapareciendo a medida que avanzó el tiempo de evaluación en el estudio, hasta llegar al grado en que las plantas tomaron un aspecto y porte similar al testigo sin aplicación.

Esta detención del crecimiento fué menor para primisulfurón desde la primera fecha de evaluación hasta la fecha de culminación del experimento; por lo que, el aspecto y vigor de las plantas de calabaza y pepino superó a las que se sembraron en suelo tratado con nicosulfurón. Esto se discutirá más detalladamente en las siguientes páginas.

En adición, podemos decir que no se presentó otro tipo de daño (clorosis, necrosis, enchinamientos) como resultado de los tratamientos con nicosulfurón y primisulfurón.

Por lo que nuestros resultados coinciden ampliamente con los estudios de Johnson *et al.* ( 1993 ) quienes señalan que no se registró daño visible sobre maíz, algodón, sorgo, arroz y soya, sembrados a los 98 días posteriores a la aplicación de nicosulfurón ( 50 y 100 g i.a./ha ) y primisulfurón (40 y 80 g i.a./ha), sobre un suelo de Arkansas, E.U.A., el cual presentó un pH de 7.2 y 1% de materia orgánica, por lo que afirman que estos cultivos pueden establecerse sin riesgo de daño al año siguiente de la aplicación de nicosulfurón y primisulfurón.

Asimismo, los resultados de la presente investigación concuerdan con los estudios de Novosel *et al.* (1995) donde estos investigadores indican que no se presentaron daños sobre remolacha sembrada un año posterior a la aplicación de nicosulfurón a 70 g i.a./ha. Sin embargo, señalan que se registró del 59 al 66% de daño sobre plantas de remolacha a un año después de la aplicación de 40 g/ha de primisulfurón. Mencionan también que las plantas de remolacha registraron de 12 a 16% de daño visible, a dos años posteriores a la aplicación de 80 g/ha de primisulfurón. Cabe señalar que a partir del descubrimiento y comercialización de los herbicidas sulfonilureas, la remolacha azucarera ha sido señalada como la especie más sensible a la acción residual de esta clase de herbicidas.

De igual forma reafirman los resultados obtenidos en los estudios realizados por Rahman *et al.* ( 1990 ) quienes aseveran que los residuos de las aplicaciones de 20 y 40 g/ha de primisulfurón se disiparon en un lapso de dos y tres meses, respectivamente, utilizando a *Sinapsis alba* como especie indicadora. Afirman también, que luego de la aplicación de 80 g/ha de primisulfurón, los residuos persistieron por más de cuatro meses.

Igualmente, los resultados de este trabajo coinciden con los estudios de James *et al.* (1995) quienes mencionan que primisulfurón y metsulfurón mostraron vidas medias de ocho a 36 días en experimentos bajo condiciones controladas y señalan también que la persistencia en el campo fué más corta , utilizando un suelo con pH de 5.7 y con 7.3% de materia orgánica, en Nueva Zelanda.

Sin duda, los dos factores que determinaron la corta persistencia en el suelo de nicosulfurón y primisulfurón, fueron pH y contenido de materia orgánica. El suelo de nuestro sitio experimental contaba con un pH de 6.84 y 1.6% de materia orgánica, por lo que el valor de pH fué determinante para que se llevara a cabo en un mayor porcentaje la hidrólisis química de ambos herbicidas, aunado a las excelentes condiciones de humedad que prevalecieron en el terreno, como resultado de los riegos aplicados y a las lluvias que se manifestaron de manera abundante.

Los Cuadros 9 y 10 muestran las comparaciones de medias para calabaza y pepino. El análisis de varianza nos indica que durante este procedimiento se registró un nivel de

significancia de 0.0001 para tratamientos, lo que significa que existe un 95% de probabilidad de que estas diferencias altamente significativas obtenidas en el análisis sea debido a el efecto de los tratamientos y no de los bloques, por lo que tales diferencias se indican en estos cuadros.

**CUADRO 9. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE DAÑO VISUAL SOBRE CALABAZA A LOS 10, 20 Y 30 DIAS DESPUES DE LA EMERGENCIA. ACTIVIDAD BIOLOGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO.1995.**

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE DAÑO		
			D.D.A.		
			10	20	30
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	14 B	10 B	6 B
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	15 B	11 B	7 B
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	16 B C	11 B	7 B
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	18 B C	13 B C	8 B C
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	18 C D	13 B C	8 B C
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	19 D	15 C D	9 C
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	20 D	15 C D	10 C D
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	23 E	16 C D	10 C D
09	Testigo sin aplicación	---	0 A	0 A	0 A

valores asignados en base a una escala de 0-100, donde: 0=sin daño, 100=daño total.

CUADRO 10. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE DAÑO VISUAL SOBRE PEPINO A LOS 10, 20 Y 30 DIAS DESPUES DE LA EMERGENCIA. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE DAÑO D.D.A.		
			10	20	30
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	15 B	10 B	6 B
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	16 B C	10 B	6 B
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	17 B C D	11 B C	7 B C
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	18 C D	12 B C D	8 B C
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	18 C D	12 B C D	8 B C
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	19 D	15 C D	9 C
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	20 D E	16 C D	9 C
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	21 D E	16 D	10 C D
09	Testigo sin aplicación	---	0 A	0 A	0 A

valores asignados en base a una escala de 0-100, donde: 0= sin daño, 100= daño total.

Los Cuadros 9 y 10 denotan lo siguiente: primisulfurón causó menor daño a las dosis de 22.5 y 30.0 g i.a./ha sobre las plantas de calabaza y pepino, el cual se vió incrementado al aumentar la dosis a 37.5 y 45.0 g i.a./ha, situación que es explicable al considerar que el tratamiento de 30.0 g i.a./ha corresponde a la dosis normal de uso en el campo ( 40.0 g p.c./ha ), de aquí los porcentajes de daño mínimos observados a esta dosis. No obstante, la detención del crecimiento observada fué disminuyendo al transcurrir el tiempo de conducción del estudio, de manera que para la última fecha de evaluación las plantas de calabaza y pepino se liberaron por completo de el efecto residual de los herbicidas.

Por otra parte, los efectos residuales de nicosulfurón fueron mayores que los provocados por primisulfurón, aún a la dosis de 40 g i.a./ha, que corresponde a la dosis recomendada de nicosulfurón para su uso en el campo ( 1.0 lt/ha ), y el daño fué mayor para las dosis de 60.0 y 70.0 g i.a./ha. Sin embargo, los efectos disminuyeron notablemente para la última fecha de evaluación y para las cuatro dosis evaluadas, pero de cualquier manera superaron a los valores registrados para los tratamientos a base de primisulfurón.

#### **4.3. Persistencia de nicosulfurón y primisulfurón en calabaza - aplicación intencional al suelo**

En este bioensayo, en el que se aplicaron intencionalmente nicosulfurón y primisulfurón al suelo, y en donde se llevaron a cabo dos siembras de calabaza, la primera a los siete días después de la aplicación ( DDA ) y la segunda a los 72 DDA, no se vió afectada la germinación de este especie.

Sin embargo, en la primer siembra de calabaza se registraron síntomas severos de daño a partir de los 15 DDA, haciéndose estos más marcados para la primer fecha de evaluación, que fué a los 35 DDA; estos daños se vieron traducidos en fuerte clorosis y detención del crecimiento, necrosis, incluso hasta llegar a la muerte de plantas. En esta primer siembra se pudo constatar que nicosulfurón provocó daños más severos que

primisulfurón, los cuales se vieron acentuados a medida que se incrementaron las dosis y el tiempo de conducción del estudio. En la segunda siembra ( 72 DDA ) las plantas de calabaza presentaron daños ligeros ( clorosis ) hacia los efectos residuales de ambos herbicidas. En este caso, durante las tres fechas de evaluación de síntomas, realizadas a los 35, 42, y 49 días después de la siembra, las plantas mostraron un crecimiento y desarrollo que se puede definir como normales, de manera que para la última fecha de evaluación, las plantas presentaban un aspecto casi similar a las del testigo sin aplicación.

Por lo que los resultados de éste estudio coinciden ampliamente con los estudios de Johnson *et al.* ( 1993 ), quienes al realizar una aplicación al suelo de nicosulfurón y primisulfurón, a dosis de 50 y 100 g i.a./ha, y 40 y 80 g i.a./ha, respectivamente, no observaron ningún daño visible sobre plantas de maíz, algodón, sorgo, arroz y soya sembrados a 98 días posteriores a la aplicación de ambos herbicidas.

En el Cuadro 11 se muestran las comparaciones de medias (SAS) para estas variables, luego de haberse llevado a cabo el análisis de varianza de los datos registrados.

CUADRO 11. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE DAÑO VISUAL SOBRE CALABAZA A LOS 35, 49 Y 63 DIAS DESPUES DE LA APLICACION. ACTIVIDAD BIOLOGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. 1er. SIEMBRA. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE DAÑO D.D.A.		
			35	49	63
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	81 B	83 B	83 B
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	89 B	91 B C	92 B C
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	92 B C	94 C D	94 C D
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	95 B C	97 D	98 E
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	90 B	91 B C	92 B C
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	94 B C	95 C D	96 C D
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	95 B C	97 C D	97 D
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	96 B C	97 C D	98 E
09	Testigo sin aplicación	---	0 A	0 A	0 A

valores asignados en base a una escala de 0-100, donde: 0= sin daño, 100= daño total.

El procedimiento de análisis de varianza de los datos registró un nivel de significancia de 0.0001 para tratamientos, lo que significa que existen diferencias altamente significativas entre los mismos, las cuales se muestran en el Cuadro 11.

Como se puede apreciar, se presentó un comportamiento similar en las tres fechas de evaluación: la persistencia de primisulfurón y nicosulfurón fué mayor a medida que se incrementó la dosis y el tiempo de conducción del experimento. Estos resultados son comprensibles, ya que hay que considerar que la siembra se realizó a la semana después de aplicar los herbicidas, además de que esta hortaliza se considera una especie altamente

sensible a la actividad de ambas sulfonilureas y a la de los demás miembros de esta clase, de aquí los valores tan altos registrados de daño para esta primer siembra.

CUADRO 12. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE DAÑO VISUAL SOBRE CALABAZA A LOS 107, 114 Y 121 DIAS DESPUES DE LA APLICACION. ACTIVIDAD BIOLOGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. 2a. SIEMBRA. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE DAÑO D.D.A.		
			107	114	121
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	11 B	3 B	2 A
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	12 B	6 B	4 A
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	16 B	11 B	7 A
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	17 B	12 B	8 A
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	17 B	10 B	7 A
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	19 B	11 B	7 A
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	19 B	13 B	11 A
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	24 B	16 B	12 A
09	Tctstigo sin aplicación	---	0 A	0 A	0 A

valores asignados en base a una escala de 0-100, donde: 0= sin daño, 100= daño total.

El análisis estadístico de los datos para la 2a. siembra de calabaza, reporta diferencias significativas para tratamientos en la primera y segunda evaluación. Sin embargo, la comparación de medias ( Cuadro 12 ), nos muestran que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos químicos evaluados, ni entre ingredientes activos ni en dosis de los mismos. En contraste, el análisis de varianza nos dice que no se presentaron diferencias

estadísticas de ninguna clase para la tercer fecha de evaluación (121 DDA), en donde las plantas se desarrollaron casi igual que en el testigo sin aplicación.

Cabe señalar que los “daños” a los que nos referimos en este caso, no fueron clorosis, enchinamientos ni necrosis, sino detención temporal de crecimiento, por lo que para la última fecha de evaluación ( 121 DDA ) las plantas de calabaza se liberaron de los efectos residuales de ambas moléculas.

La razón por la que la persistencia de nicosulfurón y primisulfurón fué menor en invernadero que en campo, puede ser quizás debido a que las plantas para el primer caso, se regaron continuamente hasta que el agua alcanzara el borde de las macetas, por lo que el suelo nunca dejó de tener una alta humedad, favoreciéndose así los procesos de hidrólisis química y lixiviación de los herbicidas, sumándose a esto las condiciones de clima (temperaturas entre 28 y 35° C ), dándose de esta manera las condiciones idóneas bajo las cuales esta clase de herbicidas manifiestan un mayor porcentaje de disipación en el suelo, aunado al pH registrado que fué de 6.84.

#### **4.4. Eficacia biológica de nicosulfuron y primisulfuron para el control de *Sorghum halepense* L**

Nicosulfurón en todas sus dosis evaluadas - 40, 50, 60 y 70 g i.a./ha - a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación (DDA) registró controles excelentes (>95%), sobre las plantas de zacate johnson, las cuales presentaban una talla de 45-55 cm de altura al momento de la aplicación; estas mismas plantas registraron de manera muy evidente las coloraciones púrpuras características que producen estos dos herbicidas sulfonilureas, tanto en follaje como en tallos, a lo cual le siguió una necrosis para finalmente conducir a la muerte total de plantas a los 45 DDA. Por su parte primisulfurón también registró porcentajes de control superiores al 95% sobre las plantas de zacate johnson, en las tres fechas de evaluación y para las cuatro dosis evaluadas (22.5, 30., 37.5 y 45.0 g i.a./ha ). Los síntomas que presentaron las plantas fueron exactamente los mismos que en el caso de nicosulfurón. Por otra parte, no se presentaron rebrotes para ninguno de los tratamientos evaluados durante el tiempo en que se condujo el experimento ( 75 días ), demostrando de esta manera que las yemas presentes en los rizomas fueron eliminadas eficazmente por la acción de los herbicidas, ya que al arrancarlas y ser examinadas, presentaban una necrosis total, confirmando así la capacidad de traslocación de ambas moléculas. El Cuadro 13 muestra la comparación de medias para las tres fechas de evaluación, luego de haber sometido los datos a análisis de varianza.

Los resultados de esta investigación coinciden ampliamente con los estudios de Foy y Witt (1990) quienes al aplicar nicosulfurón y primisulfurón sobre plantas de zacate johnson que promediaban ocho hojas, observaron porcentajes de control de hasta 98%, aún a los 50 DDA.

Asimismo, concuerdan con lo observado por Camacho *et al.* ( 1991 ) quienes en estudios de invernadero afirman que nicosulfurón y primisulfurón controlaron eficazmente a plantas de zacate johnson que contaban con 40 cm de altura, y que al realizar aplicaciones divididas en el campo con ambos herbicidas, registraron porcentajes de control del orden del 95% sobre esta especie.

Camacho y Moshier ( 1991 ) señalan haber obtenido resultados similares a los aquí registrados al aplicar nicosulfurón y primisulfurón sobre plantas de zacate johnson cuando estas se encontraban en la etapa de 3-4 hojas y 6-8 hojas verdaderas. Además, afirman no haber observado rebrotes como resultado de la aplicación de ambos herbicidas.

Los resultados obtenidos en este estudio reafirman lo obtenido por Obrigawitch *et al.* ( 1990 ), quienes en sus estudios indican haber observado una mejor actividad de nicosulfurón sobre zacate johnson, cuando este presentaba más de cinco hojas, que al aplicarlo sobre plantas con menos de cinco hojas.

Finalmente, los resultados de este trabajo coinciden ampliamente con los reportes de Gubbiga *et al.* ( 1995 ), quienes aseveran que aplicaciones únicas de nicosulfurón a 35 g i.a./ha, ó divididas de 17.5 g i.a./ha de este mismo producto, registraron porcentajes de control superiores al 90%, sobre plantas de zacate johnson.

CUADRO 13. COMPARACION DE MEDIAS. PORCENTAJE DE CONTROL VISUAL SOBRE *Sorghum halepense* A LOS 15, 45 Y 60 DIAS DESPUES DE LA APLICACION. ACTIVIDAD BIOLOGICA DE NICOSULFURON Y PRIMISULFURON EN MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU RESIDUALIDAD EN ROTACION CON HORTALIZAS. CHAPINGO, MEXICO. 1995.

NUM. DE TRATAM.	PRODUCTO	DOSIS g i.a./ha	% DE CONTROL D.D.A.		
			15	45	60
01	Primisulfurón 75% GDA	22.5	93 A	97 A	99 A
02	Primisulfurón 75% GDA	30.0	95 A	98 A	99 A
03	Primisulfurón 75% GDA	37.5	95 A	98 A	99 A
04	Primisulfurón 75% GDA	45.0	95 A	99 A	100 A
05	Nicosulfurón 4% SC	40.0	95 A	99 A	100 A
06	Nicosulfurón 4% SC	50.0	95 A	99 A	100 A
07	Nicosulfurón 4% SC	60.0	95 A	99 A	100 A
08	Nicosulfurón 4% SC	70.0	95 A	99 A	100 A
09	Testigo sin aplicación	---	0 B	0 B	0 B

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

De acuerdo con el Cuadro 13, se observa un excelente control de zacate johnson tanto con nicosulfurón como con primisulfurón, el cual en la primer fecha de evaluación fue de 95%, y para los 60 DDA alcanzó valores de 100%, reafirmando así el poder herbicida de

ambas moléculas en el control de esta gramínea. El análisis de varianza nos indica que no hay diferencias estadísticas, por lo que no fué posible discriminar efectos entre dosis, formulaciones e ingrediente activo. Por lo que, dada la importancia de esta maleza en regiones tropicales, y especialmente cuando se presenta en el cultivo de maíz, ambos herbicidas sulfonilureas controlan eficazmente al zacate johnson, ya sea que se reproduzca por medio de semilla o de rizoma, gracias a la capacidad de traslocación que presentan, llegando hasta estructuras subterráneas de dispersión, teniendo como vía principal de acceso a el follaje.

## 5. CONCLUSIONES.

1. Nicosulfurón y primisulfurón provocaron una ligera clorosis en el cogollo de las plantas de maíz V-107( EWRC= 2 ), siendo superada a los 15 DDA, sin ocasionar un retraso significativo en crecimiento y vigor.
2. Las especies de maleza dominante en el estudio de campo fueron: *Simsia amplexicaulis*, *Amaranthus hybridus*, *Sicyos angulatus*, *Chenopodium album* y *Eleusine multiflora*.
3. La dosis óptima de primisulfurón para el control de *S. amplexicaulis*, *S. angulatus*, y *A. hybridus*, fué de 30.0 g i.a./ha ( 40.0 g p.c./ha ).
4. La dosis óptima de nicosulfurón para el control de *S. angulatus*, y *A. hybridus*, fué de 40.0 g i.a./ha ( 1.0 l p.c./ha ).
5. Primisulfurón a todas las dosis evaluadas y en las tres fechas de evaluación, se mostró ineficiente en el control de *C. album* y *E. multiflora*.
6. Nicosulfurón a todas las dosis evaluadas y en las tres fechas de evaluación, se mostró ineficiente en el control de *S. amplexicaulis*, *C. album* y *E. multiflora*.

7. Se detectaron síntomas visuales mínimos de daño (interrupción del crecimiento) en siembras de calabaza y pepino, realizadas en invernadero posteriormente a la culminación del estudio de maíz en campo, a los 193 y 203 días después de la aplicación de nicosulfurón y primisulfurón; sin embargo, estos efectos fueron imperceptibles a los 213 días después de la aplicación de los tratamientos. La presencia de los síntomas de daño estuvieron directamente relacionados con la dosis de herbicida aplicada.
  
8. Se presentaron síntomas de daño ligeramente mayores, como resultado de la aplicación de los tratamientos a base de nicosulfurón, incrementándose estos a medida que se aumentó la dosis del herbicida.
  
9. El pH del suelo ( 6.84 ), utilizado en nuestros ensayos, y la alta humedad presente en el mismo, fueron posiblemente los dos principales factores que influyeron en la disipación - relativamente rápida - de nicosulfurón y primisulfurón.
  
10. Nicosulfurón y primisulfurón dañaron en un alto porcentaje ( > 90% ) a la calabaza sembrada a los siete días después de la aplicación intencional al suelo de los tratamientos; no obstante, los efectos residuales fueron mínimos (10%) en calabaza sembrada a los 72 días posteriores a la aplicación de ambos herbicidas.

11. Nicosulfurón y primisulfurón registraron porcentajes de control excelentes (>95%) sobre plantas de zacate johnson (*Sorghum halepense* L. )que promediaban 50 cm de altura, en todas sus dosis evaluadas a los 15 DDA, y alcanzando porcentajes de control iguales y superiores al 99% a los 45 DDA, para las cuatro dosis consideradas de cada herbicida.

## **6. SUGERENCIAS**

1. Se recomienda la adición de un surfactante no iónico, en una proporción de 0.25 v/v, para incrementar la actividad biológica y el espectro de control de nicosulfurón y primisulfurón, en maíz.

## 7. LITERATURA CITADA

- Agrema, H.A. 1986. Genetical studies on (*Zea mays* L.) nature of the genetic resistance to the leaf spot disease caused by *H. maydis* race "0". Master of Sciences Thesis. Faculty of Agronomy. University of Alexandria. 78 p.
- Akobundu, I.O. 1987. Weed Science in the Tropics. Principles and Practices. John Wiley and Sons Ltd. 356 p.
- Anderson, W.P. 1983. Weed Science: Principles. West Publishing Company. St. Paul, Minnesota. 287 p.
- Anónimo. 1989. Technical data sheet of the product CGA 136'872. CIBA-GEIGY, Basle, Switzerland. 30 p.
- Anónimo. 1994. CIMMYT 1993/1994 World Maize Facts and Trends. Maize seed Industries, Revisited: Emerging Roles of the Public and Private Sectors. México, D.F.: CIMMYT. 75 p.
- Anónimo. 1990. Perfil técnico del herbicida Accent (nicosulfuron). 24 p.
- Anónimo. 1995. Industrialización del maíz Y. Boletín informativo. Núm. 271, Volumen XXVIII. 56 p.
- Anónimo. 1993. Boletín técnico del herbicida Sanson 4 SC (nicosulfuron). ISK Biosciences. 20 p.
- Anónimo. 1994 Cultivos Básicos. Datos básicos núm. 1. Subsecretaría de Agricultura. Dirección General de Política Agrícola. 73 p.
- Anónimo. 1994. Producción y comercialización del maíz, 1987-1993. Subsecretaría de Planeación. 58 p.
- Ariyanayagam, R.P. 1971. The effect of mass selection for leaf angle and its influence on grain yield of corn. Master of Sciences Thesis. College of Agriculture, University of the Philippines. 63 p.
- Audus, L.J. 1979 Herbicides: physiology, biochemistry, ecology. 2a. Edición Academic Press, London. 345 p.
- Auld, B.A. 1987. Weed control economics. Academic Press Inc. ( London ) Ltd. 239 p.

- Auld, B.A. and B.G. Coote. 1980. A model of a spreading plant population. *Prot. Ecol.* 3, 271-277.
- Bailey, J.A. and G. Kapusta. 1993. Soybean (*Glycine max*) tolerance to simulates drift of nicosulfuron and primisulfuron. *Weed Technology*. Vol.7:740-745.
- Behrendt, S. y M. Hanf. 1979. Malezas gramíneas en los cultivos agrícolas. BASF. Aktiengesellschaft, Ludwigshafen. 115 p.
- Bhat, K.B. 1963. Study of three generations of synthetic varieties in maize (*Zea mays* L.). Master of Sciences Thesis. Indian Agricultural Research Institute. New Dehli, India. 87 p.
- Bhowmik, P.C. , B.M. O'toole and J. Andaloro. 1992. Effects of nicosulfuron on quackgrass (*Elytrigia repens*) control in corn (*Zea mays*). *Weed Technology*. Vol. 6:52-56.
- Blair, A.M. and T.D. Martin. 1988. A review of the activity, fate and mode of action of sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science*. 22: 195-219.
- Brown, H.M. 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science*. 29: 263-281.
- Bruce, J.A., D. Penner and J.J. Kells. 1993. Absorption and activity of nicosulfuron and primisulfuron in quackgrass (*Elytrigia repens*) as affected by adjuvants. *Weed Science*. Vol 41:218-224.
- Camacho, R.F., L.J. Moshier, D.J. Morishita and D.L. Devlin. 1991. Rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control in corn (*Zea mays*) with primisulfuron and nicosulfuron. *Weed Technology*. Vol. 7: 789-794.
- Camacho, R.F. and L.J. Moshier. 1991. Absorption, translocation, and activity of CGA-136872, DPX-V9360, and glyphosate in rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Science*. Vol. 39: 354-357.
- Chandler, J.M. , Hamill, A.S. and A.G. Thomas. 1984. Crop losses due to weeds in Canada and the United States. *Weed Science Society of America*, Champaign, Illinois. 190p.
- Cramer, H.H. 1967. Plant protection and world crop production. *Planzenschutz Nachr. Bayer*, 20, 1-524.
- Dobbels, A.F. y G. Kapusta. 1993. Postemergence weed control in corn (*Zea mays*) with nicosulfuron combinations. *Weed Technology*. Vol. 7: 844-850.

- Félix, F.E. 1993. Determinación de susceptibilidad varietal de doce genotipos de maíz a la actividad del herbicida postemergente nicosulfuron. Memorias del XIV Congreso Nacional ASOMECEMA. 145 p.
- Foy, C.L. and H.L. Witt. 1990. Johnsongrass control with DPX-V9360 and CGA-136872 in corn (*Zea mays*) in Virginia. Weed Technology. Vol. 4: 615-619.
- Friesen, G.H. and D.A. Wall. 1991. Residual effects of CGA- 131036 and chlorsulfuron on spring-sown rotational crops. Weed Science. Vol. 39: 280-283.
- Fryer, J.D. and R.J. Makepeace. 1978. (Eds.). "Weed control handbook. Volume II. Recommendations". 8th De., Blackwells, Oxford. 296 p.
- Galavíz, F.R. 1985. Herbicidas y cobertura orgánica en maíz (*Zea mays* L.) sembrado bajo el sistema de labranza cero en Chapingo, México. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 47 p.
- Gammie, R.L. and J.J. Dellow. 1983. Weed control in winter crops. N.S.W. Department of Agriculture, Sidney. 382 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. UNAM. Instituto de Geografía. 246 p.
- García, T.L. y C. Fernández-Quintanilla. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 348p.
- Gillespie, G.R. 1994. Basis for the differential response of quackgrass (*Elytrigia repens*) biotypes to primisulfuron. Weed Science. Vol. 42: 8-12.
- Gillespie, G.R. and D.B. Vitolo. 1993. Response of quackgrass (*Elytrigia repens*) biotypes to primisulfuron. Weed Technology. Vol. 7: 411-416.
- Glenn, S. and N.G. Anderson 1993. Hemp dogbane (*Apocynum cannabinum*) and wild blackberry (*Rubus allegheniensis*) control in no-tillage corn (*Zea mays*). Weed Technology. Vol. 7: 47-51.
- Gómez, B.J.G. 1993. Control químico de la maleza. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, D.F. 163 p.
- Gómez de Barreda, D., E. Lorenzo, E.A. Carbonell, B. Cases and N. Muñoz. 1993. Use of tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedlings to detect bensulfuron and quinclorac residues in water. Weed Technology. Vol. 7: 376-381.

- Green, J.M. and J.F. Ulrich. 1993. Response of corn (*Zea mays*) inbreds and hybrids to sulfonylurea herbicides. *Weed Science*. Vol. 41: 508-516.
- Gubbiga, N.G., A.D. Douglas, H.D. Coble and R.W. Lemons. 1995. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. *Weed Technology*. Vol. 9: 574-581.
- Gunther, P., A. Rahman and W. Pestemer. 1989. Quantitative bioassays for determining residues and availability to plants of sulphonylurea herbicides. *Weed Research*. Vol. 29: 141-146.
- Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press Inc. (London) Ltd. 366 p.
- Hay, J.V. 1990. Chemistry of sulfonilurea herbicides. *Pesticide Science*. Vol. 29: 247-261.
- James, T.K., P. Klaffenbach, P.T. Holland and A. Rahman. 1995. Degradation of primisulfuron-methyl and metsulfuron-methyl in soil. *Weed Research*. Vol. 35: 113-120.
- Johnson, D.H., D.L. Jordan, R.E. Talbert and R.E. Frans. Nicosulfuron, primisulfuron, imazethapyr, and DPX-PE350 injury to succeeding crops. *Weed Technology*. Vol. 7: 641-644.
- Kanani, K.M. 1985. Studies on the low temperature infrared heat processing of soybeans and maize. Wageningen University. Federal Republic of Germany. 360 p.
- Kinfe, B. and T.F. Peeper. 1993. Persistence of chlorsulfuron and BAY SMY 1500 in air dry soil at room temperature. *Weed Technology*. Vol. 7: 29-32.
- Kotoula-Syka, E., I.G. Eleftherohorinos, A.G. Gagianas and A.G. Sficas. 1993. Persistence of preemergence applications of chlorsulfuron, metsulfuron, triasulfuron, and tribenuron in three soils in Greece. *Weed Science*. Vol. 41: 246-250.
- Li, G.C. 1981. Some problems associated with herbicide use in Taiwan. In "Weeds and weed control in Asia", (M. Tetangco, de.), pp. 160-171. Food and Fertilizer Technology Center, Taipei. 240 p.
- Littlefield, T.A., D.L. Colvin, B.J. Brecke and L.B. McCarty. 1995. The effect of nicosulfuron tank-mixes and time of application on sunrunner peanut (*Arachis hypogaea*). *Weed Technology*. Vol. 9: 568-573.
- Martínez, L.E. 1993. Evaluación de nicosulfuron 4 SC y 75 GDA para el control de malezas en maíz (*Zea mays* L.) en el Municipio de Ahome, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Los Mochis. 68 p.

- Moberg, W.K. and B. Cross. 1990. Herbicides inhibiting branched-chain amino acid biosynthesis. *Pesticide Science*. Vol. 29: 241-246.
- Monks, C.D. and P.A. Banks. 1991. Rotational crop response to chlorimuron, clomazone, and imazaquin applied the previous year. *Weed Science*. Vol. 39: 629-633.
- Morgado, J.G. 1993. Desarrollo de nuevos herbicidas para el combate de malezas de cultivos agrícolas. XIV Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Puerto Vallarta, Jalisco. México. p. 122-128.
- Morton, C.A. and R.G. Harvey. 1994. Simulated environments influence primisulfuron efficacy. *Weed Science*. Vol. 42: 424-429.
- Morton, C.A., R.G. Harvey, J.J. Kells, D.A. Landis, W.E. Lueschen and V.A. Fritz. 1993. In-furrow terbufos reduces field and sweet corn (*Zea mays*) tolerance to nicosulfuron. *Weed Technology*. Vol. 7: 934-939.
- Moyer, J.R. 1995. Sulfonylurea herbicide effects on following crops. *Weed Technology*. Vol. 9: 373-379.
- Muzik, T.J. 1970. *Weed Biology and Control*. McGraw-Hill, Inc. USA. 248 p.
- Nalewaja, J.D., Z. Woznica and F.A. Manthey. 1991. DPX-V9360 efficacy with adjuvants and environment. *Weed Technology*. Vol. 5: 92-96.
- Nalewaja, J.D., T. Praczyk and R. Matysiak. 1995. Salts and surfactants influence nicosulfuron activity. *Weed Technology*. Vol. 9: 587-593.
- Nandula, V.K., W.S. Curran, G.W. Roth and N.L. Hartwig. 1995. Effectiveness of adjuvants with nicosulfuron and primisulfuron for wirestem muhly (*Muhlenbergia frondosa*) control in no-till corn (*Zea mays*). *Weed Technology*. Vol. 9: 525-530.
- Ngouajio, M. and E.S. Hagood. 1993. Weed control in corn (*Zea mays*) with primisulfuron as influenced by rate, timing, and herbicide combinations. *Weed Technology*. Vol. 7: 65-69.
- Novosel, K.M., K.A. Renner, J.J. Kells and A.J. Chomas. 1995. Sugarbeet (*Beta vulgaris*) response to and sorption characteristics of nicosulfuron and primisulfuron. *Weed Technology*. Vol. 9: 484-489.
- Obrigawitch, T.T., W.H. Kenyon and H. Kuratle. 1990. Effect of application timing on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with DPX-V9360. *Weed Science*. Vol. 38: 45-49.

- Ordish, G. 1968. Some notes on the short-term and long-term economics of pest control. PANS 14, 343-355.
- Parker, C. and J.D. Fryer. 1975. Weed control problems causing major reductions in world food supplies. FAO Plant Prot. Bull. 23, 83-95.
- Pestemer, W., L. Stalder and B. Eckert. 1980. Availability to plants of herbicide residues in soil. Part II: Data for use in vegetable crops rotations. Weed Research. Vol. 20: 349-353.
- Poey, F.R. 1975. El mejoramiento integral del maíz. Rendimiento y valor nutritivo; hipótesis y métodos. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 112 p.
- Rahman, A., T.C. James and T.M. Patterson. 1990. Soil activity and persistence of the sulfonylurea herbicide primisulfuron. Proceed. of the 43rd. New Zealand Weed and Pest Control Conf. 142-145.
- Rahman, A. and T.K. James. 1993. Enhanced activity of nicosulfuron in combination with soil-applied insecticides in corn (*Zea mays*). Weed Technology. Vol. 7: 824-829.
- Renner, K.A., W.F. Meggitt and D. Penner. 1988. Effect of soil pH on imazaquin and imazethapyr adsorption to soil and phytotoxicity to corn (*Zea mays*). Weed Science. Vol. 36: 78-83.
- Robinson, D.K., D.W. Monks, J.R. Schultheis and A.D. Worsham. 1993. Sweet corn (*Zea mays*) cultivar tolerance to application timing of nicosulfuron. Weed Technology. Vol. 7: 840-843.
- Ross, M.A. and C.A. Lembi. 1985. Applied Weed Science. Burgess Publishing, Minneapolis, Minnesota. 398 p.
- Ryang, H.S., Y.H. Moon, J.H. Lee and I.S. Jang. 1989. Mobility and residual activity of three sulfonylurea herbicides in soils. Proceed., 12th Asian-Pacific Weed Sci. Soc. Conf. 1:107-112.
- Santelmann, P.W. 1977. Herbicide bioassay. Research methods in weed science. Southern Weed Science Society. 2nd. edition. p. 146-154.
- Simarmata, M. and D. Penner. 1993. Protection from primisulfuron injury to corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) with herbicide safeners. Weed Technology. Vol. 7: 174-179.

- Stahlman, P.W. 1987. Sulfonylurea herbicides in two soils in Kansas. *Proceed. of the West Soc. of Weed Sci.* 40:47.
- Stalder, L. and W. Pestemer. 1980. Availability to plants of herbicide residues in soil. Part I: A rapid method for estimating potentially available residues of herbicides. *Weed Research*. Vol. 20: 341-347.
- Stall, W.M. and T.A. Bewick. 1992. Sweet corn cultivars respond differentially to the herbicide nicosulfuron. *Hortscience*, Vol. 27 (2): 131-133.
- Sunderland, L.S., P.W. Santelmann and T.A. Baughman. 1991. A rapid, sensitive soil bioassay for sulfonylurea herbicides. *Weed Science*. Vol. 39: 296-298.
- Thomas, A.G., A.M. Gill, P.H. Moore and F. Forcella. 1984. Drought feeding and the dispersal of weeds. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 50, 103-107.
- Turgeon, A.J., M.D. Krall and M.K. Viney. 1994. Turf weeds and their control. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 278 p.
- Vickery, M.L. and B. Vickery. 1987. Secondary plant metabolism. Macmillan, London. 426 p.
- Walker, A., E.G. Cotterill and S.J. Welch. 1989. Adsorption and degradation of chlorsulfuron and metsulfuron-methyl in soils from different depths. *Weed Research*. Vol. 29: 281-287.
- Wiese, A.F., M.L. Wood and E.W. Chenault. 1988. Persistence of sulfonylureas in pullman clay loam. *Weed Technology*. Vol. 2: 251-256.
- Zimdahl, R.L. 1993. *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press, Inc. San Diego, California. 450 p.

