



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**DETERMINACIÓN DE LA RESIDUALIDAD DEL
HERBICIDA METSULFURÓN METIL + TIFENSULFURÓN
METIL APLICADO EN LA POSTEMERGENCIA DEL
TRIGO SOBRE MAÍZ *Zea mays* L. DE VERANO SEMBRADO
EN ROTACIÓN CICLO AGRÍCOLA 1999, EN EL VALLE
DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO.**

T É S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

PRESENTA

HÉCTOR ARTURO MORENO SALAZAR

CIUDAD OBREGÓN, SONORA, MÉXICO.

JUNIO DE 2002

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS

Los miembros del Jurado examinador recomendamos que el presente trabajo de Tesis “DETERMINACIÓN DE LA RESIDUALIDAD DEL HERBICIDA METSULFURÓN METIL + TIFENSULFURÓN METIL APLICADO EN LA POSTEMERGENCIA DEL TRIGO SOBRE MAÍZ *Zea mays* L. DE VERANO SEMBRADO EN ROTACIÓN CICLO AGRÍCOLA 1999, EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO”. Sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

DR. LUIS MIGUEL TAMAYO ESQUER

ASESOR

M.A. CARLOS M. AGUILAR TREJO

COORDINADOR DE LA CARRERA DE M.V.Z.

COMITÉ:

PRESIDENTE: _____

SECRETARIO: _____

VOCAL: _____

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por ser el creador y dador de vida que dice “*Ve tu fé te ha salvado*” (Lc 18,42) y por darme la fe y salud para alcanzar mis sueños y anhelos.

A MI ASESOR:

DR. LUIS MIGUEL TAMAYO ESQUER

Sin su ayuda y apoyo no habría podido realizar éste trabajo y por haberme dado siempre su amistad, tiempo, experiencia y conocimientos.

A MI REVISOR:

M.C. IGNACIO RUÍZ HERNÁNDEZ

Por sus acertadas sugerencias y correcciones que fueron de gran ayuda en la realización de este trabajo.

A MI REVISOR:

ING. LUIS ALFONSO GARCÍA LÓPEZ

Por su valioso apoyo, su amistad en el transcurso de mi carrera y que seguirá por siempre; y por sus acertadas recomendaciones para la elaboración de este trabajo.

A MI REVISOR:

DR. RAMÓN ZAVALA FONSECA

Por sus acertadas sugerencias y correcciones que fueron de gran ayuda en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MI PADRE,

Que supo inculcarme siempre, cual era mi misión en la vida y por dejarme la mejor herencia que es la educación y el cariño. A quien por siempre extrañaré.

A MI MADRE,

Por haberme dado el ser, soportar todo lo que no es fácil y darme amor y apoyo para mi lucha diaria, siempre pensando en que para ella soy especial.

A MIS HERMANAS Y HERMANOS

Por su apoyo, confianza y fe.

A MIS FAMILIARES

Por su apoyo para mi lucha diaria y por la amistad que me han dado.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

Su amistad y confianza, son los ejes de mi motivación.

A MI ESPOSA E HIJOS

Su apoyo, amor y paciencia son el motor de mi existencia.

ÍNDICE

DEDICATORIAS.	i
AGRADECIMIENTOS.	ii
ÍNDICE.	iii
LISTA DE CUADROS..	v
LISTA DE FIGURAS.	viii
RESUMEN.	x

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.	1
----------------------	---

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA.	4
2.1. El cultivo de maíz.	4
2.2. La maleza y su control..	5
2.3. Persistencia de los herbicidas.	6
2.4. Especificaciones de los herbicidas de interés.	8
2.4.1. Metsulfurón metil.	8
2.4.2. Tifensulfurón metil.	9

CAPÍTULO III

OBJETIVO E HIPÓTESIS.	12
3.1. Objetivo..	12
3.2. Hipótesis.	13

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS.	14
4.1. Localización del sitio experimental.	14

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Descripción de los tratamientos aplicados en trigo para la evaluación de su persistencia sobre los cultivos de rotación en el Valle del Yaqui, Sonora, México	16
2 Número de plantas por metro lineal de maíz, como resultado de los tratamientos aplicados en trigo, Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Otoño - Invierno 1999-2000.	18

3	Desarrollo de plantas de maíz, como resultado de los tratamientos aplicados en trigo. Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	19
4	Número de hojas por planta de maíz, como resultado de los tratamientos Aplicados. Campo Experimental Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo Agrícola Verano de 1999.	21
5	Distancia entre nudos de las plantas de maíz, como resultado de los tratamientos aplicados. Campo Experimental Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	22
6	Fitotoxicidad en maíz, como resultado de los tratamientos aplicados. Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	24
7	Rendimiento promedio, obtenido como resultado de los tratamientos aplicados en trigo, de maíz establecido en rotación. Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	26

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diseño de campo bajo el cual se establecieron los tratamientos, en el block 912 del Campo Experimental Valle del Yaqui. Ciclo agrícola verano de 1999.	15
2	Población de maíz durante el estudio de residualidad. Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	19

3	Desarrollo de la población de maíz durante el estudio de residualidad. Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	20
4	Número de hojas por planta de maíz, como resultado de los tratamientos aplicados. Campo experimental Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	22
5	Distancia entre nudos de las plantas de maíz, como resultado de los tratamientos aplicados. Campo Experimental Valle del Yaqui, Sonora México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	23
6	Fitotoxicidad en maíz, como resultado de los tratamientos aplicados. Campo Experimental Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo Agrícola Verano de 1999.	25
7	Rendimientos promedio de maíz obtenido como resultado de los tratamientos durante el estudio de residualidad. Valle del Yaqui, Sonora, México. Ciclo agrícola Verano de 1999.	27

RESUMEN

En el desarrollo de un nuevo herbicida, independientemente de tener conocimiento sobre su eficiencia en el control de maleza y selectividad hacia el cultivo, es indispensable conocer su persistencia en el suelo. Algunos productos pueden permanecer por largos períodos de tiempo y poner en riesgo a otros cultivos que se siembran en rotación, por tal motivo existe la necesidad de tener información de la vida media del nuevo producto, en este caso de La mezcla de Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil cuando este se aplica sobre el cultivo del trigo, sobre los cultivos susceptibles de establecerse en rotación. El presente trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Yaqui, CEVY-CIRNO-INIFAP. Durante el ciclo de verano de 1999. El trabajo se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones, donde la parcela experimental fue de cuatro surcos sembrados a 80

centímetros de separación por 10 metros de largo (32 metros cuadrados) y la parcela útil de los dos surcos centrales por ocho metros centrales (12.8 metros cuadrados). Los tratamientos consistieron en la aplicación en postemergencia del cultivo del trigo (8 de enero de 1999) durante el ciclo agrícola otoño-invierno 1998-99, de la dosis comercial de la mezcla formulada de los herbicidas Metsulfurón metil con Tifensulfurón metil (30 gr de p.c./ha de Situi XL); comparada con la dosis duplicada de ésta mezcla formulada (60 gr de p.c./ha de Situi XL) y un testigo sin aplicación. El cultivo del trigo se cosechó en mayo de 1999, posteriormente se realizaron los trabajos tradicionales para la preparación del terreno, para el establecimiento de los cultivos de maíz de verano. Los resultados muestran que la población de maíz de verano, establecida en rotación con el cultivo de trigo aplicado con Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil; no se ve afectada significativamente, ni con la dosis comercial de este producto (30 g de p.c./ha), ni con la dosis duplicada (60 g de p.c./ha), en comparación con el testigo sin aplicación. En lo concerniente al desarrollo de las plantas de maíz, durante el ciclo del cultivo, éste no se ve tampoco afectado; por lo que se considera que no persisten residuos suficientes de ésta mezcla de herbicidas. Aparentemente, no existe evidencia de residuos de éstos herbicidas, que pudieran afectar la producción de hojas del cultivo ni la distancia entre nudos de las plantas de maíz, bajo las condiciones del presente ensayo. El cultivo de maíz de verano establecido en rotación inmediata con el cultivo de trigo tratado, no presenta ningún síntoma de fitotoxicidad, ocasionado por posibles residuos de los herbicidas utilizados. El rendimiento del cultivo de maíz de verano establecido en rotación con trigo tratado con Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil, no se ve afectado significativamente; por lo que, se considera que posiblemente las condiciones de clima cálido y alta humedad del suelo y ambiente, contribuyen a una rápida degradación, liberando a los cultivos de rotación del posible daño por residuos de herbicidas.

I. INTRODUCCIÓN

Los herbicidas "ideales" para el control químico de malas hierbas en los cultivos de interés deberán permanecer activos en el suelo, lo suficiente como para liberar de la competencia ejercida por maleza desde la siembra hasta la cosecha; sin embargo, existen pocos herbicidas con estas características, lo que a menudo ocasiona daños fitotóxicos en los cultivos susceptibles que se establecen en rotación con los cultivos aplicados con estos productos residuales. En algunos casos, los residuos de algunos herbicidas prevalecen en el suelo en cantidad suficiente y por periodos considerables de tiempo, como para afectar significativamente el establecimiento y desarrollo de los cultivos susceptibles que se siembran en rotación.

En las regiones donde predominan condiciones de poca humedad en el suelo y/o clima frío, los problemas de residuos son mayores; por el contrario, las condiciones de alto contenido de humedad del suelo y temperaturas elevadas, favorecen considerablemente la degradación de los herbicidas en periodos cortos de tiempo, muchas de las veces, menores que los requeridos en el ciclo del cultivo a proteger.

Cualquiera que sea el herbicida y su modo de aplicación, el suelo recibe la parte de la cantidad de herbicida pulverizado sobre el suelo o dentro de éste, solo los fenómenos de fotodescomposición, de degradación fisico-química y biológica y de metabolización de la parte absorbida por los vegetales, participan en una degradación real (completa o no) del herbicida. Todos los otros procesos a los cuales está sometido el producto (solubilización, adsorción, desorción, volatilización, acarreo, transporte hacia las aguas subterráneas, etc) contribuyen simplemente a desplazarlo, lo que hace pensar, en ciertos casos, en una degradación que en realidad solo es aparente (Tissut & Séverin, 1984).

La fracción que escapa a los factores anteriormente mencionados y queda activa en el suelo, conserva su poder herbicida durante varias semanas o meses; por lo que los herbicidas con alto poder residual, protegen al cultivo desde la siembra hasta la cosecha, pero, por otro lado, pueden seguir activos hasta afectar el siguiente cultivo llegando a matarlo (Rojas & Vázquez, 1995).

La importancia de la determinación del periodo de residualidad de los herbicidas, se basa en la necesidad del establecimiento de normas de seguridad para las recomendaciones de los herbicidas y dosis en el control químico de maleza, con el propósito de que representen el mínimo riesgo de daño fitotóxico a los cultivos que se establecen en rotación.

El presente ensayo contempla determinar la persistencia de la mezcla de los herbicidas metsulfurón metil y tifensulfurón metil (Situi XL) recomendado para el manejo integrado de maleza en el cultivo del trigo para el Valle del Yaqui; para así poder establecer las normas de seguridad en las recomendaciones de los herbicidas que reflejen un mínimo riesgo a los cultivos subsecuentes que siembren los productores de la región.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CULTIVO DEL MAÍZ

Las gramíneas siempre han ocupado un lugar preponderante en la dieta de los mexicanos; dentro de las cuales, la que ocupa el primer lugar es el maíz *Zea mays* L., ya que junto con el frijol *Phaseolus vulgaris* L., son los de mayor consumo en el país, de ahí que año con año se destinen grandes superficies para la siembra de éste cultivo; considerándose como la columna vertebral del sistema agroalimentario de México.

A nivel mundial, el cultivo del maíz, ocupa el tercer lugar después del trigo y arroz; debido a que se utiliza para la elaboración de alimentos balanceados, tanto para consumo humano como para

animales. En América, ésta gramínea llegó a constituir el alimento primordial, situándose en primer orden, tanto en producción como en consumo.

En México, de la producción obtenida, el 90 por ciento aproximadamente, corresponde a siembras de temporal y el resto a siembras bajo condiciones de riego; por lo que se obtiene un bajo rendimiento por hectárea en promedio. En el estado de Sonora, los rendimientos son considerados como bajos (4.0 toneladas por hectárea), en comparación con los alcanzados en algunas regiones de Sinaloa.

En el ciclo agrícola otoño-invierno 1998-99, en el Valle del Yaqui, Sonora, la superficie destinada para la siembra de maíz, fue de 37,475 hectáreas, con un rendimiento promedio de 5,844 kg/ha; obteniéndose un volumen de producción de 211, 523.7 toneladas. Para el siguiente ciclo (1999-2000), la superficie sembrada disminuyó considerablemente a 4,414 hectáreas, con un rendimiento promedio de 5,693 kg/ha y un volumen de producción de 25,128.9 toneladas de grano. Lo anterior debido a los bajos volúmenes de agua captados en el sistema de presas del Río Yaqui; aunado a los altos costos de producción que presenta el cultivo, así como al precio de mercado y a la falta de una política de subsidios adecuada por parte del gobierno federal que estimule la siembra de esta gramínea.

2.1. LA MALEZA Y SU CONTROL

La maleza se define como un conjunto de malas hierbas, y éstas como toda planta que no se desea tener en un lugar y tiempo determinado (Rojas, 1984). Las malas hierbas, incluyendo los insectos plaga y las enfermedades de los cultivos, son los principales agentes causantes de los

más importantes descensos de los rendimientos de los cultivos; originándose pérdidas que fluctúan desde un 25 por ciento en los países de agricultura desarrollada, hasta más del 50 por ciento en los de agricultura subdesarrollada (Terron, 1992).

Los métodos de control de maleza incluyen el uso de productos químicos denominados comúnmente como herbicidas, que se definen como un producto químico fitotóxico utilizados para destruir plantas indeseables, inhibir o alterar su crecimiento e interferir y malograr la germinación de semillas (Gómez, 1993); los cuales difieren en su momento de aplicación, así como en su acción sobre las especies de maleza, el control químico sólo se justifica en terrenos con fuertes infestaciones de maleza y donde la disponibilidad de mano de obra es escasa o bien las condiciones ambientales no permiten el control cultural, siempre y cuando la relación herbicida medio ambiente sea considerado (Contreras y Tamayo, 1999).

2.2. PERSISTENCIA DE LOS HERBICIDAS

Al aplicar un herbicida, se establece desde ese momento, una interacción entre el producto químico y el medio ambiente, hasta que termina su efecto y desaparece; ésta interacción, se lleva a cabo a nivel de la atmósfera, del suelo superficial, en el agua y dentro de la planta, influyendo en la actividad y selectividad del herbicida (Gómez, 1993).

Los herbicidas siempre alcanzan a ponerse en contacto con el suelo, durante las aplicaciones postemergentes a los cultivos o maleza, y sobretodo cuando éstos son aplicados directamente al

suelo con herbicidas preemergentes; su permanencia en el suelo tratado, depende de varios factores, como la cantidad de materia orgánica del suelo, la humedad, la temperatura, etc., pero son pocos los herbicidas que permanecen en el suelo en cantidades fitotóxicas por períodos mayores de una año, cuando se usan de acuerdo a las dosis recomendadas, aunque existen condiciones que pueden favorecer la permanencia de éstos residuos (Gómez, 1993).

Cuando los antecedentes de la persistencia de un herbicida es considerada como prolongada, se requiere de sistemas de rotación de cultivos no susceptibles; no obstante, puede darse el caso de que alguno de los cultivos o variedad de los mismos, cuente con susceptibilidad al plaguicida y se produzca fitotoxicidad (Gómez, 1993).

La persistencia, es el tiempo en que un herbicida se mantiene activo o perdura en el suelo; cuanto mayores sean los residuos del herbicida, mayor será el período de control de maleza, pero si subsisten durante un tiempo mayor del deseado, pueden resultar fitotóxicos para el cultivo que se implante después del tratamiento, por lo que existirá una relación entre persistencia y selectividad (Gómez, 1993).

La persistencia esta sujeta a diversos factores como volatilidad, fotodescomposición, percolación, adsorción, descomposición química, descomposición microbiana, fotodescomposición, etc.; éstos factores pueden actuar solos o en combinación sobre la estructura química de uno o varios productos específicos, dependiendo asimismo, de otro tipo de factores, como la humedad, temperatura, materia orgánica, tipo de suelo, pH, intercambio iónico del suelo y factores fisico-químicos del propio herbicida (Gómez, 1993).

2.3. ESPECIFICACIONES DE LOS HERBICIDAS DE INTERÉS

2.3.1. Metsulfurón metil

El herbicida Metsulfurón metil (Ally), pertenece a la familia de las sulfonilureas, recomendado para su uso en la postemergencia de los cultivos de trigo y cebada, para el control selectivo de maleza anual de hoja ancha. La sintomatología del producto se manifiesta, inhibiendo el crecimiento de las plantas susceptibles en pocas horas después de la aplicación, pero los síntomas de fitotoxicidad aparecen normalmente después de una a dos semanas; los cuales se manifiestan inicialmente sobre las zonas meristemáticas, que gradualmente se manifiestan cloróticas y posteriormente necróticas, seguida de una clorosis y necrosis foliar general (Ahrens, 1994).

Metsulfurón es rápidamente absorbido por las hojas y raíces y se transloca extensivamente a través del xilema, seguida de una absorción radicular y en menor grado por el floema después de una absorción foliar; este herbicida, actúa inhibiendo la síntesis del ácido acetoláctico (ALS), una llave enzimática para la biosíntesis de la cadena de aminoácidos esenciales, isoleucina, leucina y valina. La muerte de la planta es el resultado de los eventos que ocurren en respuesta a inhibición del ácido acetoláctico, pero la secuencia del proceso fisiológico no está claro (Ahrens, 1994).

En lo concerniente al comportamiento de éste herbicida en el suelo, Metsulfurón cuenta con una baja adsorción en las arcillas, pero ésta es mayor en la materia orgánica del suelo; cuenta con un coeficiente de adsorción en el carbono de la materia orgánica del suelo de en promedio 35 mililitros por gramo con un pH de 7. La molécula herbicida puede ser transformada por fotodegradación, aunque se reportan pérdidas insignificantes por éste proceso a nivel de campo; sin embargo, la degradación microbiana (hidrólisis) es lenta a pH alto, pero relativamente rápida a pH más bajo, por lo que la vida media varía de una semana a un mes, dependiendo del pH del suelo, los rangos de degradación se ven incrementados con temperaturas mas elevadas y con niveles de humedad más altos (Ahrens, 1994).

Metsulfurón , cuenta con una persistencia considerada como residualidad moderada, con una vida media típica de aproximadamente 30 días, pero puede variar entre una y seis semanas (Ahrens, 1994).

2.3.2. Tifensulfurón metil

Es un herbicida de la familia de las sulfonilureas, que puede ser aplicado en postemergencia para el control de muchas especies de maleza de hoja ancha en el cultivo del trigo y cebada; aunque también puede ser aplicado en postemergencia para el control de ciertas malas hierbas de hoja ancha en soya (Ahrens, 1994).

El comportamiento de Tifensulfurón metil en las plantas, manifiesta sus primeros síntomas, inhibiendo el crecimiento de las plantas tratadas pocas horas después de la aplicación, pero los síntomas de daño aparecen usualmente de una a dos semanas después; las zonas meristemáticas se empiezan gradualmente a poner cloróticas y necróticas, seguida por una clorosis y necrosis del total del follaje (Ahrens, 1994).

Este herbicida es rápidamente absorbido por el follaje y las raíces y se transloca extensivamente en el xilema y floema después de una aplicación foliar, con una acumulación en las zonas meristemáticas; su mecanismo de acción, se caracteriza por inhibir la acción del ácido acetolático (ALS), una llave enzimática en la biosíntesis de la cadena de aminoácidos isoleucina, valina y leucina, resultando en la muerte de la planta, aunque la secuencia del proceso fitotóxico no está muy bien definido (Ahrens, 1994).

El metabolismo en las plantas, reporta que el cultivo de la soya desesterifica rápidamente al tifensulfurón convirtiéndolo en ácido tifensulfurón que no es fitotóxico (Brown y otros, 1990; citado por Ahrens, 1994); el trigo metaboliza al tifensulfurón con una vida media de 3 a 4 horas, produciendo el ácido libre desesterificado como el mayor metabolito (Cotterman and Saari, 1989, citado por Ahrens, 1994).

El comportamiento de Tifensulfurón metil en el suelo, presenta una adsorción en la materia orgánica del suelo de 45 mililitros por gramo en promedio a pH 7; en lo concerniente a la adsorción en el suelo, se reporta de 0.08 a 1.38 para un suelo del tipo aluvión franco (Wauchope y otros, 1992; citado por Ahrens, 1994). Su persistencia está determinada con un vida media en

campo de aproximadamente 12 días; variando de dos a seis días en condiciones aeróbicas y de 7 a 28 días en condiciones anaeróbicas.

III. OBJETIVO E HIPÓTESIS

3.1. Objetivo

El presente ensayo contempla determinar la persistencia de la mezcla de los herbicidas metsulfurón metil y tifensulfurón metil (Situi XL) recomendado para el manejo integrado de maleza en el cultivo del trigo para el Valle del Yaqui; para así poder contribuir al establecimiento de las normas de

seguridad en las recomendaciones de los herbicidas que reflejen un mínimo riesgo a los cultivos subsecuentes que siembren los productores de la región.

3.2. Hipótesis

La mezcla de los herbicidas Metsulfurón metil + Tifensulfurón metil (Situi XL) aplicada en la postemergencia del cultivo del trigo, no deja residuos suficientes en el suelo como para ocasionar daños fitotóxicos al cultivo de maíz establecido en rotación.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Yaqui, CEVY-CIRNO-INIFAP. Durante el ciclo verano de 1999. El trabajo se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones (Figura 1), donde la parcela experimental fue de cuatro surcos sembrados a 80 centímetros de separación por 10 metros de largo (32 metros cuadrados) y la parcela útil de los dos surcos centrales por ocho metros de largo (12.8 metros cuadrados).

T3	T1	T2
IV	IV	IV
II	II	II
II	II	II
I	I	I

FIGURA 1. DISEÑO DE CAMPO BAJO EL CUAL SE ESTABLECIERON LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS, EN EL BLOCK 912 DEL CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI. CICLO AGRÍCOLA VERANO 1999.

4.2. Metodología

Los tratamientos consistieron en la aplicación en postemergencia del cultivo del trigo (8 de enero de 1999) durante el ciclo agrícola otoño-invierno 1998-99, de la dosis comercial de la mezcla formulada de los herbicidas Metsulfurón metil con Tifensulfurón metil (30 gr de p.c./ha de Situi XL); comparada con la dosis duplicada de ésta mezcla formulada (60 gr de p.c./ha de Situi XL) y un testigo sin aplicación (Cuadro 1). El cultivo del trigo se cosechó en mayo de 1999, posteriormente se realizaron los trabajos tradicionales para la preparación del terreno, para el establecimiento del cultivo de maíz de verano; la siembra se realizó el día 2 de junio de 1999, usándose la variedad H 431.

4.3. Variables analizadas

Para determinar la persistencia de los herbicidas se evaluaron a los 7, 15, 30 y 60 días después de la emergencia de los cultivos (dde), las siguientes variables: porcentaje de fitotoxicidad, número de plantas por metro, desarrollo del cultivo (altura de planta) y rendimiento. Datos que fueron sometidos al análisis estadístico para su interpretación.

CUADRO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS PARA LA EVALUACIÓN DE SU PERSISTENCIA SOBRE LOS CULTIVOS DE ROTACIÓN EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO.

Nº de Trat.	Descripción	Dosis M.C./Ha	Época de aplicación
1	Metsulfurón metil + Tifensulfurón metil	30 g	Durante el amacollamiento del cultivo del trigo ciclo agrícola otoño-invierno 1998-99.
2	Metsulfurón metil + Tifensulfurón metil	60 g	
3	Testigo sin aplicación	--	

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la población de maíz de verano, establecida en rotación con el cultivo de trigo aplicado con Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil; no se ve afectada significativamente, ni con la dosis comercial de este producto (30 g de p.c./ha), ni con la dosis duplicada (60 g de p.c./ha), en comparación con el testigo sin aplicación (Cuadro 2).

En las evaluaciones efectuadas a los 7, 15 y 30 días después de la emergencia del cultivo del maíz, se aprecia, que el número de plantas promedio por metro lineal, no presenta diferencias estadísticamente significativas, entre las parcelas donde previamente se aplicaron los herbicidas en estudio y las parcelas sin aplicación; sólo en la evaluación efectuada 60 días después de la emergencia del cultivo, fueron registradas diferencias significativas entre el testigo sin aplicación

y los tratamientos con las diferentes dosis de Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil (6 plantas por metro lineal), observándose una menor población (4.5 plantas por metro lineal) para el testigo sin aplicación (Figura 2).

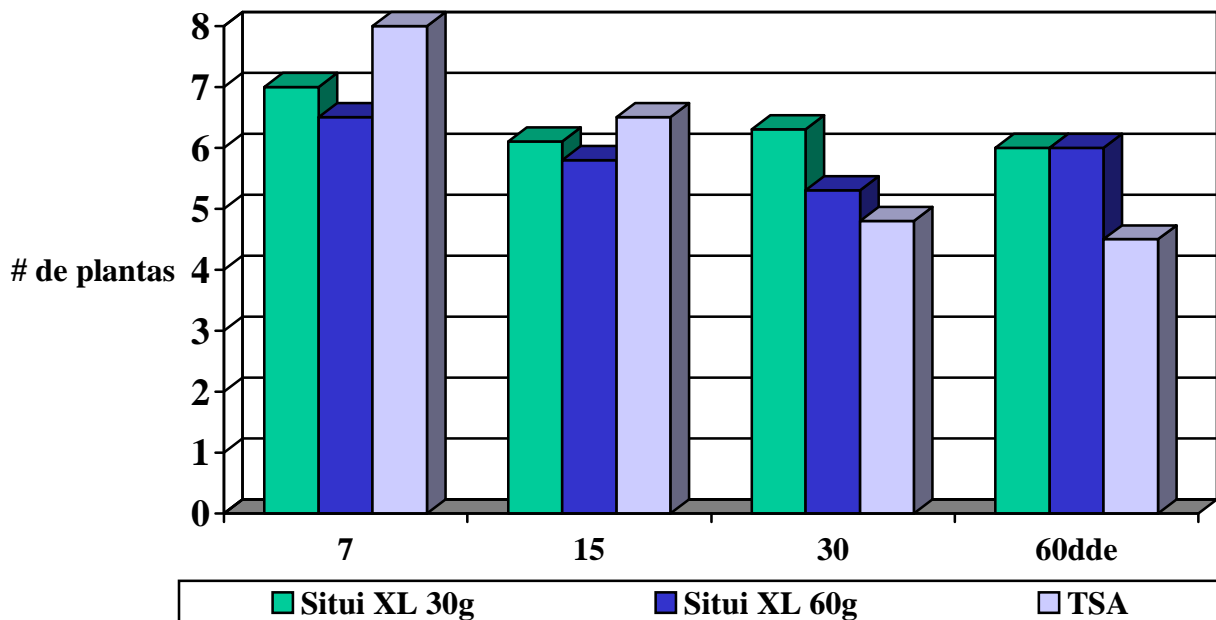
Considerando las condiciones particulares, bajo las cuales se realizó el presente ensayo, se aprecia que ni la dosis comercial, ni una dosis duplicada de ésta mezcla de herbicidas, dejan residuos suficientes en el suelo, como para afectar significativamente la población del cultivo de maíz variedad H 431, establecida inmediatamente después de la cosecha del cultivo de trigo aplicado con éstos tratamientos.

CUADRO 2. NÚMERO DE PLANTAS POR METRO LINEAL DE MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

Nº de Trat.	Descripción	Número de plantas			
		7	15	30	60 dde
1	Situi XL 30 g/ha	7.0 a	6.1 a	6.3 a	6.0 a
2	Situi XL 60 g/ha	6.5 a	5.8 a	5.3 a	6.0 a
3	Testigo sin aplicación	8.0 a	6.5 a	4.8 a	4.5 b
C. V.		23.26%	15.33%	26.29%	13.55%
DMS		2.6658	1.5021	2.4140	1.1922

En lo concerniente al desarrollo de las plantas del cultivo del maíz establecido, los resultados muestran que 7 días después de su emergencia (Cuadro 3), se aprecian diferencias significativas entre el tratamiento a base de 30 g de producto comercial de la mezcla de Metsulfurón metil con Tifensulfurón metil que presenta un desarrollo de 30 centímetros en promedio de altura y los tratamientos correspondientes al testigo sin aplicación y la dosis alta de la mezcla de herbicidas evaluada (60 g de p.c./ha); los cuales, presentaron en promedio 35.8 centímetros de altura. En la

evaluación efectuada 15 días después de la emergencia del cultivo, se aprecian diferencias significativas entre los tratamientos con herbicida, con 38.8 centímetros de altura para la dosis comercial y 45 centímetros para la dosis duplicada; sin embargo, éstos no se diferenciaron del



testigo sin aplicación, que presentó una altura promedio de 40.6 centímetros (Figura 3).

FIGURA 2. POBLACIÓN DE MAÍZ DURANTE EL ESTUDIO DE RESIDUALIDAD (dde: días después de emergido). VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO 1999.

CUADRO 3. DESARROLLO DE PLANTAS DE MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

N° de Trat.	Descripción	Altura de plantas (cm)			
		7	15	30	60 dde
1	Situi XL 30 g/ha	30.0 b	38.8 b	72.4 a	199.5 a
2	Situi XL 60 g/ha	35.8 a	45.0 a	88.4 a	182.5 a
3	Testigo sin aplicación	35.8 a	40.6 ab	81.4 a	200.0 a
C. V.		8.00%	7.98%	23.61%	11.19%
DMS		4.3314	5.2898	30.4796	34.7209

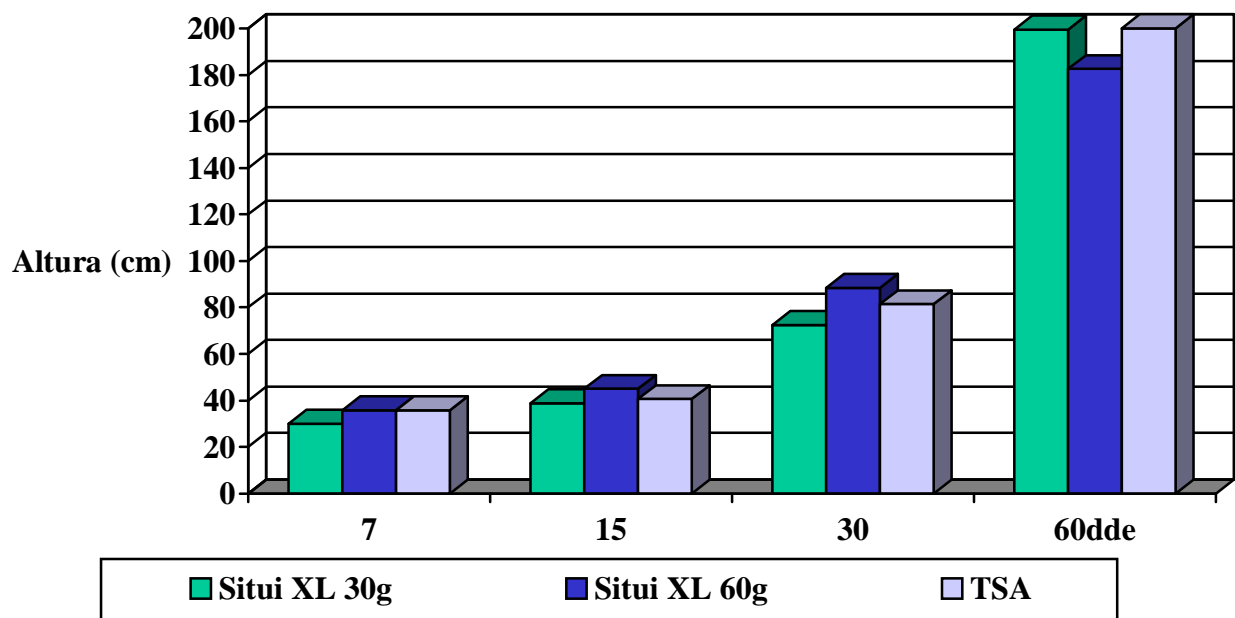


FIGURA 3. DESARROLLO DE LA POBLACIÓN DE MAÍZ DURANTE EL ESTUDIO DE RESIDUALIDAD. VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO 1999.

En las evaluaciones efectuadas 30 y 60 días después de la emergencia, no se registran diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos, lo que indica que la mezcla formulada a base de Metsulfurón metil con Tifensulfurón metil aplicada en la postemergencia del cultivo de trigo, establecido anteriormente al cultivo de maíz, aparentemente no deja residuos suficientes en el suelo como para afectar significativamente el desarrollo de las plantas de éste cultivo, bajo las condiciones en que se desarrolló el presente estudio. Las diferencias apreciadas en las dos primeras fechas de observación, no se consideran como efectos de los posibles residuos de herbicidas, ya que el desarrollo de plantas establecidas sobre las parcelas con la dosis duplicada, no presentaron efectos sobre el desarrollo de las mismas.

Las observaciones realizadas sobre el número de hojas promedio por planta de maíz de verano establecido en la rotación con trigo se presentan en el Cuadro 4, observándose que no se detectan diferencias significativas entre los tratamientos con 30 y 60 gramos de producto comercial de Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil y el testigo sin aplicación, en ninguna de las observaciones realizadas (7, 15, 30 y 60 dde); lo cual indica, que aparentemente, no existe evidencia de residuos de éstos herbicidas, que pudieran afectar la producción de hojas del cultivo, bajo las condiciones del presente ensayo (Figura 4).

CUADRO 4. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA DE MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

N° de Trat.	Descripción	Número de hojas			
		7	15	30	60 dde
1	Situi XL 30 g/ha	7.6 a	7.3 a	6.3 a	8.1 a
2	Situi XL 60 g/ha	8.5 a	7.3 a	5.3 a	9.3 a
3	Testigo sin aplicación	7.8 a	7.1 a	4.8 a	6.0 a
C. V.		12.87%	6.01%	26.29%	27.87%
DMS		1.6379	0.6920	2.4140	3.4732

La distancia entre nudos de las plantas de maíz, como resultado de los efectos residuales de Metsulfurón metil con Tifensulfurón metil (Situi XL) aplicado en el ciclo agrícola inmediato anterior, se presenta en el Cuadro 5; los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con las diferentes dosis de herbicidas y el testigo sin aplicación, en ninguna de las fechas de observación realizadas (7, 15, 30 y 60 dde), por lo que aparentemente no existen residuos importantes en el suelo como para afectar ésta variable en este cultivo.

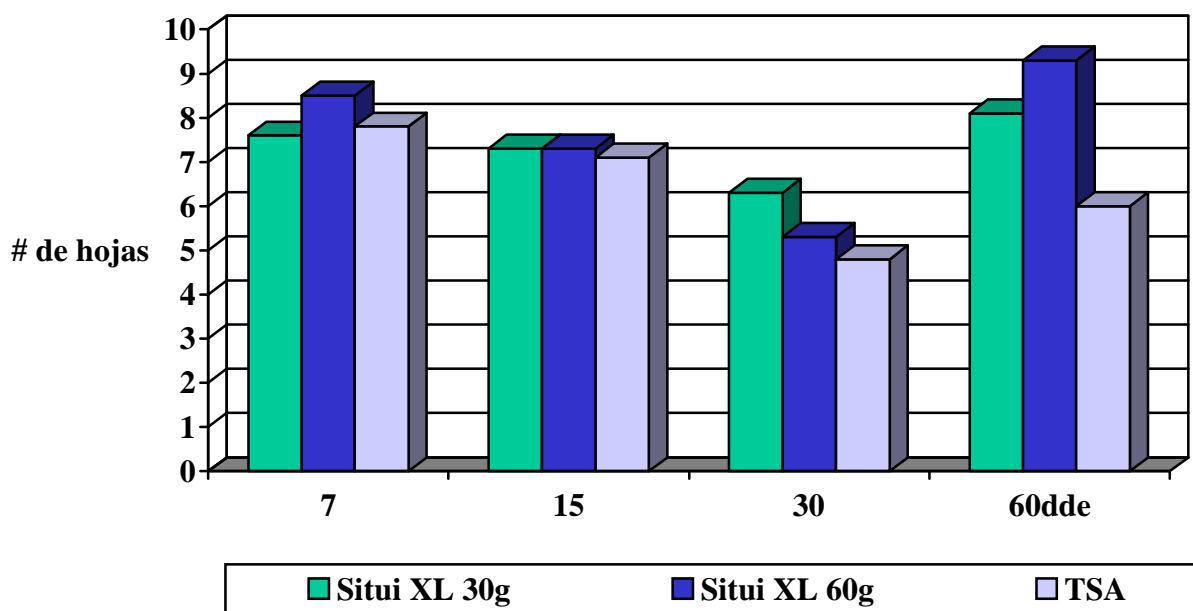


FIGURA 4. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA DE MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

CUADRO 5. DISTANCIA ENTRE NUDOS DE LAS PLANTAS DE MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

N° de Trat.	Descripción	Distancia entre nudos (cm)			
		7	15	30	60 dde
1	Situi XL 30 g/ha	3.3 a	2.6 a	8.3 a	14.5 a
2	Situi XL 60 g/ha	3.4 a	2.6 a	9.3 a	13.3 a
3	Testigo sin aplicación	3.1 a	2.8 a	6.0 a	12.0 a
C. V.		23.22%	10.80%	27.58%	14.72%
DMS		1.2070	0.4569	3.4553	3.1202

En lo que corresponde a la fitotoxicidad registrada en el cultivo de maíz de verano establecido en rotación con el cultivo de trigo tratado con éste herbicida, se pueden apreciar ligeros síntomas de fitotoxicidad que varían entre 2.4 y 3.8% de clorosis para las dosis de 60 y 30 gramos de

producto comercial por hectárea, desde los 7 días después de la emergencia del cultivo (Cuadro 6); sin embargo, éstos no presentan diferencias significativas en comparación con el testigo sin aplicación, que presentó en promedio 3.1% de clorosis.

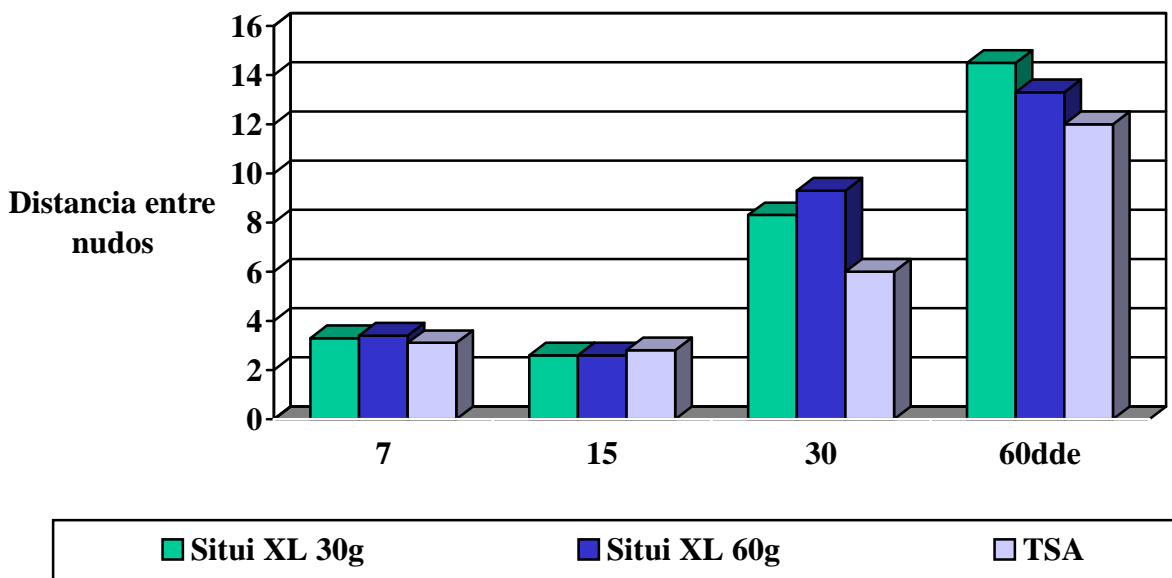


FIGURA 5. DISTANCIA ENTRE NUDOS DE LAS PLANTAS DE MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

En la evaluación efectuada 15 días después de la emergencia del cultivo, se aprecia en general una fitotoxicidad menor en la mayoría de los tratamientos, variando entre 1.8 y 2.9%, pero las diferencias continúan sin ser significativas entre los tratamientos. Los síntomas de clorosis se observaron con un incremento importante en la evaluación efectuada 30 días después de la emergencia del cultivo de maíz; la cual varió entre 14 y 15% para las dosis de 60 y 30 gramos de material comercial por hectárea respectivamente; sin embargo, para ésta fue más importante para

el tratamiento correspondiente al testigo sin aplicación, que registró un 18% de fitotoxicidad, aunque los análisis estadísticos no presentaron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos evaluados.

Lo anterior indica, que los síntomas apreciados en ésta fecha de evaluación, no corresponde a efectos ocasionados por la persistencia de los herbicidas Metsulfurón metil con Tifensulfurón metil (Situi XL), ya que éstos se manifestaron también en las plantas de maíz establecidas en las parcelas en donde no fue aplicado ningún herbicida. Además, éstos síntomas de clorosis, disminuyen para la siguiente fecha de evaluación (60 dde); los cuales fluctuaron entre 5 y 8%, no registrándose diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Lo cual indica, que el cultivo de maíz de verano establecido en rotación inmediata con el cultivo de trigo tratado, no presenta síntomas de fitotoxicidad, ocasionado por posibles residuos de los herbicidas utilizados.

CUADRO 6. FITOTOXICIDAD EN MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

N° de Trat.	Descripción	Clorosis			
		7	15	30	60 dde
1	Situi XL 30 g/ha	3.8 a	1.8 a	15.0 a	8.0 a
2	Situi XL 60 g/ha	2.4 a	2.1 a	14.0 a	5.0 b
3	Testigo sin aplicación	3.1 a	2.9 a	18.0 a	7.0 ab
C. V.		64.98%	44.75%	24.45%	21.21%
DMS		3.2045	1.6105	6.1255	2.2620

En lo que concierne al rendimiento de grano del cultivo del maíz, los resultados se presentan en el Cuadro 7; los cuales muestran un rendimiento de 3,764.7 kilogramos por hectárea para el tratamiento a base de la mezcla comercial de los herbicidas Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil (Situi XL), que significan 502.9 kilos por hectárea menos que el testigo sin aplicación, es

decir que rindió 88.22% con respecto al testigo sin aplicación.

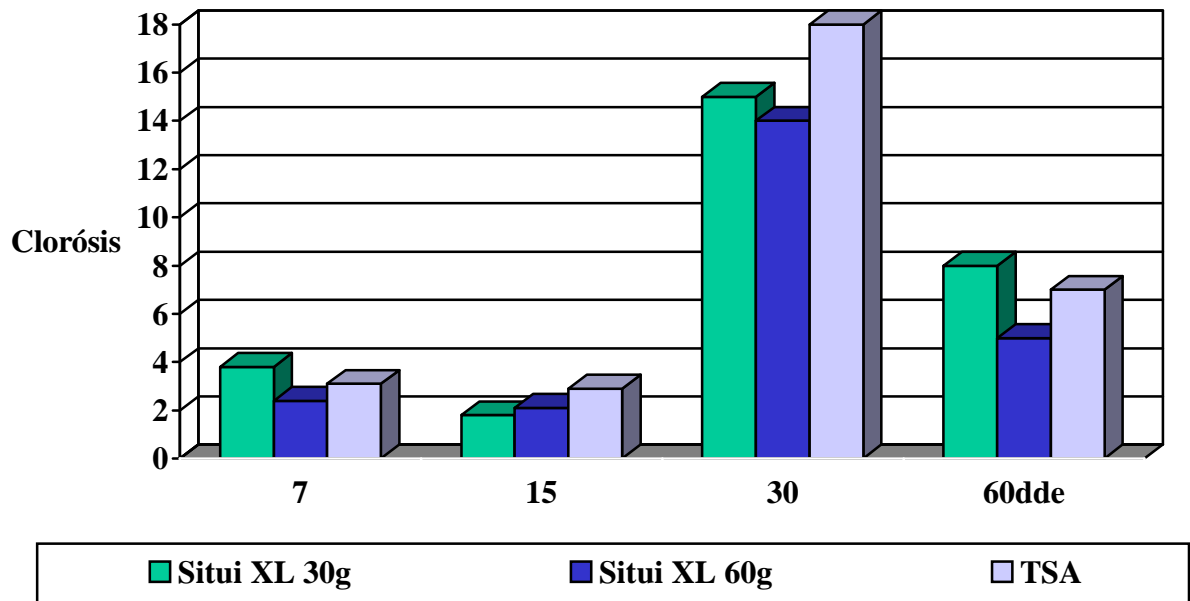


FIGURA 6. FITOTOXICIDAD EN MAÍZ, COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS. CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

El tratamiento con la dosis duplicada de ésta mezcla de herbicidas (60 g de p.c./ha), presenta un rendimiento de 4,175.8 kilogramos por hectárea, es decir 97.85% con respecto al testigo sin aplicación, que rindió 4,276.6 kilogramos de semilla de maíz por hectárea; éstos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí, lo que indica que ésta mezcla de herbicidas

aplicada en dosis duplicada con respecto a la dosis comercial, no presenta problemas de residualidad en el suelo, como para afectar el rendimiento del cultivo de maíz establecido en la rotación del cultivo de trigo aplicado.

Las diferencias observadas con la dosis comercial de la mezcla de herbicidas evaluada (30 g de p.c./ha de Situi XL), pueden ser debidas a otro factor distinto al de residualidad; ya que si éste se debiera a la persistencia del producto, los efectos en el rendimiento se hubieran apreciado con mayor intensidad en la dosis duplicada de éste producto (60 g de p.c./ha de Situi XL); sin embargo éste no presenta diferencias con respecto al Testigo sin aplicación, como puede apreciarse en el Cuadro 7.

CUADRO 7. RENDIMIENTO PROMEDIO DE MAÍZ , OBTENIDO COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS EN TRIGO ESTABLECIDO EN ROTACIÓN. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

Nº de Trat.	Descripción	Dosis M.C./Ha	Rendimiento Kg/Ha	Significancia	% Respecto al Testigo
3	Testigo sin aplicación	--	4,267.6	A	
2	Situi XL	60 g	4,175.8	A	97.85
1	Situi XL	30 g	3,764.7	B	88.22

C.V. =

5.69%

DMS

370.3177

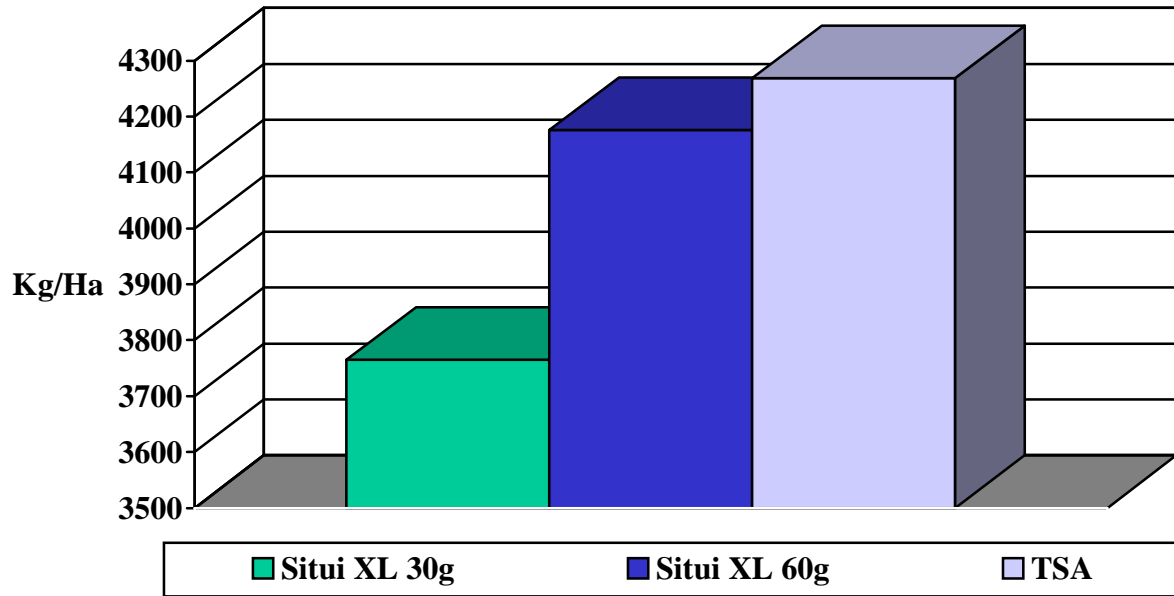


FIGURA 7. RENDIMIENTO PROMEDIO DE MAÍZ , OBTENIDO COMO RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS EN TRIGO ESTABLECIDO EN ROTACIÓN. CICLO AGRÍCOLA VERANO DE 1999.

VI. CONCLUSIONES

Considerando las condiciones particulares bajo las cuales se realizó el presente trabajo, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. Ni con la dosis comercial, ni duplicando la dosis de Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil, persisten residuos suficientes en el suelo, como para afectar significativamente el establecimiento de la población de maíz de verano, sembrado en rotación inmediata después de la cosecha del cultivo de trigo aplicado con éstos tratamientos.

2. En lo concerniente al desarrollo de las plantas de maíz, durante el ciclo del cultivo, éste no se ve tampoco afectado; por lo que se considera que no persisten residuos suficientes de ésta mezcla de herbicidas.
3. Aparentemente, no existe evidencia de residuos de éstos herbicidas, que pudieran afectar la producción de hojas del cultivo ni la distancia entre nudos de las plantas de maíz, bajo las condiciones del presente ensayo.
4. El cultivo de maíz de verano establecido en rotación inmediata con el cultivo de trigo tratado, no presenta ningún síntoma de fitotoxicidad, ocasionado por posibles residuos de los herbicidas utilizados.
5. El rendimiento del cultivo de maíz de verano establecido en rotación con trigo tratado con Metsulfurón metil más Tifensulfurón metil, no se ve afectado significativamente; por lo que, se considera que posiblemente las condiciones de clima cálido y alta humedad del suelo y ambiente, contribuyen a una rápida degradación, liberando a los cultivos de rotación del posible daño por residuos de herbicidas.
6. Por lo tanto, la mezcla de los herbicidas Metsulfurón metil + Tifensulfurón metil, aplicada en la postemergencia del cultivo del trigo, no deja residuos suficientes en el suelo como para ocasionar daños fitotóxicos al cultivo de maíz establecido en rotación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Anónimo, 1984. Guía para la asistencia técnica agrícola, área de influencia del campo agrícola experimental Costa de Hermosillo. SARH-INIA-CIANO, México.

Ahrens, W. H. 1994. Herbicide handbook. Seventh edition. Weed Science Society of America, 1508 West University Avenue, Champaign, Illinois 61821-3133 U.S.A.

Barnes C. J.; Goetz A. j. & T. L. lavy. 1989. Effects of imazaquin residues on cotton (*Gossypium hirsutum*). Weed Science. U.S.A. Vol 37: 820-824.

Contreras de la C., E. & L. M. Tamayo E. 1999. Tecnología para el control de maleza en los

- principales cultivos del Valle del Yaqui, Sonora. Publicación Técnica Núm. 1; ISSN 1405-597X. CEVY-CIRNO-INIFAP, México.
- Friesen G. H. & D. A. Wall. 1991. Residual effects of soil ph on degradation, movement, and plant uptake of chlorsulfuron. *Weed Science*. U.S.A. 34: 328-332.
- Gaillardon P. & Sabar M. 1994. Changes in the concentration of isoproturon and its degradation. *Weed Res.* 34. U.K.
- Gauvrit, C. 1996. Efficacité et selectivité des herbicides. Institut National de la Recherche Agronomique. 147, rue de l'université, 75338 Paris CEDEX 07. France.
- Gómez, J. G. 1993. Control químico de la maleza. Editorial Trillas, México.
- National Academy of Science. 1978. Plantas nocivas y como combatirlas. control de plagas y animales. Volumen II. Editorial Limusa. México.
- Rojas G., M. 1984. Manual teórico y práctico de herbicidas y fitorreguladores. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V., México.
- Rojas G., M. & R. J. Vasquez G. 1995. Manual de herbicidas y fitorreguladores. aplicacion y uso de productos agrícolas. UTEHA, Noriega Editores. México.

Scalla, R. 1991. Les herbicides. Mode d'action et principes d'utilisation. Institut National de la Recherche Agronomique. 147, rue de l'université, 75007 Paris, France.

Tissut, M. & F. Séverin. 1984. Plantes herbicides et désherbage. Bases scientifiques et techniques. Association de Coordination Technique Agricole. 149, rue de bercy, 75595, Paris, CEDEX, France.

Terron, P. U. 1992. Tratado de fitotecnia general. Segunda edición. Mundi-Prensa-España.