



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

---

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES**

**EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE  
INHIBIDORES DE CRECIMIENTO PARA EL CONTROL DE  
MUÉRDAGO ENANO (*Arceuthobium globosum* y *A.  
vaginatum*)**

**TESIS PROFESIONAL**

**Que como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE REGISTRO Y TITULACIONES

**PRESENTA:**

**ARLEN GUADALUPE LÓPEZ FLORES**

*CHAPINGO, MÉXICO, JUNIO DEL 2013*



---

La presente tesis titulada "Evaluación de efectividad biológica de inhibidores de crecimiento para el control de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*)" fue realizada por Arlen Guadalupe López Flores, bajo la dirección del Dr. Víctor Javier Arriola Padilla. Ha sido revidada y aprobada por el siguiente Comité Revisor y Jurado Examinador, para obtener el título de **Ingeniero Forestal**.

**PRESIDENTE:**



---

Dr. Víctor Javier Arriola Padilla

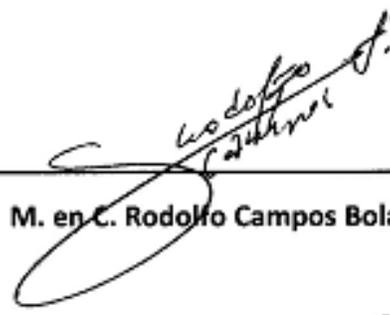
**SECRETARIO:**



---

Dr. José Tulio Méndez

**VOCAL:**



---

M. en C. Rodolfo Campos Bolaños

**SUPLENTE:**



---

M. en C. Silvia Edith García Díaz

**SUPLENTE:**



---

Ing. Lorena Ángel Andrés

Chapingo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2013

---

---

## AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la *Universidad Autónoma Chapingo*, por mantenerme en su seno durante siete años, en los que me brindó enseñanzas y educación.

A mi comité de tesis: *Dr. José Julio Méndez, M. en C. Rodolfo Campos Bolaños, M. en C. Silvia Edith García Díaz, M. en C. Lorena Ángel Andrés*; por las revisiones, comentarios y correcciones que ayudaron al enriquecimiento de este documento.

Expreso un profundo agradecimiento al *Dr. Víctor J. Arriola Padilla*, por su amabilidad, por las facilidades otorgadas, el apoyo, dirección y sugerencias plasmadas en el presente trabajo. Y principalmente por motivarme a seguir adelante y mostrarme una forma diferente de vivir.

Al *M. C. Alejandro Ambríz Corona* por su ayuda y colaboración en la parte estadística de este trabajo, gracias por el tiempo invertido.

Al *Dr. Huber Tchikoué* por su compromiso laboral y personal que mostró hacia mi persona y por todo el apoyo incondicional que me brindó desde el día que fui su alumna hasta el día de hoy. Gracias por el tiempo invertido y por el valioso interés en ayudarme a solucionar muchos de los problemas a los cuales me tuve que enfrentar.

Al *Ing. J. Eneas Rangel Núñez* por el amor, el apoyo y el tiempo compartido; por todo el esfuerzo y los sacrificios que en su momento tuvimos que hacer para lograr la culminación de este proyecto.

A compañeros, familia y amigos que contribuyeron en la elaboración de este trabajo al brindarme su apoyo en los momentos críticos cuando lo requerí. Y en general a todas las personas que contribuyeron a que fuera posible la realización de este trabajo.

---

---

## DEDICATORIA

*A mi hijo: José Alberto Morales López, por ser lo más importante y maravilloso que tengo, porque él me ha dado la fuerza que me impulsa para seguir luchando día con día, por su comprensión, amor incondicional y por todo lo que significa para mí, se lo dedico con todo mi amor.*

*Y a todas aquellas personas que confían y confiaron siempre en mí.*

---

---

---

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
RESUMEN.....	iii
SUMMARY.....	iv
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1. General.....	3
2.2. Particulares .....	3
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
3.1. Muérdago enano .....	4
3.1.1 <i>Arceuthobium globosum</i> Hawksworth & Wiens ssp. <i>grandicaule</i> .....	11
3.1.2 <i>Arceuthobium vaginatum</i> (Willd) Presl. ssp. <i>vaginatum</i> .....	12
3.2. Daños causados por muérdago enano .....	13
3.3. Medidas de control.....	15
3.3.1 Control biológico .....	16
3.3.2. Manejo silvícola.....	17
3.3.3. Control Genético.....	17
3.3.4. Control químico .....	18
3.4. Herbicidas utilizados en la investigación .....	18
3.4.1. Generalidades del glifosato.....	18
3.4.2. Generalidades del Ethephon .....	20
3.4.3. Generalidades del 2,4 D-Amina (Hierbamina) .....	21
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>23</b>
4.1. Área de estudio.....	23
4.1.1. Parque Nacional La Malinche.....	23
4.1.2. Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.....	25
4.2. Fase de campo .....	27
4.2.1. Selección de sitios.....	27
4.2.2. Selección de árboles .....	28
4.2.3. Aplicación de tratamientos .....	29
4.3. Fase de gabinete .....	30
4.3.1. Variables evaluadas .....	30
4.3.3. Tratamientos y dosis .....	31

---

---

---

4.3.4. Diseño experimental.....	31
4.3.5. Análisis estadístico .....	32
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
5.1. Parque Nacional La Malinche .....	34
5.1.1. Evaluación previa .....	34
5.1.2. Primera evaluación.....	34
5.1.2.1. Variable número de matas .....	34
5.1.2.2. Evaluación de la fitotoxicidad.....	34
5.1.3. Segunda evaluación .....	35
5.1.3.1. Variable número de matas .....	35
5.1.3.2. Evaluación de la fitotoxicidad.....	36
5.1.4. Tercera evaluación .....	36
5.1.4.1. Variable número de matas .....	36
5.1.4.2. Evaluación de la fitotoxicidad.....	38
5.1.4.3. Discusión del efecto número de matas con respecto a la fitotoxicidad .....	39
5.2. Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.....	40
5.2.1. Evaluación previa .....	40
5.2.2. Primera evaluación.....	40
5.2.2.1. Variable número de matas .....	40
5.2.2.2. Evaluación de la fitotoxicidad.....	40
5.2.3. Segunda evaluación .....	41
5.2.3.1. Variable número de matas .....	41
5.2.3.2. Evaluación de la fitotoxicidad.....	42
5.2.4. Tercera evaluación .....	42
5.2.4.1. Variable número de matas .....	42
5.2.4.2. Evaluación de la fitotoxicidad.....	44
5.2.4.3. Discusión del efecto número de matas con respecto a la fitotoxicidad .....	45
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>8. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>48</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>53</b>
Anexo 1. Formato de campo para la captura de datos de los árboles seleccionados en cada sitio. ....	54
Anexo 2. Formato de campo para la captura de datos durante la aplicación de los tratamientos. ....	55

---

---

Anexo 3. Formato de campo para la captura de datos durante las evaluaciones en cada sitio. ....	56
Anexo 4. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable número de mata a los 24 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche. ....	57
Anexo 5. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 45 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche. ....	62
Anexo 6. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 143 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche. ....	67
Anexo 7. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable número de mata a los 22 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl. ....	72
Anexo 8. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 47 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl. ....	77
Anexo 9. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 141 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl. ....	82
Anexo 10. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno $\sqrt{Y}$ , a los 24 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche. ....	87
Anexo 11. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno $\sqrt{Y}$ , a los 45 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche. ....	90
Anexo 12. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno $\sqrt{Y}$ , a los 143 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche. ....	93
Anexo 13. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno $\sqrt{Y}$ , a los 22 días de	

---

---

la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.....	96
Anexo 14. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno vY, a los 47 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.....	99
Anexo 15. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno vY, a los 141 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.....	102
Anexo 16. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable fitotoxicidad a los 24 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.....	105
Anexo 17. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 45 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.....	110
Anexo 18. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 143 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.....	115
Anexo 19. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable fitotoxicidad a los 22 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.....	120
Anexo 20. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 47 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.....	125
Anexo 21. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 141 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.....	130

---

---

---

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Escala propuesta por la EWRS para la evaluación de fitotoxicidad en cultivos y transformación a escala porcentual.....	30
Cuadro 2. Fechas de aplicación de tratamientos y evaluaciones.....	30
Cuadro 3. Productos y dosis a utilizadas como inhibidores de crecimiento del muérdago enano.....	31
Cuadro 4. Tratamientos y su distribución en los bloques. ....	31
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 24 días.....	34
Cuadro 6. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en <i>P. teocote</i> a los 24 días de la aplicación de los tratamientos. ....	35
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 45 días.....	35
Cuadro 8. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en <i>P. teocote</i> a los 45 días de la aplicación de los tratamientos. ....	36
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 143 días.....	37
Cuadro 10. Prueba de Tukey realizada para determinar el mejor tratamiento.....	37
Cuadro 11. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en el hospedante a los 143 días de la aplicación de los tratamientos. ....	38
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 22 días.....	40
Cuadro 13. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en <i>P. harwegii</i> a los 22 días de la aplicación de los tratamientos.....	41
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 47 días.....	41
Cuadro 15. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en <i>P. harwegii</i> a los 47 días de la aplicación de los tratamientos.....	42
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 141 días.....	43
Cuadro 17. Prueba de Tukey realizada para determinar el mejor tratamiento.....	43
Cuadro 18. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en <i>P. harwegii</i> a los 141 días de la aplicación de los tratamientos.....	44

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución Mundial del género <i>Arceuthobium</i> . Tomado de Hawksworth and Wiens, 1996. ....	8
Figura 2. Ciclo biológico de <i>Arceuthobium</i> ssp. A) Dispersión de la semilla, B) Establecimiento, C) Surgimiento de primeros brotes aéreos, D) El sistema endofítico se desarrolla a partir del cambium, E) Las plantas masculinas forman sus primeras flores, F) Planta masculina, G) y H) Planta femenina, I) Desarrollo de los frutos. Tomado de Cibrián <i>et al.</i> , 2007. ....	9
Figura 3. Estructura química del glifosato. ....	18
Figura 4. Estructura química del Ethephon. ....	20
Figura 5. Ubicación espacial del Parque Nacional La Malinche y del paraje de Cañada Grande, Tlaxcala. ....	25
Figura 6. Ubicación espacial de Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl. ....	27
Figura 7. Árbol seleccionado y marcado en el parque nacional A) La Malinche e B) Izta-Popo. ....	28
Figura 8. Equipo de inyección utilizado en la aplicación de los tratamientos. ....	29

---

## RESUMEN

Este trabajo consistió en la aplicación de tres herbicidas en diferentes concentraciones, utilizados como inhibidores de crecimiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *A. globosum*), en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y La Malinche. Se estableció un diseño experimental en bloques completamente al azar, de nueve tratamientos y con cinco repeticiones. Los tratamientos fueron con 2, 4-D Amina al 50%, Glifosato al 35.6% y Ethephon al 21.65%; en concentraciones del 1, 2 y 3% de cada uno; además del testigo con agua. Los tratamientos se aplicaron mediante el sistema de micro infusión Arborjet Tree IV™ en el mes de junio del 2012, durante la etapa de floración del muérdago enano. Se evaluó el número de matas y el daño por fitotoxicidad por medio de la escala propuesta por la EWRS en cada uno de los individuos a los 24, 45 y 143 días después de la aplicación de los tratamientos en La Malinche y a los 22, 47 y 141 días después de la aplicación en Izta-Popo.

Los resultados obtenidos mostraron que para La Malinche el mejor tratamiento fue con 2,4 D-amina en una concentración al 1%, el cual presentó el menor daño por fitotoxicidad y la mayor disminución del número de matas. Y para el Izta-Popo fue con glifosato en una concentración al 3%.

**PALABRAS CLAVE:** *Arceuthobium vaginatum*, *Arceuthobium globosum*, 2,4 D-amina, glifosato, ethephon, inyecciones sistémicas.

---

## SUMMARY

This work involved the application of three herbicides at various concentrations, used as inhibitors of growth of dwarf mistletoe (*Arceuthobium vaginatum* and *A. globosum*) in the Iztaccíhuatl-Popocatepetl National Park and La Malinche. Experimental design was established in a randomized complete block, with nine treatments and five replications. Treatments were 2, 4-D Amine 50% to 35.6% Glyphosate and Ethepon to 21.65% at concentrations of 1, 2 and 3% each, besides the absolute control with water. Treatments were applied by micro infusion system Arborjet Tree IV™ in June of 2012, during the flowering stage of dwarf mistletoe. We evaluated the number of plants and phytotoxicity damage through EWRS scale in each of the 24 individuals, 45 to 143 days after application of treatments Malinche and at 22, 47 and 141 days after applying the treatment Izta Popo.

The results showed that La Malinche was the best treatment with 2, 4-D amine at a concentration of 1%, which had the lowest phytotoxicity damage and the greatest decrease in the number of plants. And for the Izta-Popo was with glyphosate at a concentration of 3%.

**KEYWORDS:** *Arceuthobium vaginatum*, *Arceuthobium globosum*, 2, 4 D-amine, glyphosate, ethepon, systemic injections.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en México existen decretadas 174 Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter Federal que abarcan una superficie de 25, 384, 818 hectáreas, lo que representa el 12.85% del territorio nacional (CONANP, 2012).

La importancia ecológica de las ANPs radica en que representan áreas en las que los procesos ecológicos tienen bajos niveles de perturbación, lo que permite procesos de conservación in situ de especies de flora y fauna; además de que representan un pulmón para las zonas urbanas. Así mismo, tienen como fin permitir y propiciar la investigación y estudio de los ecosistemas con el objeto de generar conocimiento y transmitir aquellas prácticas o tecnologías que permitan el aprovechamiento sustentable de los mismos y, a su vez, proteger el entorno de las zonas históricas, arqueológicas y turísticas de valor e importancia cultural y recreativa.

Los bosques de coníferas y latifoliadas de nuestro país, padecen diversos grados de alteraciones por los factores abióticos y bióticos como son las heladas, incendios, talas inmoderadas, pastoreo, plagas y enfermedades, considerándose entre estas últimas las causadas por plantas parásitas. Un importante agente causal de enfermedades en los bosques templados mexicanos son las plantas parásitas conocidas comúnmente como muérdago enano (*Arceuthobium* spp.). Actualmente se reconocen 42 especies a nivel mundial, de las cuáles 22 existen en México (Hawksworth and Wiens, 1996).

Es una de las plantas hemiparásitas más importantes del grupo de las heterófitas, aparentemente no es más que una modesta especie de parásito de las coníferas; sin embargo, posee un sistema único de reproducción. A diferencia de los ejemplares de otras especies hermanas, cuyas semillas llegan a los árboles después de que un pájaro las consuma y las deposite en el lugar apropiado, este tipo de muérdago, tras un periodo de gestación de 18 meses, empieza a ejercer una presión interna considerable y cuando se

---

agita libera sus semillas hacia arriba y oblicuamente a distancias laterales superiores a los 15 metros. Las semillas se encuentran cubiertas por una sustancia mucilaginosa o pegajosa y se adhieren a cualquier superficie con la que entran en contacto. Este es el principal método de propagación del parásito (Hawksworth, 1977).

Todos los muérdagos alteran la fisiología y morfología de su hospedero causando daños considerables; pueden retardar el crecimiento y deformar o matar árboles de cualquier edad. El crecimiento en los árboles puede disminuir desde un 50 hasta un 80%. La calidad de la madera disminuye por los grandes y numerosos nudos y debido a la madera esponjosa y el veteado anormal (Geils *et al.*, 2002).

El desarrollo de un herbicida selectivo para controlar las poblaciones de esta planta hemiparásita ha sido objeto de muchos estudios durante décadas. El reto es encontrar un químico de fácil aplicación que mate a la planta parásita o, en su defecto, promueva la abscisión de brotes para retrasar su propagación, y que además no tenga efectos tóxicos sobre el hospedero u otras especies (Hawksworth and Wiens, 1996). Hasta la fecha no existe ningún control químico eficaz para el control del parásito y la única forma de evitarlo es retirando de los árboles las ramas infectadas, de preferencia antes de que aparezca el fruto, pero esto es temporal, ya que tiende a reaparecer.

Ante la importancia social y ecológica que representan las áreas naturales protegidas a la par de los bosques templados, surge la necesidad de atender el problema fitosanitario que se presenta en los parques nacionales Iztaccíhuatl-Popocatepetl y la Malinche, en los cuales la presencia del muérdago enano está causando estragos dentro de la masa forestal. Debido a que el problema de infestación y las afectaciones se hacen cada vez mayores, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad biológica de los productos comerciales: Hierbamina®, Faena clásico® y Ethephon 204® como inhibidores de crecimiento para el manejo de muérdago enano, aplicados a los árboles mediante inyecciones sistémicas.

---

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. General

Evaluar la efectividad biológica de inhibidores de crecimiento para el manejo del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl. subsp. *vaginatum* y *A. globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule*) en los parques nacionales Iztaccíhuatl-Popocatepetl y La Malinche.

### 2.2. Particulares

- Evaluar la efectividad de los productos Hierbamina, Glifosato y Ethepon utilizados como inhibidores de crecimiento del muérdago enano en dos Parques Nacionales.
- Evaluar la fitotoxicidad que puedan provocar los tratamientos sobre el árbol hospedante.

---

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Muérdago enano

Las plantas parásitas más comunes y peligrosas pertenecen a la familia Viscaceae o subfamilia viscoidea la cual cuenta entre sus miembros con los géneros *Arceuthobium* (muérdago enano) y *Phoradendron* (muérdago verdadero) (Hawksworth and Wiens, 1996).

El género *Arceuthobium* se presenta en todas las regiones del mundo donde crecen las coníferas. La mayor parte se distribuyen en América y su área global se extiende desde el oeste de Estados Unidos hasta Centro América (Hawksworth *et al.*, 2002). Se ha considerado entre los más serios patógenos de las coníferas; ataca especies de *Pinus*, *Abies* y *Pseudotsuga*, resultando más afectado el primero (Hawksworth, 1980).

La edad del árbol tiene una importancia muy grande respecto a la susceptibilidad a ser infectado, árboles viejos son menos susceptibles por la resistencia que presenta su corteza engrosada a la penetración de la radícula de la semilla en germinación y por la carencia de tejido clorofiláceo expuesto. La susceptibilidad de una planta a ser parasitada disminuye proporcionalmente con su crecimiento, alcanzando un máximo aquella que tienen un diámetro de 10 a 15 mm (Gill and Hawksworth, 1961).

Debido a sus hábitos parasíticos, los muérdagos enanos han sufrido reducciones morfológicas extremas, presentando una marcada dependencia hacia sus hospedantes. Con respecto a sus hábitos nutricionales, poseen cierto grado de autotrofismo; aunque algunos autores mencionan que estas plantas absorben únicamente agua y sales minerales, otros opinan que no hay síntesis de carbohidratos. No obstante que los tallos del parásito contienen clorofila, lo que las capacita para elaborar algunos carbohidratos; sin embargo, no lo son en la cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos (Gutiérrez y Reséndiz, 1994).

---

Experimentos para determinar la capacidad fototrófica de *Arceuthobium* indican que esta planta es capaz de realizar alguna actividad fotosintética pero requiere de cierta cantidad de compuestos de carbono del hospedante. Es posible que en una etapa de su desarrollo o durante periodos en los cuales se reduce la translocación de carbohidratos, la actividad fotosintética de la planta parásita adquiera particular importancia (Gutiérrez y Reséndiz, 1994).

El hecho de que los efectos del parasitismo sobre los árboles, siguieran dependiendo de la interacción de las especies involucradas (relación hospedante-parásito), hace pensar en la posibilidad de que los requerimientos nutricionales de *Arceuthobium* varían de acuerdo a los hospedantes. Al parecer las "formas sistemáticas" de *Arceuthobium*, es decir, aquellas en las que el sistema endofítico se desarrolla profusamente dentro de los tejidos del hospedante, presentan una mayor dependencia en relación a la obtención de carbohidratos, lo cual no sucede en las formas no sistemáticas o locales en las que la mayor parte del tejido parásito se encuentra constituyendo brotes aéreos. El muérdago en la fase sistemática es de hecho totalmente parásito y está capacitado para vivir indefinidamente sin necesidad de emitir tallos (Gutiérrez y Reséndiz, 1994)

El síntoma típico de infección lo constituye un hinchamiento fusiforme en el sitio de implantación de la semilla, así como la formación de "escobas de bruja", que es una proliferación de ramas distorsionadas. Este último síntoma no es exclusivo del muérdago, ya que puede ser causado por otros patógenos y factores abióticos, su formación puede asociarse con *Arceuthobium* cuando se presentan brotes sobre las ramas, pero sería riesgoso asegurar que el muérdago enano provoca su formación, dado que quizá, la implantación ocurrió cuando la "escoba" estaba ya presente.

Al parecer las ramas infestadas sobreviven varios años más a las que están libres de parásito, absorben gran cantidad de nutrientes que normalmente irían hacia la parte superior de la copa. Estas ramas hipertróficas con hábitos de crecimiento normal son de

---

follaje muy denso y alcanzan un diámetro superior al de las ramas no parásitas (Gutiérrez y Reséndiz, 1994).

No todas las especies de muérdago enano originan la formación de escobas de bruja, sino que ciertas combinaciones de especies hospedante-parásito determinan su presencia; así en los árboles donde formaron puede haber un efecto negativo mayor sobre las condiciones generales de éstos, ya que presentan un avanzado proceso de decrepitud, en contraste la rama hipertrófica se presenta vigorosa y con follaje muy denso (Gutiérrez y Reséndiz, 1994).

Los caracteres taxonómicos distintivos de este género son tallos ramificados, de color amarillo a verde parduzco o verde olivo, rojizo o negruzco, con nudos engrosados, hojas opuestas reducidas a escamas y fruto ovoide que al desprenderse lanza la semilla al exterior en forma explosiva (Hawksworth and Wiens, 1996). Los haustorios son una estructura especializada equiparable a una raíz, conocida como sistema endofítico o haustorial que se desarrolla dentro de los tejidos del hospedante, constituye un eficiente mecanismo de absorción que trasloca las sustancias alimenticias hasta la porción aérea de la planta parásita (Hawksworth and Wiens, 1977).

Algunas especies producen vástagos de hasta más de 100 cm de largo, mientras que otros, por lo común son de no más de 15 cm; pueden ser simples o ramificados y se encuentran reunidos en grupos pares opuestas y del mismo color que el tallo (Hawksworth and Wiens, 1996); generalmente emergen hasta el segundo o tercer año después de haberse implantado la semilla. Pasan varios años de incubación, mientras que el sistema endofítico se conecta debajo de la corteza de los árboles (Geils *et al.*, 2002).

Los tallos no viven más de 7 años y casi siempre tienen un promedio de 2 a 3 años, pero nuevos brotes emergen reemplazando a los que van muriendo. Los tallos son articulados y con el tiempo producen ramificaciones verticiladas o flageladas, al llegar al segundo año

---

de madurez, generalmente producen por separado flores masculinas y femeninas; es decir, son plantas dioicas con proporción 1:1. Es probable que en México exista una preponderancia de plantas femeninas (Rodríguez, 1983).

La forma de la flor y del polen sugiere que son plantas de polinización entomófila, debido al carácter equinado del polen y a la excreción estigmática de las flores femeninas. Ésta se atribuye a insectos himenópteros, que juegan el papel de polinizadores (Uribe, 1985). Sin embargo, según Rodríguez (1983), mencionan que la polinización también puede ser anemófila, en donde los granos de polen pueden ser dispersados por el viento hasta 150 m.

El periodo de floración es de 4 a 6 semanas en la mayoría de los casos; en México hay muérdagos que presentan esta etapa fenológica en primavera, verano y otoño, según la especie, el lugar y el medio ambiente. La florescencia se presenta en primavera en *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*, *A. globosum* subsp. *globosum* y *A. globosum* subsp. *grandicaule* (Rodríguez, 1983). Después de su floración, los vástagos masculinos mueren, mientras que los femeninos lo hacen una vez que han liberado sus semillas (Hawksworth, 1977).

La diversidad de especies es más grande en el noroeste de México y oeste de los Estados Unidos, donde 28 de las 42 especies del Nuevo Mundo están presentes (Figura 1). En México se han identificado 22 taxas, ocho de ellas son comunes en el oeste de los Estados Unidos de América. En la república mexicana se tienen registros de muérdagos enanos en 24 estados (Hawksworth and Wiens, 1996).

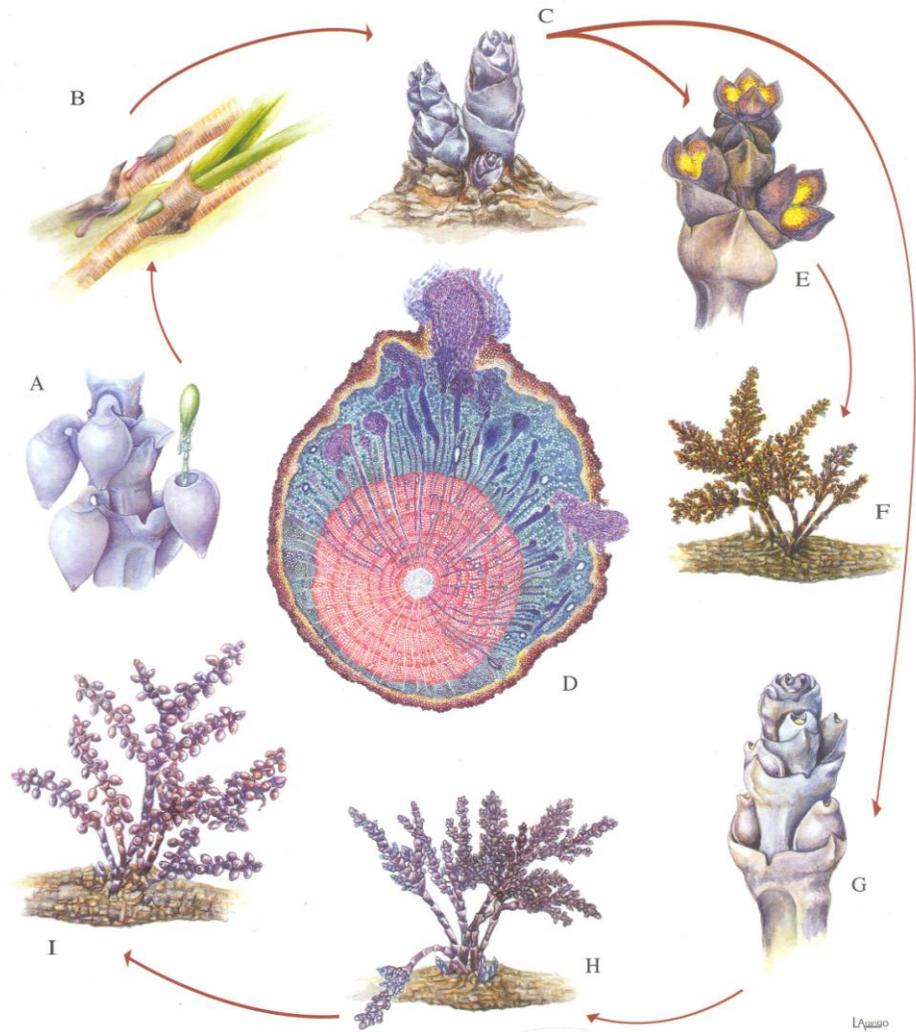


**Figura 1. Distribución Mundial del género *Arceuthobium*. Tomado de Hawksworth and Wiens, 1996.**

En México se encuentran tres especies principales, *Arceuthobium abietis religiosae*, el cual es parásito específico de los árboles de oyamel, *A. globosum* subsp. *grandicaule*, que es la de mayor distribución en la parte central del país y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*, la especie más ampliamente distribuida en México (Rodríguez, 1985).

Existen reportes recientes que documentan incrementos en los niveles de incidencia (porcentaje de árboles infestados) y de su área de distribución tanto de *A. globosum* como de *A. vaginatum* en diversas zonas de México y de algunos países de América Central (Madriral *et al.*, 2007). A nivel nacional, se estima que la superficie afectada rebasa un millón de hectáreas (García *et al.*, 2006).

Su ciclo de vida abarca dispersión, establecimiento y reproducción (Figura 2). La dispersión comienza cuando los frutos maduros empiezan a descargar su semilla en un vuelo balístico. El establecimiento incluye el tiempo que la semilla tarda en alojarse en un sitio seguro hasta que se inicia la relación parásita (Geils *et al.*, 2002).



**Figura 2. Ciclo biológico de *Arceuthobium* ssp. A) Dispersión de la semilla, B) Establecimiento, C) Surgimiento de primeros brotes aéreos, D) El sistema endofítico se desarrolla a partir del cambium, E) Las plantas masculinas forman sus primeras flores, F) Planta masculina, G) y H) Planta femenina, I) Desarrollo de los frutos. Tomado de Cibrián *et al.*, 2007.**

La germinación inicia a partir de que la semilla emerge una raíz rojiza llamada radícula; ésta se proyecta hacia el interior de los tejidos del hospedero. La penetración puede ser por las hendiduras de la corteza, por la base de los fascículos o por las yemas foliares. La infección se inicia en el lugar de penetración por la acción mecánica de la radícula, seguida por la extensión de un finísimo filamento en el interior del hospedero. Establecido el

---

muérdago enano en el hospedero, los residuos de la semilla se desintegran. Los filamentos crecen a lo largo y circundando las ramas y troncos, conociéndose en esta fase como "haustorios corticales" y a partir de las cuales se forman otros filamentos, los "haustorios penetrantes", que invaden el cambium (Flores, 2008).

El tallo y las ramas de los hospederos, al crecer, forman anualmente capas o anillos de madera que cubren en forma sucesiva los "haustorios penetrantes"; al año de infección, la planta parásita puede quedar completamente establecida, aumentando en el área de infección el número y tamaño de las células del hospedero, originando así una tumoración generalmente visible. El periodo de incubación puede ser de 2 a 3 años (Rodríguez, 1983).

La supervivencia y la fecundidad del muérdago son afectadas por el clima, sobre todo por la temperatura y la humedad (Hawksworth and Wiens, 1996), en tanto que su incidencia lo es por la altitud y la pendiente del terreno (Queijeiro-Bolaños, 2007), ya que se encuentran más comúnmente en lugares con pendientes moderadas (<10%) que en aquellas pronunciadas (Hawksworth and Wiens, 1996); sin embargo, esto varía según el sitio.

Las especies hospederas pueden interceptar aproximadamente el 40% de las semillas (Rodríguez, 1983). El periodo medio de maduración del fruto es de 16 a 17 meses (Hawksworth and Wiens, 1996). Cabe mencionar que dicha planta puede desarrollar grandes hinchamientos o cánceres aplanados y algunos daños más frecuentes como las escobas de bruja (Flores, 2008). Cuando el grado de infección del árbol hospedante es muy alto o severo, los árboles tienden a ser deformados, achaparrados, e incluso morir (Agrios, 1985).

---

### 3.1.1 *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens ssp. *grandicaule*

#### Descripción

Son plantas arbustivas dioicas, aunque los ejemplares masculinos y femeninos generalmente se encuentran en el mismo árbol, con ramificaciones dicotómicas, tiene hojas reducidas a escamas sin clorofila, tallos delgados y filiformes de 18 a 50 cm de alto (pero algunas alcanzan hasta 70 cm), de color amarillo o verde, típicamente oscuro en la base de los brotes viejos, su ramificación es flabelada. Diámetro basal de brotes dominantes de 10 a 48 mm, en promedio 17 mm. Tercer internodo de 14 a 37 mm de longitud y 3 a 20 mm de ancho (Cibrián *et al.*, 2007).

La proporción de plantas femeninas y masculinas es similar, aunque en algunos casos puede haber mayor número de femeninas. Las flores son pequeñas y no conspicuas; las primeras están partidas en tres a cuatro secciones y cada sección tiene una antera sécil que contiene polen amarillo, en la base existe un órgano similar a nectario.

Los frutos son globosos y maduros miden de 6 a 7 mm de longitud y 3.5 mm de diámetro. El color del fruto presenta dos tonos de verde, uno claro y otro grisáceo. Las semillas miden 5 mm de largo por 3 mm de ancho y es de verde oscuro (Cibrián *et al.*, 2007).

#### Fenología

La meiosis ocurre en diciembre. La antesis ocurre desde enero hasta mayo, con mayor producción de marzo a abril. Los frutos maduran desde julio hasta octubre; su periodo medio de maduración es de 16 a 18 meses. La dispersión de la semilla es desde principios de julio a principios de noviembre, con un máximo a mediados de agosto hasta mediados de septiembre (Cibrián *et al.*, 2007).

#### Hospederos

Esta subespecie tiene uno de los más amplios rangos de hospederos del muérdago enano. Infecta 12 especies de pinos mexicanos, de los cuales pueden ser susceptibles: *Pinus*

---

*duglasiana*, *P. duranguensis*, *P. hartwegii*, *P. lawsonii*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. psedostrobus*, *P. rudis* y *P. teocote* (Cibrián *et al.*, 2007).

### **Distribución**

En México, se puede encontrar en los estados de: Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo, Distrito Federal, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y Oaxaca. En Guatemala y Honduras. El rango de elevación es de 2,400 a 4,000 m.s.n.m. (Cibrián *et al.*, 2007).

### **3.1.2 *Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl. ssp. *vaginatum***

#### **Descripción**

Son plantas arbustivas dioicas, con ramificaciones dicotómicas, filiformes, glabros, hojas reducidas a escamas sin clorofila. Las estructuras aéreas son café muy oscuro a oscuro, a veces verdoso o rojizo muy oscuro; presentan 20 cm como altura media de brotes y máximo 55 cm, de 4 a 20 mm de diámetro basal de los brotes dominantes. El tercer internodo mide 5-30 mm de largo y 2.5-8.5 mm de ancho (Cibrián *et al.*, 2007).

Las plantas masculinas y femeninas generalmente, se encuentran sobre el mismo huésped, casi siempre en la misma proporción. Flores masculinas desnudas, con perigonio tripartido, anteras sésiles y dehiscencia transversal; las flores femeninas igualmente desnudas, con el perigonio bipartido, cuyos sectarios son de colores atractivos a los insectos, lo cual es importante para la polinización. Los frutos maduros miden 5.5 mm de largo y 3.5 mm en su parte más ancha. Las semillas poseen una forma aerodinámica, mucilaginosa, lo que le permite adherirse a cualquier superficie (Cibrián *et al.*, 2007).

#### **Fenología**

La antesis ocurre entre marzo y abril; los frutos maduran en agosto del siguiente año y liberan sus semillas en ese mes. Hasta principios de septiembre. El periodo de maduración del fruto es de 16 a 17 meses (Cibrián *et al.*, 2007).

---

## Hospederos

*Pinus arizonica*, *P. cooper*, *P. engelmannii*, *P. duranguensis*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsonii*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrabus*, *P. rudis* y raramente *P. culminicola* y *P. teocote*. Se reporta a *P. oaxacana* como huésped secundario (Cibrián *et al.*, 2007).

## Distribución

En México, se puede encontrar en los estados de: Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo, Distrito Federal, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y Oaxaca. En Guatemala y Honduras. Esta especie tiene un intervalo altitudinal de 2,100 a 3,900 m.s.n.m. (Cibrián *et al.*, 2007).

### 3.2. Daños causados por muérdago enano

Esta planta hemiparásita constituye la segunda causa de daño a los bosques de coníferas de México después de los incendios y el segundo lugar de daño biológico, después de los insectos descortezadores (Madrigal *et al.*, 2007), ya que afectan la supervivencia y crecimiento de las coníferas infectadas.

El primer signo visible de la infestación es un ligero abultamiento causado por el estímulo local de la corteza, floema y xilema de la hospedera (Vega, 1976). A medida que transcurre el tiempo, y el sistema endofítico crece dentro de la hospedera, la rama puede distorsionarse formando a veces “escobas de brujas”.

Los efectos que se atribuyen al muérdago enano son los siguientes:

- **Perdida del crecimiento normal**

El efecto más común es la reducción longitudinal que puede llegar a un 30-40% y el crecimiento en diámetro puede reducirse en un 40% en árboles altamente infestados. En general, la disminución del crecimiento en la altura es más fuerte que la del diámetro (Hawksworth, 1961).

---

- **Mortalidad**

Interfiere seriamente en la vida normal del árbol, provocándole la muerte al adquirir frondosidad el parásito y por consiguiente aumentar sus necesidades de sostén y nutrientes. El rango de mortalidad depende de la combinación hospedante-parásito y su valor es altamente significativo en rodales incoetáneos (diferente edad), donde el diámetro de los árboles es menor de 25 cm (Vázquez *et al.*, 2006).

- **Reducción de la cantidad y calidad de la semilla**

La producción de semilla se ve drásticamente reducida en árboles con grandes infestaciones, llegando a decrecer en un 50%; también la viabilidad de la semilla se reduce en un 20% (Hawksworth, 1961).

- **Calidad de la madera**

La calidad se reduce por los numerosos nudos que se forman a lo largo del fuste, así como por manchas oscuras o pudriciones de la madera. La cantidad se reduce por la pérdida de vigor que se presenta (Hawksworth, 1961). Y por la presencia de traqueidas cortas y distorsionadas, incrementándose el volumen de los rayos, lo cual reduce la calidad de la madera y las características de la pulpa. Algunos autores han determinado que la madera afectada por muérdago tiene menor contenido de humedad y peso específico comparado con madera sana (Hawksworth, 1961). Y en algunas especies de pino se ha observado un incremento de alcohol y benceno en las resinas, siendo la madera más débil en las pruebas de dureza (módulo de elasticidad y módulo de ruptura) (Piirto *et al.*, 1974).

- **Predisposición a los ataques de insectos y enfermedades**

Otra característica del ataque, es que predispone a los árboles infestados a un ataque intenso de descortezadores y barrenadores, pudrición de la madera por presencia de algunos hongos, enfermedades de la raíz, así como debilitamiento en el tronco y ramas que llegan a sufrir fácil rompimiento y caídas por el viento (Vega, 1976).

---

La relación entre muérdago y descortezador (*Dendroctonus* spp.) como causantes de la mortalidad de árboles ha sido muy discutida y aunque hay pocos datos sobre este tópico, se han dado algunos complejos entre *Arceuthobium vaginatum*-*Dendroctonus ponderosa* en *P. ponderosa*; otro complejo es *Arceuthobium americanum*-*Dendroctonus americanus* en pinos, donde los árboles infestados por muérdago son igualmente susceptibles al ataque de estos coleópteros que en árboles no infestados (Madrigal *et al.*, 1996).

- **Variaciones en la dinámica del ecosistema**

Los muérdagos enanos tienen varios efectos ecológicos en los bosques infestados; sin embargo, frecuentemente las plagas forestales son consideradas como foráneas y no como parte integral de todo el ecosistema, donde se han desarrollado por milenios y han tenido junto con las plagas forestales una función en su desarrollo y en la sucesión forestal. El resultado general del parasitismo del muérdago enano refleja una tendencia a precipitar la sucesión hacia la pérdida, daño y término de especies. Por lo tanto podemos decir que desempeñan un importante papel en el ecosistema porque están íntimamente relacionadas con la sucesión forestal y los cambios en la composición de especies (Vázquez *et al.*, 2006).

### **3.3. Medidas de control**

Los muérdagos enanos así como los árboles que infestan son parte integral de los ecosistemas de bosques naturales. Debido a que tampoco puede ser erradicado, lo mejor que se puede esperar es reducir las pérdidas provocadas a niveles aceptables. El manejo integrado de la plaga depende de las medidas de control (químicas, biológicas y silviculturales) aplicadas, ya que varios aspectos de su biología lo facilitan, tales como (Parmeter, 1976):

- i. Tiene lenta dispersión en el árbol y a través del rodal.
- ii. Es un parásito obligado, ya que muere junto con el hospedero.
- iii. Por ser específico, otras especies de pino no son infestadas.

---

### 3.3.1 Control biológico

A pesar de que muchos organismos son patógenos o depredadores del muérdago enano (sobresalen los de tipo biológico, como las aves, roedores e insectos y posiblemente ácaros), pero ninguno se ha estudiado lo suficiente para considerar su desarrollo como control biológico (Hawksworth and Wiens, 1996).

Existen hongos que destruyen los tallos del muérdago, por lo que la plaga persiste en el interior de las ramas o tallo; entre estos se encuentran: *Wallrothiella arceuthobii*, que ataca los órganos florales femeninos evitando la dispersión de la semilla; *Colletotrichum gloeosporoides* que causa marchitez en los tallos; *Cylindrocarpon gillii* produce antracnosis (Hawksworth and Wiens, 1996 ); *Aureobasidium pullulans* y *Alternaria alternata* que se consideran agentes de marchitez y muerte de los tallos del muérdago (Hawksworth and Wiens, 1996 y Vázquez *et al.*, 2006).

Los insectos polinizadores pueden ser controlados para limitar la fecundación de las flores femeninas, reduciendo la fructificación del muérdago. *Formica fusca* es el principal insecto polinizador de *Arceuthobium amaricanum* y *Capidosom bakeri* catalogado como el himenóptero polinizador más importante de *A. vaginatum* y de *A. cyanocarpon* (Hawksworth and Wiens, 1996 y Vázquez *et al.*, 2006).

En México se han registrado especies de insectos que se alimentan de los tallos de muérdago enano, principalmente cuando están tiernos, entre los cuales se encuentran los himenópteros *Neoborella* sp. en *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum*; *Hemiberlesis* sp. en *A. vaginatum* subsp. *durangense*; *Niveaspis volcanica*, frecuente en *A. gillii* subsp. *nigrum*, *A. strictum*, *A. vertilliflorum*, *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*, *A. vaginatum* subsp. *durangense*, *A. globosum* subsp. *globosum* y *A. globosum* subsp. *grandicaule*, (Stevens and Hawksworth, 1970).

---

### 3.3.2. Manejo silvícola

Las infestaciones de muérdago enano son controlables por procedimientos silviculturales debido a su propagación lenta, a la restricción de sus hospederas y a la facilidad para localizar áreas de infestación. Las pérdidas pueden ser considerablemente reducidas mediante una ejecución de manejo forestal adecuada (Rodríguez, 1983).

La prevención es el método más económico y eficiente de reducir el impacto del muérdago enano; la prioridad en los programas de control debe estar encaminada a la prevención, que es mucho más efectiva que la supresión después que el muérdago enano ha entrado a los sitios o replantar sitios severamente dañados (Valderrama y Medina 2002).

El manual de la CONAFOR (2006) indica que para aplicar un control es necesario podar todas las ramas con muérdago; en el caso de *Pinus* no debe exceder el 50% de la copa, pues en este caso el árbol muere; procurando también podar las ramas que puedan presentar una infección. En caso de que el muérdago se encuentre en el tronco, el arbolado se debe remover y a su vez realizar una reevaluación del rodal cada dos años para evitar nuevamente una infección por este parásito (Flores, 2008).

### 3.3.3. Control Genético

La evidencia ocasional de resistencia a muérdago enano ha sido observada en varias combinaciones de parásito hospedero: *A. vaginatum* en *P. ponderosa*; *A. campylopodum* en *P. ponderosa* y *P. jeffreyi*; *A. americanum* en *P. contorta*; *A. tsugense* en *Tsuga heterophylla* y *A. chinense* en *Keetleeria evelyniana*. Estas especies son seleccionadas mediante la manipulación de las masas afectadas eliminando los árboles infestados, dejando aquéllos cuyas características les han permitido resistir o evitar la infestación permitiendo la proliferación de progenies mejoradas (Hawksworth and Wiens, 1996).

---

### 3.3.4. Control químico

El muérdago enano ha sido tratado con diversos compuestos químicos, principalmente herbicidas, lográndose eliminar los tallos, pero no el sistema endofítico. Los mejores resultados han sido obtenidos con el uso de 2, 4-D, MCP 4-2-metil-4-cloro-fenoxi y Ethephon; solamente es aplicable en arbolado joven y renuevo. Las experiencias en México con el uso del Ethephon son en los estados de México y Michoacán, con *Pinus hartwegii* y *P. pseudostrobus* parasitados por *Arceuthobium globosum*, en ambos casos se logra un excelente control con dosis de más de 2000 ppm del producto disuelto en agua y asperjado sobre la planta parásita (Alvarado y Cibrián, 1991)

### 3.4. Herbicidas utilizados en la investigación

#### 3.4.1. Generalidades del glifosato

El glifosato se descubrió en 1950 por el químico suizo Henri Martin, quien trabajaba para la compañía farmacéutica Cilag (Urzúa, 2012). Es un derivado del aminoácido glicina, con ácido fosfórico unido al radical amino. En sí mismo es un ácido pero frecuentemente es utilizado en forma de sal, más comúnmente como sal de isopropilamina. Las sales más utilizadas son la isopropilamina de glifosato e isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina.

Es un organofosfonato (sal de un ácido fosfónico), altamente soluble en agua y prácticamente insoluble en solventes orgánicos. Su fórmula química es C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>N<sub>3</sub>O<sub>5</sub>P, y su fórmula estructural se muestra en la Figura 3 (Bozzo, 2010):

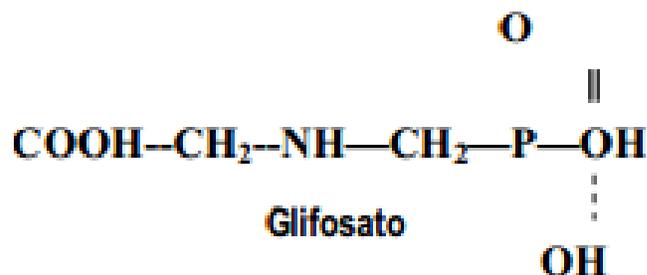


Figura 3. Estructura química del glifosato.

---

La molécula N-(fosfonometyl) glicina (glifosato) se introdujo al mercado en 1974 y actualmente es el herbicida que más se usa en el mundo, por ser altamente eficaz para controlar en post emergencia un amplio espectro de malezas anuales y perennes, no tener actividad herbicida residual en el suelo, y ser sociológicamente y ecológicamente muy seguro. Se comercializa principalmente con el nombre de ROUNDUP, el que contiene 36% de equivalente ácido y 48% de equivalente sal (Bozzo, 2010). Dado que no es capaz de atravesar las cutículas foliares y membranas celulares hidrofóbicas de las malezas, las formulaciones comerciales contienen un agente surfactante, que ayuda a superar dichas barreras. Varias investigaciones sugieren que los efectos tóxicos vinculados con el ROUNDUP no provienen de su componente activo, el glifosato, sino de uno de sus surfactantes: polioxietil- amina (POEA) (Bozzo, 2010).

Es la única molécula herbicida que inhibe la acción de la enzima 5-enolpiruvyl-shiquimato-3-fosfato sintetasa (ESPS) en la ruta del ácido shikimico, al suplantar al fosfoenolpiruvato, uno de los sustratos para la ESPS (Urzúa, 2012). La insuficiencia de ESPS conlleva a la acumulación de shiquimato-3-fosfato y escasa producción de aminoácidos aromáticos (triptófano, fenilalanina y tirosina) necesarios para la síntesis de proteínas que intervienen en la formación de carotenoides, produciendo como síntomas iniciales de daño, clorosis y blanqueado. La enzima ESPS se encuentra presente en plantas, hongos y bacterias, pero no en animales, por lo que existe poco riesgo que afecte a estos organismos (Urzúa, 2012).

Es un herbicida post-emergente, sistémico, de amplio espectro con una alta actividad sobre casi todas las malezas (anuales, perennes, mono o dicotiledóneas), siendo solamente resistentes aquellas variedades modificadas genéticamente (Bozzo, 2010).

El carácter sistémico del glifosato permite que el producto, luego de ser absorbido por el follaje, se trasloque a través de los tallos y raíces a la planta entera. Este herbicida es particularmente efectivo porque la mayoría de las plantas lo metabolizan muy lentamente

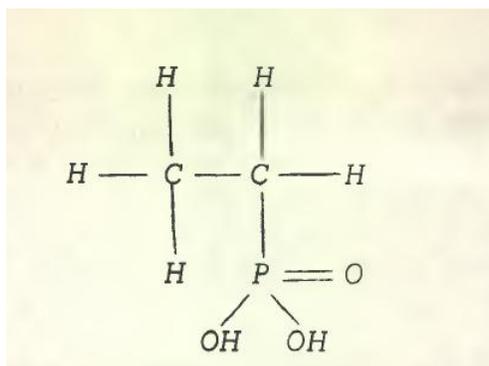
---

o no lo degradan lo que explica su acción no-selectiva. Finalmente el herbicida se acumula preferentemente en los tejidos metabólicamente activos como son los tejidos meristemáticos. Sin embargo, se han detectado residuos de glifosato y AMPA en cultivos celulares de soya, en plantas, frutos y frutillas de árboles forestales. En las plantas susceptibles, el herbicida no es ni degradado ni metabolizado en un grado significativo (Bozzo, 2010).

### 3.4.2. Generalidades del Ethephon

Ethephon es el nombre común de ácido 2-Halohethano etilfosfónico o dimetil-fosónico que es un regulador de crecimiento que causa múltiples efectos en la fisiología de las plantas. Está clasificado dentro de los inhibidores del crecimiento y liberados de etileno. Sus efectos principales sobre la planta son: epinastia, iniciación de raíces, estimulación de la madures en frutas, defoliación y otros efectos parecidos a los obtenidos con el etileno (Montenegro, 1982).

Su fórmula química es  $C_2H_5PO_3$  y su fórmula estructural se muestra en la Figura 4:



**Figura 4. Estructura química del Ethephon.**

Según Cooke y Randall (citado por Montenegro, 1982); éste ácido permanece estable a pH bajo (menos de 4); y al entrar en los tejidos de la planta, debido a que el protoplasma de la célula tiene un pH mayor que 4, es degradado con la consiguiente liberación de etileno, que es el responsable de toda la actividad biológica. concluyendo que el ethephon ejerce

---

sus efectos liberando gradualmente etileno como producto de descomposición. Así, el ethephon ofrece un medio para tratar con etileno las plantas, ya que sus efectos son similares a los ejercidos en la floración, maduración de los frutos y abscisión.

El etileno en su estructura química, es un producto natural del metabolismo vegetal, siendo la hormona de crecimiento vegetal más simple químicamente. El etileno en la planta aún no se conoce exactamente, se cree que el etileno desempeña una función importante en la transcripción y traducción del código genético del ADN al ARN a las proteínas y puede incorporarse en el ARN, al igual que algunas de las otras hormonas (Montenegro, 1982).

### **3.4.3. Generalidades del 2,4 D-Amina (Hierbamina)**

El 2,4-D, ácido 2,4-diclorofenoxiacético, es uno de los herbicidas más utilizados en la actualidad ya que forma parte de numerosos productos y formulados comerciales. Es el prototipo de los herbicidas fenólicos y el primero en ser producido de este grupo, ya que su producción se inició en 1948. Además de su forma ácida, es formulado como sal inorgánica, como amina y como éster, radicando los procesos principales de producción tanto en la condensación de 2,4-diclorofenol con ácido monocloroacético como en la cloración del ácido fenoxiacético (SRHN, 2005).

Es utilizado como herbicida por su selectividad sobre las plantas de hoja ancha, la cual se debe a que tales plantas presentan una superficie de absorción mucho mayor que otras y, por lo tanto, incorporan una mayor cantidad de compuesto. Por otra parte, es comercializado a través de varios formulados cuyo principio activo es la sal de dimetilamina o el éster del butoxietanol para limpiar de malezas cuerpos de agua. Se ha determinado que tales sustancias se hidrolizan a ácido 2,4-diclorofenoxiacético en tiempos comprendidos entre minutos y unas pocas horas (SRHN, 2005).

---

El 2,4-D es incorporado a las plantas a través de las raíces, las hojas o las paredes celulares. Una vez en el interior de los vegetales, el compuesto se acumula en zonas de crecimiento activo como ápices de ramas y raíces; allí, su acción hormonal, basada en que su estructura química es una modificación de la correspondiente a una hormona vegetal, la auxina, estimula el crecimiento de las células viejas y jóvenes, que aumentan rápidamente de tamaño sin dividirse normalmente, lo cual hace colapsar el sistema de transporte de agua y nutrientes en las regiones de crecimiento activo causando finalmente la muerte de las plantas (SRHN, 2005).

A muy bajas tasas de aplicación sobre la masa foliar, puede ser usado como regulador de crecimiento en manzanas, para reducir la caída de frutos prematuros, en papa, para incrementar la proporción de tubérculos de tamaño medio o intensificar la coloración rojiza de algunas variedades, y en cítricos, para aumentar el tiempo durante el cual pueden almacenarse los frutos. Tiene una persistencia ambiental relativamente corta. Es susceptible a la degradación fotoquímica en el suelo, en el agua, en el aire y sobre la superficie de las plantas. Por otra parte, se biodegrada con facilidad en el suelo y en el agua. Tanto la forma ácida como la amina y el éster del 2,4-D son metabolizados a compuestos de baja toxicidad y finalmente a formas de carbono inorgánico (Kamrin, 1997; citado por SRHN, 2005). La biodegradación aeróbica genera en primera instancia 2,4-diclorofenol y, a partir de éste, cloruros, dióxido de carbono y agua, mientras que en condiciones de anaerobiosis se produce 4-clorofenol y en menor proporción 2-clorofenol (Gallagher, 1992; citado por SRHN, 2005). El tiempo de vida medio en el suelo es inferior a 7 días. En aguas naturales con concentraciones elevadas de oxígeno tal tiempo puede variar entre una y varias semanas (SRHN, 2005).

---

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Área de estudio

El presente trabajo se realizó en las áreas naturales protegidas: Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y La Malinche, las cuales se ubican dentro del Eje Neo-volcánico Transversal, en donde actualmente se tiene presencia de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) y las afectaciones ocasionadas se hacen cada vez más expansivas y perjudiciales.

#### 4.1.1. Parque Nacional La Malinche

El PN La Malinche o Matlalcuéyatl, forma parte del Eje Neovolcánico Transversal, está ubicado al sureste del estado de Tlaxcala y en el centro del estado de Puebla, se ubica entre los 19° 06' 04'' y 19° 20' 06'' de Latitud Norte, y los 97° 55' 41'' y 98° 10' 52'' de Longitud Oeste (Rojas y Villers, 2008).

Se estableció mediante Decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de octubre de 1938, y cuenta con una superficie de 46,112.24 hectáreas. Sobresale ampliamente por su alta diversidad de especies y endemismos, especialmente para la fauna de mamíferos ya que muchas especies históricamente quedaron restringidas a las montañas centrales sujetas a procesos de aislamiento y diferenciación (DOF, 2013a).

Los suelos corresponden a derivados de cenizas volcánicas de composición variable, que presentan procesos de transformación debido a la descomposición de restos vegetales por microorganismos del suelo, esto sucede en ecosistemas forestales estables o en equilibrio con las condiciones ambientales. Se clasifican dentro del orden Inceptisol que son suelos pocos desarrollados, los suelos que predominan en esta área son muy propensos a la erosión y poco o nada útiles para el aprovechamiento agrícola. (Villers *et al.*, 2006).

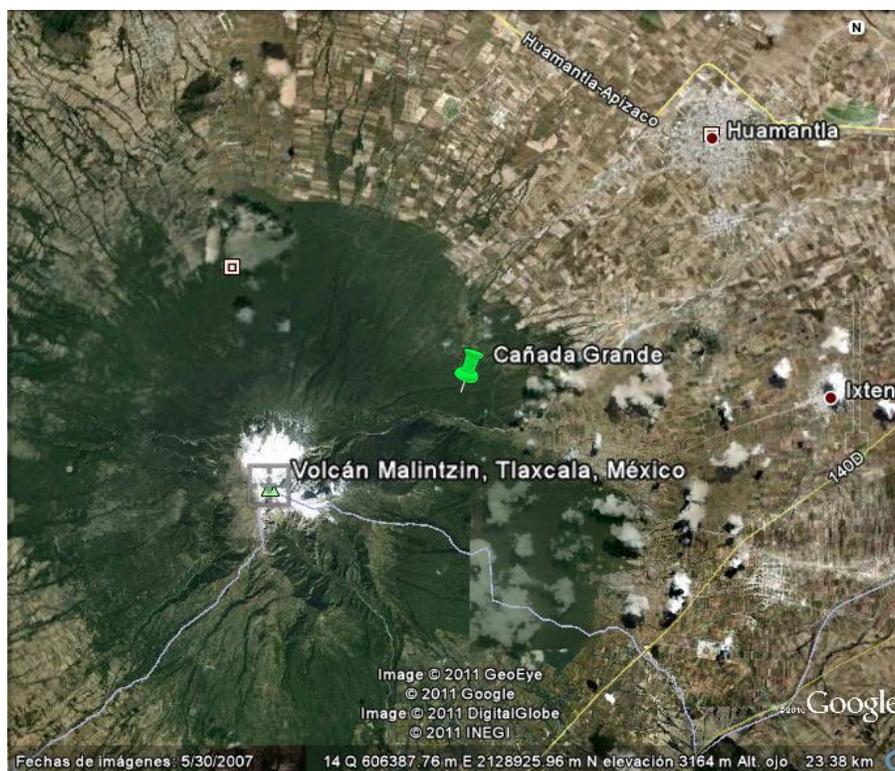
---

Forma parte de la cuenca hidrológica del río Atoyac-Zahuapan y aporta volúmenes considerables a las aguas subterráneas y de afloramiento, de la presa Manuel Ávila Camacho (Villers *et al.* 2006).

El clima de la Malinche se expresa de acuerdo a pisos climáticos debido a los diferentes niveles altitudinales encontrando variaciones significativas de temperatura y humedad. En el piso inferior, hasta los 3000 m el clima es templado sub húmedo con una temperatura entre 18 y 12°C; las comunidades de *Quercus* y *Pinus* se distribuyen en esta zona.

El clima semifrío se ubica por encima de los 3000 y hasta los 4000 m donde la temperatura fluctúa entre 12 y 5°C, predominan las comunidades de *Pinus*, *Alnus* y *Abies* principalmente en barrancas. Por encima de los 4000 m se encuentra un clima frío con temperaturas entre 5 y 2°C. Se presenta el zacatonal de alta montaña y la especie *Juniperus monticola* que es el único árbol que se encuentra a estas alturas en forma de arbustos. (Villers *et al.*, 2006)

En el paraje Cañada Grande ubicado en el Centro del área natural protegida y que comprende una superficie de 3,613.53 hectáreas (DOF, 2013a), se estableció el área de estudio, con coordenadas X: 604267.516, Y: 2127873.878 y X: 604500.914, Y: 2127936.320, en el estado de Tlaxcala (Figura 5). Teniendo ecosistemas de Bosque de pino-encino, oyamel y zacatonal.



**Figura 5. Ubicación espacial del Parque Nacional La Malinche y del paraje de Cañada Grande, Tlaxcala.**

#### **4.1.2. Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl**

Este Parque abarca una superficie de 39,8190860.00 hectáreas, se estableció mediante Decreto Presidencial, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día ocho de noviembre de 1935 (DOF, 2013b).

Esta área natural se localiza sobre el eje neovolcánico y se encuentra en el sistema orográfico Sierra Nevada, originado durante el terciario por actividad volcánica. La presencia de dos volcanes, laderas, lomeríos, bosques naturales y miradores naturales, son parte de sus principales atractivos. El parque presenta dos de las mayores elevaciones de México; el Popocatépetl que asciende a los 5,452 msnm y las montañas del Iztaccíhuatl o Mujer Dormida que se elevan a 5,285 msnm. Por lo que presenta un rango altitudinal que va de los 3,600 a los 5,452 metros sobre el nivel del mar (Vargas, 1997).

---

Los tipos de suelos aflorantes en esta zona son el regosol dístico, los litosoles, el andosol mólico y el cambisol eútrico. Se reporta la presencia de cuatro ríos (Amecameca, Molinos, Akal y Atila) y escurrimientos perennes menores (Vargas, 1997).

La hidrología de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl es característica de las zonas altas de una cuenca, en este caso las de México y del Balsas. Las pendientes pronunciadas en las zonas montañosas contribuyen favoreciendo el escurrimiento. El módulo (gasto referido a la cuenca) y el coeficiente de escurrimiento (proporción de las precipitaciones evacuadas por los ríos) son siempre más elevados en las montañas que en las planicies vecinas. De ésta manera la red hidrográfica del parque nacional es muy vigorosa (Vargas, 1997) y es muy importante en el suministro de agua para las poblaciones vecinas.

La ubicación geográfica, así como su origen geológico, su orografía, suelos y clima, hacen posible que se establezcan en la región una gran diversidad de ecosistemas conformados por bosques mixtos de pino, oyamel, encino y aile. Estos bosques templados albergan a 465 especies de flora y fauna, 23 de ellas endémicas y 30 bajo algún criterio de protección.

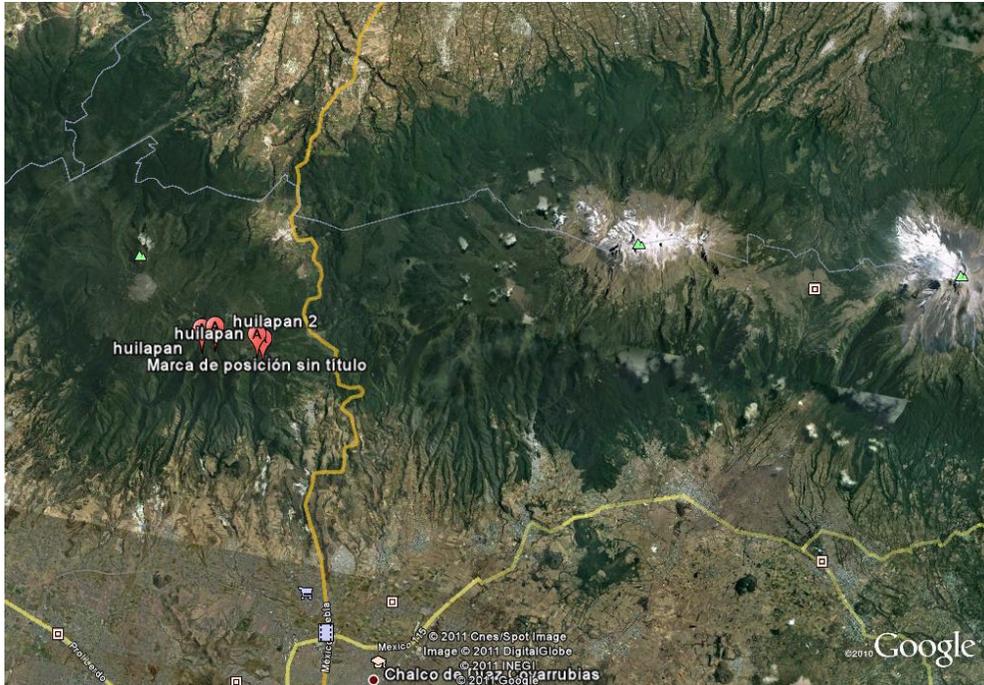
Además, la región de los volcanes es un corredor de escala para diversas especies de aves en las rutas migratorias entre el Golfo de México y el Océano Pacífico. Es hábitat de especies carismáticas como el venado cola blanca, el linco, el puma, el coatí y el conejo zacatuche o teporingo, nuestra especie emblema (Vargas, 1997).

Se presentan dos tipos de clima dentro del parque: 1) Muy frío, lluvias en verano, temperatura media anual menor de  $-2^{\circ}\text{C}$ , la del mes más caliente menor de  $0^{\circ}\text{C}$  y 2) C (W) cig Semifrío subhúmedo, temperatura media anual de  $5$  a  $12^{\circ}\text{C}$ , mes más frío de  $3$  a  $18^{\circ}\text{C}$  (Vargas, 1984; citado por Vargas, 1997).

El sitio donde se ubicaron los bloques de trabajo fue en el paraje Huilapan, con coordenadas: 527138.501 (X) 2139742.646 (Y), 527376.00000 (X) 2140032.000 (Y),

---

527347.000 (X) 2140043.000 (Y) y 527172.531 (X) 2139695.300 (Y); perteneciente al municipio de Ixtapaluca, Estado de México (Figura 6).



**Figura 6. Ubicación espacial de Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.**

## **4.2. Fase de campo**

### **4.2.1. Selección de sitios**

Se realizaron una serie de recorridos prospectivos en las dos áreas naturales protegidas, con la finalidad de establecer los sitios para la aplicación de los tratamientos. Las características que se buscaron para elegir las áreas fueron que existieran arboles con presencia de muérdago enano.

En cada uno de los sitios se seleccionaron 50 árboles que a su vez se agruparon en cinco bloques conformados cada uno por 10 árboles, los cuales cumplían con las características siguientes: que estuvieran poco dispersos, presentaran algún nivel de infección por muérdago enano y diámetro mayor a 10 cm.

---

#### 4.2.2. Selección de árboles

En el sitio ubicado en el parque nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl los árboles seleccionados fueron del género *Pinus hartwegii* y en el parque nacional La Malinche fueron *Pinus teocote*.

Los árboles fueron georreferenciados con GPS, también se marcaron con pintura en aerosol alrededor del fuste y enumerados, como se muestra en la Figura 7. En La Malinche se utilizó la numeración maya y en Iztaccíhuatl-Popocatepetl se usó la numeración ordinal.



**Figura 7. Árbol seleccionado y marcado en el parque nacional A) La Malinche e B) Iztaccíhuatl-Popocatepetl.**

También se les tomaron datos dasométricos como: diámetro (DAP) con el apoyo de una forcípula y la altura con Pistola Haga (Anexo 1).

---

### 4.2.3. Aplicación de tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados utilizando el sistema de micro infusión Arborjet Tree IV™ (Figura 8), en las primeras dos semanas de junio de 2012, entre la etapa de floración y fructificación del muérdago enano.



**Figura 8. Equipo de inyección utilizado en la aplicación de los tratamientos.**

De acuerdo al diámetro de cada árbol se hizo el cálculo de cuánto se iba a inyectar, tomando en consideración que por cada centímetro de diámetro se inyectan 5 ml de producto. En el Parque Nacional La Malinche los árboles tuvieron en promedio 7 m de altura y 12 cm de diámetro; en el Parque Nacional Izta-Popo presentaban una altura promedio de 11 m y 20 cm de diámetro.

Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones por sitio y cada repetición comprendió un solo árbol en cada bloque. El formato de campo utilizado durante la aplicación de los tratamientos se presenta en el Anexo 2.

---

### 4.3. Fase de gabinete

#### 4.3.1. Variables evaluadas

*Número de matas:* se realizó un conteo del número de individuos de muérdago enano presentes en cada uno de los árboles.

*Fitotoxicidad:* se evaluó con base en la escala de puntuación propuesta por la European Weed Research Society (EWRS) (Champion, 2000) (Cuadro 1), utilizando las observaciones del porcentaje de follaje muerto de cada árbol.

**Cuadro 1. Escala propuesta por la EWRS para la evaluación de fitotoxicidad en cultivos y transformación a escala porcentual.**

Valor puntual	Efecto sobre el cultivo	Fitotoxicidad al cultivo (%)
1	Sin efecto	0
2	Síntomas muy ligero	1.0-3.5
3	Síntomas ligeros	3.5-7.0
4	Síntomas sin daños en rendimiento	7.0-12.5
5	Daño medio	12.5-20
6	Daños elevados	20-30
7	Daños muy elevados	30-50
8	Daños severos	50-99
9	Muerte completa	100

Se realizaron cuatro evaluaciones, una previa a la aplicación de los tratamientos el mismo día que se inyectaron, y tres después de ésta (Cuadro 2). El formato utilizado para capturar las observaciones en cada una de las evaluaciones se muestra en el Anexo 3.

**Cuadro 2. Fechas de aplicación de tratamientos y evaluaciones.**

Área de estudio	Aplicación de tratamientos	1ra. Evaluación (días)	2da. Evaluación (días)	3ra. Evaluación (días)
La Malinche	Junio 2012	24	45	143
Izta-Popo	Junio 2012	22	47	141

### 4.3.3. Tratamientos y dosis

Los tratamientos y dosis utilizadas en cada sitio experimental se detallan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Productos y dosis a utilizadas como inhibidores de crecimiento del muérdago enano.**

Tratamiento	Producto	Nombre comercial	Dosis
T1	Agua		
T2	2, 4-D Amina al 50%	Hierbamina®	1%
T3	2, 4-D Amina al 50%	Hierbamina®	2%
T4	2, 4-D Amina al 50%	Hierbamina®	3%
T5	Glifosato al 35.6%	Faena clásico®	1%
T6	Glifosato al 35.6%	Faena clásico®	2%
T7	Glifosato al 35.6%	Faena clásico®	3%
T8	Ethephon al 21.65%	Ethephon 204®	1%
T9	Ethephon al 21.65%	Ethephon 204®	2%
T10	Ethephon al 21.65%	Ethephon 204®	3%

### 4.3.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con nueve tratamientos, un testigo y cinco repeticiones, como se presenta en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Tratamientos y su distribución en los bloques.**

	Tratamientos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Bloque 1	T <sub>1-1</sub>	T <sub>2-1</sub>	T <sub>3-1</sub>	T <sub>4-1</sub>	T <sub>5-1</sub>	T <sub>6-1</sub>	T <sub>7-1</sub>	T <sub>8-1</sub>	T <sub>9-1</sub>	T <sub>10-1</sub>
Bloque 2	T <sub>1-2</sub>	T <sub>2-2</sub>	T <sub>3-2</sub>	T <sub>4-2</sub>	T <sub>5-2</sub>	T <sub>6-2</sub>	T <sub>7-2</sub>	T <sub>8-2</sub>	T <sub>9-2</sub>	T <sub>10-2</sub>
Bloque 3	T <sub>1-3</sub>	T <sub>2-3</sub>	T <sub>3-3</sub>	T <sub>4-3</sub>	T <sub>5-3</sub>	T <sub>6-3</sub>	T <sub>7-3</sub>	T <sub>8-3</sub>	T <sub>9-3</sub>	T <sub>10-3</sub>
Bloque 4	T <sub>1-4</sub>	T <sub>2-4</sub>	T <sub>3-4</sub>	T <sub>4-4</sub>	T <sub>5-4</sub>	T <sub>6-4</sub>	T <sub>7-4</sub>	T <sub>8-4</sub>	T <sub>9-4</sub>	T <sub>10-4</sub>
Bloque 5	T <sub>1-5</sub>	T <sub>2-5</sub>	T <sub>3-5</sub>	T <sub>4-5</sub>	T <sub>5-5</sub>	T <sub>6-5</sub>	T <sub>7-5</sub>	T <sub>8-5</sub>	T <sub>9-5</sub>	T <sub>10-5</sub>

---

El modelo lineal utilizado fue (Infante y Zárate, 1994):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, 10$$

$$j = 1, \dots, 5$$

**Dónde:**

$Y_{ij}$  =Variable aleatoria “número de matas” que representa la observación j-ésima del i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Efecto medio general

$\tau_i$  = efecto atribuido al i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental de la unidad j del tratamiento

Las hipótesis a probar fue:

Se probaron las siguientes hipótesis:

$$H_0 = T_0 = T_1 = T_2 = T_3 \dots = T_9$$

Vs

$H_a$  = al menos un tratamiento tiene un efecto diferente al de los demás

#### **4.3.5. Análisis estadístico**

Los datos de la variable número de matas fueron arreglados para el paquete SAS (Statistical Analysis System) y se realizó un análisis de varianza mediante Friedman, por fecha de evaluación, para determinar si existieron diferencias entre los tratamientos, posteriormente fueron sometidos a una prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para ordenar la efectividad biológica de los tratamientos.

Así mismo para la variable fitotoxicidad se realizó un análisis de varianza mediante Friedman, por fecha de evaluación y una prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) con el paquete SAS. Con la diferencia de que previo a meter los datos en SAS, se

---

aplicó “arco seno  $\sqrt{Y}$  ( $Y$ = porcentaje de follaje muerto)” a cada uno de los datos para transformarlos de porcentuales a normales, mediante el programa SAS.

Esta transformación se aplica cuando los datos tienden a adquirir una distribución binomial. Expresado como una fracción decimal o porcentajes, y es especialmente recomendado cuando los porcentajes cubren un amplio rango de valores. Si los datos numéricos están dados en proporciones sin denominador común, como por ejemplo porcentajes de plantas enfermas por parcela; entonces la distribución tiende a adquirir la forma binomial y además los tratamientos no contribuyen por igual a formar el error experimental, razón por lo que es recomendable la transformación angular, especialmente si es que los porcentajes cubren una gran amplitud de valores y si provienen de menos de 100 observaciones por parcela (si los numeradores que dan el porcentaje son menores que 100). Si fueran mayores de esta cifra, el análisis de varianza debe realizarse sin la necesidad de transformación (Canché y López, 2001).

Se eligió la prueba de Friedman a razón de que es la más utilizada cuando se plantea un experimento bajo un diseño en bloques completos al azar y al verificar los supuestos básicos estos no se cumplen o de inicio se eligió una escala nominal u ordinal para registrar los datos experimentales. Además de que al igual que en la prueba de Kruskal y Wallis se cambian las observaciones originales por rangos, con la diferencia de que con Friedman se asignan rangos a los tratamientos por separado dentro de cada bloque. Esto es congruente con la aleatorización restringida que se tienen en el diseño, la que nos lleva a comparar los tratamientos dentro de los bloques (Infante y Zárate, 1994).

El término a observar en el análisis de varianza (Friedman) con mayor atención es  $Pr > F$ , ya que este nos permitirá rechazar o no  $H_0$ : al menos un tratamiento es diferente si  $(Pr > F) < \alpha$ . Comparando con una confiabilidad del 95% ( $\alpha = 0.05$ ).

---

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Parque Nacional La Malinche

#### 5.1.1. Evaluación previa

La evaluación que se realizó antes de la aplicación de los tratamientos únicamente sirvió como base de comparación para los cambios en el follaje y el número de matas iniciales con respecto a los posibles efectos causados por los tratamientos.

#### 5.1.2. Primera evaluación

##### 5.1.2.1. Variable número de matas

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 5), podemos ver que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que quiere decir que hay evidencias estadísticas para afirmar que a los 24 días de aplicados los tratamientos no hubo efectos sobre el número individuos de muérdago enano (Anexo 4).

**Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 24 días.**

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Modelo	13	55.20	4.24	0.44	<b>0.9429</b>
Error	36	347.30	9.64		
Error total	49	402.50			

##### 5.1.2.2. Evaluación de la fitotoxicidad

Conforme a la escala propuesta por la EWRS, se concluyó que no hubo efecto fitotóxico sobre las plantas de *P. teocote* con los tratamientos T1, T3 y T9; mientras que para los demás los efectos fueron muy ligeros y ligeros, es decir que durante la primera evaluación el daño por fitotoxicidad fue mínimo (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en *P. teocote* a los 24 días de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamiento	Árbol					Promedio*
	1	2	3	4	5	
T1	1	1	1	1	1	<b>1.0</b>
T2	1	1	4	1	4	<b>2.0</b>
T3	1	1	1	1	1	<b>1.0</b>
T4	1	1	4	1	1	<b>2.0</b>
T5	1	1	5	1	1	<b>2.0</b>
T6	4	5	1	6	1	<b>3.0</b>
T7	4	1	1	1	1	<b>2.0</b>
T8	4	1	1	1	1	<b>2.0</b>
T9	2	1	1	1	2	<b>1.0</b>
T10	5	4	1	1	4	<b>2.0</b>

\*1=Sin efecto, 2=Síntomas muy ligeros, 3=Síntomas ligeros, 4=Síntomas sin daños en rendimiento, 5=Daño medio, 6=Daños elevados, 7=Daños muy elevados, 8=Daños severos, 9=Muerte completa.

Y de acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de varianza (anexo 16), no existió diferencias significativas entre tratamientos ( $Pr > F = 0.2062$ ) con un  $\alpha=0.05$ .

### 5.1.3.Segunda evaluación

#### 5.1.3.1. Variable número de matas

Conforme a los datos obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 7), podemos ver que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que quiere decir que hay evidencias estadísticas para afirmar que a los 45 días de aplicados los tratamientos, no hubo efectos sobre el número individuos de muérdago enano (Anexo 5).

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 45 días.**

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Modelo	13	68.30	5.25	0.56	<b>0.8663</b>
Error	36	335.70	9.325		
Error total	49	404.00			

---

### 5.1.3.2. Evaluación de la fitotoxicidad

Conforme a la escala propuesta por la EWRS, se concluyó que **no hubo efecto** para T1 (agua) y T3 (2,4 D-amina al 2%); **síntomas muy ligeros** con los tratamientos T5 (glifosato al 1%) y T8 (ethephon al 1%); **síntomas ligeros** con T4 (2,4 D-amina al 3%), T7 (glifosato al 3%), T9 (ethephon al 2%); y T10 (ethephon al 3%); síntomas sin daño en rendimiento con T2 (2,4 D-amina al 1%) y T6 (glifosato al 2%) (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en *P. teocote* a los 45 días de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamiento	Árbol					Promedio*
	1	2	3	4	5	
T1	1	1	1	1	1	<b>1.0</b>
T2	1	7	5	4	5	<b>4.0</b>
T3	1	1	1	1	1	<b>1.0</b>
T4	1	4	6	1	1	<b>3.0</b>
T5	1	1	6	1	1	<b>2.0</b>
T6	6	5	1	8	1	<b>4.0</b>
T7	4	1	8	1	1	<b>3.0</b>
T8	8	1	1	1	1	<b>2.0</b>
T9	8	1	1	1	1	<b>3.0</b>
T10	5	4	1	1	5	<b>3.0</b>

\*1=Sin efecto, 2=Síntomas muy ligeros, 3=Síntomas ligeros, 4=Síntomas sin daños en rendimiento, 5=Daño medio, 6=Daños elevados, 7=Daños muy elevados, 8=Daños severos, 9=Muerte completa.

Y con los datos obtenidos en el análisis de varianza (Anexo 17), tampoco existió diferencias significativas ( $Pr > F = 0.2417$ ) con un  $\alpha=0.05$ . Sin embargo en campo se pudo observar síntomas de fitotoxicidad en diferente grado para cada uno de los árboles.

### 5.1.4. Tercera evaluación

#### 5.1.4.1. Variable número de matas

Acorde a los datos obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 9), podemos apreciar que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que quiere decir que hay

evidencias estadísticas para afirmar que a los 143 días de aplicados los tratamientos, al menos un tratamiento tiene efecto diferente sobre el número de matas de muérdago enano (Anexo 6).

**Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 143 días.**

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Modelo	13	200.50	15.42	4.30	<b>0.0003</b>
Error	36	129.00	3.58		
Error total	49	329.50			

La comparación de medias con Tukey (Cuadro 10) muestra que el mayor número de matas se encontró en T1 (agua) siguiéndole T8 (ethephon al 2%); mientras que el menor número de matas se obtuvo con T2 (2,4-D amina al 1%), T4 (2,4-D amina al 3%) y T7 (glifosato al 3%).

**Cuadro 10. Prueba de Tukey realizada para determinar el mejor tratamiento.**

Tratamiento	*Media	Agrupación Tukey
T1	9.40	A
T8	8.10	A B
T9	6.60	A B C
T10	6.50	A B C
T5	5.50	A B C
T6	4.50	B C
T3	4.20	B C
T4	3.40	C
T7	3.40	C
T2	3.40	C

\*Medias con la misma letra o agrupación no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con un  $\alpha = 0.05$

---

### 5.1.4.2. Evaluación de la fitotoxicidad

De acuerdo a la escala propuesta por la EWRS, se concluyó que **no hubo efecto** para el tratamiento T1 (agua), para T10 (ethephon al 3%) un **daño medio**; T2 (2,4 D-amina al 1%) **daño elevado**, T4 (2,4 D-amina al 3%), T6 (glifosato al 2%), T7 (glifosato al 3%), T8 (ethephon al 1%) y T9 (ethephon al 2%) **daños muy elevados**; y únicamente en T3 (2,4 D-amina al 2%) y T5 (glifosato al 1%) se presentaron **daños severos** de fitotoxicidad (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en el hospedante a los 143 días de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamiento	Árbol					Promedio*
	1	2	3	4	5	
T1	1	1	1	1	1	<b>1.0</b>
T2	1	9	8	6	8	<b>6.0</b>
T3	8	7	8	8	7	<b>8.0</b>
T4	8	9	7	9	4	<b>7.0</b>
T5	8	9	8	8	9	<b>8.0</b>
T6	9	8	1	9	8	<b>7.0</b>
T7	8	5	7	7	9	<b>7.0</b>
T8	8	9	4	8	8	<b>7.0</b>
T9	8	7	5	8	9	<b>7.0</b>
T10	7	4	4	9	2	<b>5.0</b>

\*1=Sin efecto, 2=Síntomas muy ligeros, 3=Síntomas ligeros, 4=Síntomas sin daños en rendimiento, 5=Daño medio, 6=Daños elevados, 7=Daños muy elevados, 8=Daños severos, 9=Muerte completa.

Y con los datos obtenidos en el análisis de varianza (Anexo 18), no existió diferencias significativas ( $Pr>F = 0.3715$ ); sin embargo en campo se observó que los síntomas de fitotoxicidad aumentaron después de la segunda evaluación, alcanzando daños muy severos en algunos árboles.

---

### 5.1.4.3. Discusión del efecto número de matas con respecto a la fitotoxicidad

En el parque nacional La Malinche el T1 (agua) fue el que presentó el mayor número de matas de muérdago enano y el menor grado de fitotoxicidad, comparado con todos los demás tratamientos.

De los tratamientos con 2,4 D-amina el que logró mejores resultados tanto para disminuir el número de matas como en la fitotoxicidad fue T2 (al 1%), a pesar de que con T3 (al 2%) se obtuvo el mismo resultado en cuanto al número de matas, pero el daño por fitotoxicidad fue mayor que el que mostro al 1%. Y comparando T3 y T4 (al 3%), podemos decir que la mejor fue al 3%; ya que se obtuvo menor número de matas y menor fitotoxicidad.

De acuerdo con Ríos-Insua (1994) los tratamientos más eficaces para el control de *A. oxycedri* fueron 2,4-D (sal amina) 40 % p/v. LE. y 2,4-D (sal amina) 72 % p/v. LE.; sin embargo el método que emplearon fue la técnica de aplicación ULV mediante el empleo de un atomizador de discos rotatorios manejados manualmente.

El mejor resultado obtenido con glifosato fue al 3%; ya que los árboles que se les aplico este tratamiento (T7) mostraron una gran disminución en el número de matas y el menor daño por fitotoxicidad, comparado con los árboles que se les aplico glifosato al 2% (T6) y al 1% (T5). En este producto se pudo observar que a menor dosis el nivel de fitotoxicidad fue mayor y menor el efecto en cuanto a disminuir el número de matas.

Con ethephon el mejor resultado tanto para disminuir el número de matas y obtener el menor daño por fitotoxicidad fue al 3% (T10); a pesar de que al 2% (T9) se logró disminuir casi por igual el mismo número de matas, pero se obtuvo un mayor daño en los árboles que al 3%. Mientras que al 1% (T8) tanto el número de matas como el daño por fitotoxicidad fue mayor comparado con los otros dos.

---

## 5.2. Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl

### 5.2.1. Evaluación previa

La evaluación que se realizó antes de la aplicación de los tratamientos únicamente sirvió como base de comparación para los cambios en el follaje y el número de matas iniciales con respecto a los posibles efectos causados por los tratamientos.

### 5.2.2. Primera evaluación

#### 5.2.2.1. Variable número de matas

Conforme a los datos obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 12), podemos ver que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que quiere decir que hay evidencias estadísticas para afirmar que a los 22 días de aplicados los tratamientos no hubo efectos sobre el número individuos de muérdago enano (Anexo 7).

**Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 22 días.**

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Modelo	13	79.20	6.09	0.67	<b>0.7823</b>
Error	36	329.80	9.16		
Error total	49	409.00			

#### 5.2.2.2. Evaluación de la fitotoxicidad

Según la escala propuesta por la EWRS, se concluyó que **no hubo efecto** fitotóxico para los tratamientos T1 (agua) y T4 (2,4 D-amina al 3%), **síntomas muy ligeros** con T2 (2,4 D-amina al 1%), T5 (glifosato al 1%), T7 (glifosato al 3%) y T10 (ethephon al 3%); **síntomas ligeros** con T6 (glifosato al 2%), T8 (ethephon al 1%) y T9 (ethephon al 2%) (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en *P. harwegii* a los 22 días de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamiento	Árbol					Promedio
	1	2	3	4	5	
T1	1	1	1	1	1	1.0
T2	1	5	1	1	1	2.0
T3	1	4	5	1	1	2.0
T4	1	1	1	1	1	1.0
T5	6	1	1	1	1	2.0
T6	6	4	1	2	1	3.0
T7	4	1	4	1	1	2.0
T8	5	5	4	1	1	3.0
T9	1	1	1	4	6	3.0
T10	4	1	1	1	5	2.0

\*1=Sin efecto, 2=Síntomas muy ligeros, 3=Síntomas ligeros, 4=Síntomas sin daños en rendimiento, 5=Daño medio, 6=Daños elevados, 7=Daños muy elevados, 8=Daños severos, 9=Muerte completa.

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de varianza (Anexo 19), no existieron diferencias significativas ( $Pr > F = 0.6752$ ). Sin embargo en campo se pudieron observar inicios de daño por fitotoxicidad durante la primera evaluación.

### 5.2.3. Segunda evaluación

#### 5.2.3.1. Variable número de matas

Conforme a los datos obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 14), podemos ver que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que quiere decir que hay evidencias estadísticas para afirmar que a los 47 días de aplicados los tratamientos no hubo efectos sobre el número individuos de muérdago enano (Anexo 8).

**Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 47 días.**

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Modelo	13	165.70	12.74	1.89	0.0664
Error	36	243.30	6.75		
Error total	49	409.00			

---

### 5.2.3.2. Evaluación de la fitotoxicidad

Acorde a la escala propuesta por la EWRS, se concluyó que **no hubo efecto** para los tratamientos T1 (agua), T4 (2,4 D-amina al 3%); **síntomas muy ligeros** con T2 (2,4 D-amina al 1%), T5 (glifosato al 1%) y T10 (ethephon al 3%); T3 (2,4 D-amina al 2%), T7 (glifosato al 3%) y T9 (ethephon al 2%) mostraron **síntomas ligeros** de fitotoxicidad, mientras que para T6 (glifosato al 2%) y T8 (ethephon al 1%) se detectaron **síntomas sin daños en rendimiento** (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en *P. harwegii* a los 47 días de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamiento	Árbol					Promedio*
	1	2	3	4	5	
T1	1	1	1	1	1	1.0
T2	1	7	1	1	1	2.0
T3	1	4	7	1	1	3.0
T4	1	1	1	1	1	1.0
T5	8	1	1	1	1	2.0
T6	7	7	1	8	1	5.0
T7	4	1	6	1	1	3.0
T8	7	7	4	1	1	4.0
T9	1	1	1	6	8	3.0
T10	4	1	1	1	5	2.0

\*1=Sin efecto, 2=Síntomas muy ligeros, 3=Síntomas ligeros, 4=Síntomas sin daños en rendimiento, 5=Daño medio, 6=Daños elevados, 7=Daños muy elevados, 8=Daños severos, 9=Muerte completa.

Conforme a los datos obtenidos en el análisis de varianza (Anexo 20), indican que no existieron diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la fitotoxicidad ( $Pr > F = 0.6695$ ); sin embargo en campo se observó síntomas de fitotoxicidad para los árboles, con excepción de los que fueron inyectados con T1 (agua).

### 5.2.4. Tercera evaluación

#### 5.2.4.1. Variable número de matas

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 16), podemos apreciar que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que quiere decir

que hay evidencias estadísticas para afirmar que a los 141 días de aplicados los tratamientos, al menos un tratamiento tiene efecto diferente sobre el número de matas de muérdago enano (Anexo 9).

**Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable número de matas a los 141 días.**

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Modelo	13	192.90	14.83	2.65	<b>0.0105</b>
Error	36	201.60	5.60		
Error total	49	394.50			

El análisis de Friedman solo nos indicó si el efecto de algún tratamiento es diferente de los demás. Para poder conocer cuál tratamiento era el mejor fue necesario realizar la comparación múltiple de medias de los tratamientos, en nuestro caso se utilizó la prueba de Tukey (Cuadro 17), la cual nos muestra que el mayor número de matas se encontró en T10 (ethephon al 3%) y en T3 (2,4 D-amina al 2%); mientras que el menor número de matas se presentó para T6 (glifosato al 2%) y T7 (glifosato al 3%).

**Cuadro 17. Prueba de Tukey realizada para determinar el mejor tratamiento.**

Tratamiento	*Media	Agrupación Tukey
T10	8.50	A
T3	8.00	A
T1	7.10	A B
T8	6.60	A B
T2	5.90	A B
T9	5.10	A B
T4	4.70	A B
T5	3.50	A B
T7	2.90	B
T6	2.70	B

\*Medias con la misma letra o agrupación no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con un  $\alpha = 0.05$

---

### 5.2.4.2. Evaluación de la fitotoxicidad

Acorde a la escala propuesta por la EWRS, se concluyó que el tratamiento T4 (2,4 D-amina al 3%) causó mayor **muerte** a los árboles; los tratamientos T3 (2,4 D-amina al 2%), T5 (glifosato al 1%), T6 (glifosato al 2%) y T7 (glifosato al 3%) provocaron **daños severos**; mientras que T2 (2,4 D-amina al 1%) y T8 (ethephon al 1%) **daños muy elevados** y T10 (ethephon al 3%) **daños elevados**; en tanto que T9 (ethephon al 2%) provocó **daño medio** y T1 (agua) fue el único que **no presento efecto alguno**, (Cuadro 18).

**Cuadro 18. Resultado basado en la escala de la EWRS, para la fitotoxicidad en *P. harwegii* a los 141 días de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamiento	Árbol					Promedio
	1	2	3	4	5	
T1	1	1	1	1	1	<b>1.0</b>
T2	8	8	8	3	9	<b>7.0</b>
T3	8	7	8	8	8	<b>8.0</b>
T4	8	9	9	9	8	<b>9.0</b>
T5	9	7	8	8	8	<b>8.0</b>
T6	8	9	7	9	9	<b>8.0</b>
T7	8	9	7	7	9	<b>8.0</b>
T8	8	8	6	5	8	<b>7.0</b>
T9	1	4	4	8	9	<b>5.0</b>
T10	7	5	5	7	7	<b>6.0</b>

1=Sin efecto, 2=Síntomas muy ligeros, 3=Síntomas ligeros, 4=Síntomas sin daños en rendimiento, 5=Daño medio, 6=Daños elevados, 7=Daños muy elevados, 8=Daños severos, 9=Muerte completa.

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de varianza (Anexo 21), no existió diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la variable fitotoxicidad ( $Pr > F = 0.1387$ ); sin embargo, en campo se observó que los síntomas de fitotoxicidad aumentaron después de la segunda evaluación, alcanzando daños muy severos e incluso la muerte en algunos árboles.

---

### **5.2.4.3. Discusión del efecto número de matas con respecto a la fitotoxicidad**

En el parque nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl se obtuvo que T1 (agua), fue el tercer tratamiento que presentó mayor número de matas y el menor grado de fitotoxicidad. Con 2,4 D-amina los tratamientos se comportaron de la siguiente manera: a mayor concentración el daño por fitotoxicidad fue mayor; sin embargo, el comportamiento con respecto al número de matas no fue el mismo, T4 (al 3%) fue el cuarto mejor tratamiento con respecto a todos, mientras que T3 (al 2%) fue de los que tuvo mayor número de matas y T2 (al 1%) logro disminuir mejor el número de matas que T3. Con respecto a los tratamientos con glifosato, tanto T5 (al 1%) como T7 (al 3%) provocaron daños severos y T6 (al 2%) fue el que ligeramente provocó más fitotoxicidad que los dos anteriores. Para la variable número de matas, tanto T6 como T7 fueron los que consiguieron mejores resultados comparados con T5 y con todos los demás tratamientos. Los tratamientos con ethephon fueron los que provocaron menos daño por fitotoxicidad, comparándolos con todos los demás tratamientos, excepto por T1 (agua); presentando un comportamiento inverso al de 2,4 D-amina, puesto que a menor concentración, mayor fue el daño por fitotoxicidad, es decir que T8 (al 1%) fue el que ocasionó mayor daño al árbol y T10 (al 3%) menor daño; no así con la variable número de matas, ya que T10 fue quien logro mejores resultados que T8 y T9.

---

## 6. CONCLUSIONES

En el parque nacional La Malinche los tratamientos que mejor funcionaron, en orden del de mayor efectividad al de menor, tanto para disminuir el número de matas de muérdago como el menor efecto fitotóxico fueron: T2 (2,4 D-amina al 1%), T7 (glifosato al 3%) y T4 (2,4 D-amina al 3%); siendo por mucho el más efectivo T2.

En el parque nacional Iztaccíhuatl–Popocatepetl el único tratamiento que mejor funciono tanto para disminuir el número de matas como en tener el menor efecto fitotóxico fue T7 (glifosato al 3%).

---

## 7. RECOMENDACIONES

Si se pretende controlar el muérdago enano por medio de inyecciones sistémicas, preferentemente se debe realizar la aplicación de los tratamientos antes de la temporada de lluvias o después de ésta; ya que la translocación de los productos (inhibidores de crecimiento) se dificulta e incluso se vuelve nula, debido a la saturación que presenta el árbol por el agua de la lluvia.

Se recomienda realizar posteriores aplicaciones a los mismos árboles tratados, ya que es muy probable que el efecto de los herbicidas actué solo para la parte aérea del muérdago enano, conservándose los haustorios, pudiendo ocurrir que vuelvan a surgir nuevos brotes aéreos y la diseminación de las semillas se dé.

Para el caso de *Pinus teocote* con presencia de *Arceuthobium vaginatum* y/o *A. globosum* se recomienda aplicar 2,4 D- amina al 1% para inhibir el crecimiento del muérdago enano.

Para el caso de *Pinus harwegii* con presencia de *Arceuthobium globosum* se recomienda aplicar glifosato al 3% para inhibir el crecimiento del muérdago enano.

En posteriores experimentos como éste se recomienda realizar más evaluaciones, ya que sería muy importante el corroborar si el muérdago enano se vuelve a recuperar (surgiendo brotes aéreos nuevos) después de un tiempo más prolongado.

---

## 8. LITERATURA CITADA

- Alvarado, R. D. y Cibrián, T. J. 1991. **Efecto del Ethephon sobre muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en árboles de *Pinus hartwegii*.** VI Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Montecillos, Estado de México. México. 78 p.
- Agrios, G. N. 1985. **Fitopatología.** 1a ed. Editorial Limusa. México D. F. 583-595 pp.
- Bozzo, B. M. A. 2010. **Persistencia del glifosato y efecto de sucesivas aplicaciones en el cultivo de soja en agricultura continua en siembra directa sobre parámetros biológicos del suelo.** Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad de La Republica, Facultad de ciencias. Montevideo, Uruguay. 135 p.
- Canché, H. I. F. y López, C. J. M. 2001. **Técnicas de transformación de datos.** Tesis de licenciatura en estadísticas. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx. 21-22 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2012. **Áreas protegidas decretadas.** URL:[http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/)
- Champion, G. T. 2000. **Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant.** M. Trials. AICC Newsletter, December. 7 pp.
- Cibrián, T. D.; Vázquez, I. C. y Cibrián, J. T. 2007. **Muérdagos enanos del género *Arceuthobium*/Dwarf mistletoes of the genus *Arceuthobium*.** In: Cibrián, T. D.; Alvarado, D. R. y García S. E. D. (Eds.). Enfermedades Forestales en México/Forest Diseases in México. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. 354-395 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2006. **Manual de Tratamientos Fitosanitarios.** Coordinación General de Conservación y Restauración. Gerencia de Sanidad Forestal. México. 32-39pp.

- 
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2013a. **Acuerdo por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl.** URL: [http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/pdf/programas\\_manejo/2013/PN\\_LA\\_MONTANA\\_MALINCHE\\_O\\_MATLACUEYATL.pdf](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2013/PN_LA_MONTANA_MALINCHE_O_MATLACUEYATL.pdf)
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2013b. **Acuerdo por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.** URL: [http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/pdf/programas\\_manejo/2013/PN\\_IZTACCIHAUTL\\_POPOCATEPETL.pdf](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2013/PN_IZTACCIHAUTL_POPOCATEPETL.pdf)
- Flores, V. M. 2008. **Evaluación del efecto que causa el muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum*) en el crecimiento de *Pinus cooperi* en Pueblo Nuevo, Durango.** Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Durango, Dgo. 145 p.
- García, D. S. E.; Campos, B. R. y Méndez, M. J. T. 2006. **Curso–Taller Plagas y Enfermedades Forestales en el Estado de Durango.** Guía para su reconocimiento y manejo. Durango. 98 p.
- Geils, B. W.; Cibrián, J. and Moody, B. 2002. **Mistletoes of North American Conifers.** Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p.
- Gill, L. S. and Hawksworth, F. G. 1961. **The mistletoe: a literature review U.S.D.A.** Tech. bull (1242): 87.
- Gutiérrez, V. L. y Reséndiz, J. M. 1994. **Fenología del muérdago enano en el desierto de Los Leones.** Ciencia Forestal en México 75(19): 41-62.
- Hawksworth, F. G. 1961. **Dwarf mistletoe of ponderosa Pine in the south west.** Technical Bulletin 1246. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 112 p.
- Hawksworth, F. G. 1977. **The 6 class dwarf mistletoe rating system.** Res. Note RM-48. Fort Collins, CO: USA Forest Service Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 7p.
-

- 
- Hawksworth, F. G. 1980. **Los muérdagos enanos (*Arceuthobium*), y su importancia en la silvicultura de México.** *In*: 1° Simposium Nacional sobre Parasitología Forestal. Sociedad Mexicana de Entomología. 207 p.
- Hawksworth, F. G. and Wiens, D. 1996. **Dwarf mistletoes: Biology, pathology and systematics.** Agriculture Handbook 709. United States Department of Agriculture, Forest Service. Washington, D.C. 410 p.
- Hawksworth, F. G. and Wiens, D. 1977. ***Arceuthobium* (Viscaceae) in Mexico and Guatemala, Additions y range extensions.** *Brittonia* 4(29): 411-418.
- Hawksworth, F. G.; Wiens, D. and Geils, B. W. 2002. ***Arceuthobium* in North America.** *In*: Geils, B. W., J. Cibrián T. and B. Moody (Eds.). Mistletoes of North American conifers. Technical Report General RMRS-GTR-98. United States Department of Agriculture, Forest Service. Fort Collins. 29-56 pp.
- Infante, G. S. y Zárate de Lara, G. P. 1994. **Métodos Estadísticos.** Editorial Trillas. México, D. F. 634 p.
- Madrigal, S.; Vázquez, I. C. y Velasco, E. 2007. **Obtención de parámetros dasométricos para evaluar efecto causado por *Arceuthobium vaginatum* en *Pinus hartwegii* del Nevado de Colima.** *In*: Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 28 al 31 de octubre de 2005. Morelia, Michoacán. 1-7 pp.
- Madrigal, H. S. y Vázquez, I. C. 1996. **Efecto del parasitismo por muérdago enano, al crecimiento en diámetro de *Pinus pseudostrobus*, en San Juan Nuevo, Mich.** *In*: Memorias de la primera reunión científica forestal. Mesa de Ecología. México, D. F. 70-80 pp.
- Montenegro, V. F. 1982. **Efecto de Ethepon (ácido 2-Haloethanofosfonico) sobre inducción de la floración en piña.** Tesis de ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Guatemala. 44 p.
- Parmarter and Uvanholt. 1976. **In dwarf mistletoe control through forest management.** *In*: Proceeding of the symposium Gen. Tech. Rep. Psw. 31. 1975. April 11-13., Berkeley, CA. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Porthwest Forestal and range Experiment Station. 188-190 pp.
-

- 
- Piirto, D. D.; Donald, L. C. and Harry, E. T. 1974. **The effects of dwarf mistletoe on the wood properties of loblolly pine.** Wood and Fiber. 6:26-35 pp.
- Queijeiro-Bolaños, M. E. 2007. **Interacciones entre dos especies de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) y *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Zoquiapan, Estado de México: el papel del disturbio.** Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 50 p.
- Ríos-Insua, M. V. 1994: **Control químico del muérdago enano [*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. (1819)].** Bol. San. Veg. Plagas 20(4): 847-856.
- Rodríguez, A. A. 1983. **Muérdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* de México.** Ciencia Forestal en México. 45(8): 7-45.
- Rodríguez, A. A. 1985. **Infestación del muérdago enano *Arceuthobium vaginatum* (Hill) Presl., en el repoblado de *Pinus hartwegii* Lindl. del Parque Nacional Zoquiapan, Estado de México, Biol. Téc. Núm. 122.** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, México.
- Rojas, G. F. y Villers, L. R. 2008. **Estimación de la biomasa forestal del Parque Nacional Malinche; Tlaxcala-Puebla.** Revista Ciencia Forestal en México 104(33): 59-86.
- SRHN (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación). 2005. **Desarrollos de niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a 2,4-D.** Republica Argentina. 23 pp.
- Stevens, R. E. and Hawksworth, F. G. 1970. **Insects and mites associated with dwarf mistletoes.** Research Paper RM-59. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 12 pp.
- Uribe, G. I. 1985. **Efecto del muérdago enano *Arceuthobium* sp. (Humbolt). en el crecimiento e incremento en árboles jóvenes de *Pinus hartwegii* Lind. en Zoquiapan, México.** Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx. 54p.

- 
- Urzúa, G. J. 2012. **Prueba rápida para la detección de plantas de maíz resistentes al herbicida glifosato**. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. 12-16 pp.
- Valderrama, B. J. y Medina, O. M. R. 2002. **Evaluación de muérdago enano (*Arceuthobium spp.*) en rodales infestados del género *Pinus spp.* y su propuesta de manejo en la estación forestal experimental Zoquiapan**. Tesis de Ingeniería forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 90 p.
- Vargas, M. F. 1997. **Parques Nacionales de México, Volumen II: Zonas Norte y Sur**. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México. 760 p.
- Vázquez, C. I.; Villa A. R. y Madrigal S. H. 2006. **Los muérdagos (*Loranthaceae*) en Michoacán**. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP. División Forestal, Uruapan, Michoacán. 17-24 pp.
- Vega, R. E. 1976. **El muérdago enfermedad de bosques de coníferas y hojosas, bosques y fauna**. Vol. 13. Departamento de Divulgación Forestal. SARH. México, 49 p.
- Villers, R. L.; Rojas, F. G. y Tenorio, P. L. 2006. **Guía Botánica del Parque Nacional Malinche Tlaxcala-Puebla**. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 13-15 pp.

---

## 9. ANEXOS





**Anexo 3. Formato de campo para la captura de datos durante las evaluaciones en cada sitio.**

Fecha: \_\_\_\_\_

Área Natural Protegida: \_\_\_\_\_

Localidad: \_\_\_\_\_

Paraje: \_\_\_\_\_

NÚM. ÁRBOL	ESPECIE	EVALUACIÓN HAWKSWORTH			NÚM. MATAS			PATOGENO	FOLLAJE MUERTO (%)	OBSERVACIONES
		A	M	B	A	M	B			

---

**Anexo 4. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable número de mata a los 24 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA MALINCHE;
INPUT BLOQ TRAT EVAL_1;
CARDS;
  1      1      11
  1      2       9
  1      3      22
  1      4       4
  1      5       5
  1      6       3
  1      7       9
  1      8      11
  1      9       9
  1     10       3
  2      1       3
  2      2       9
  2      3      10
  2      4       5
  2      5      23
  2      6      10
  2      7       7
  2      8      10
  2      9       1
  2     10       2
  3      1       7
  3      2       6
  3      3       1
  3      4       6
  3      5       5
  3      6       4
  3      7       5
  3      8       5
  3      9      13
  3     10      13
  4      1       9
```

---

4	2	3
4	3	22
4	4	12
4	5	5
4	6	21
4	7	31
4	8	22
4	9	6
4	10	5
5	1	8
5	2	18
5	3	2
5	4	1
5	5	8
5	6	3
5	7	11
5	8	9
5	9	11
5	10	6

```
PROC RANK TIES=MEAN;  
VAR EVAL_1;  
RANKS RANEVAL_1;  
BY BLOQ;  
PROC PRINT;  
PROC GLM;  
CLASS BLOQ TRAT;  
MODEL RANEVAL_1=BLOQ TRAT;  
MEANS TRAT/TUKEY;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	BLOQ	TRAT	EVAL_1	RANEVAL_1
1	1	1	11	8.5
2	1	2	9	6.0
3	1	3	22	10.0
4	1	4	4	3.0
5	1	5	5	4.0
6	1	6	3	1.5
7	1	7	9	6.0
8	1	8	11	8.5
9	1	9	9	6.0
10	1	10	3	1.5
11	2	1	3	3.0
12	2	2	9	6.0
13	2	3	10	8.0
14	2	4	5	4.0
15	2	5	23	10.0
16	2	6	10	8.0
17	2	7	7	5.0
18	2	8	10	8.0
19	2	9	1	1.0
20	2	10	2	2.0
21	3	1	7	8.0
22	3	2	6	6.5
23	3	3	1	1.0
24	3	4	6	6.5
25	3	5	5	4.0
26	3	6	4	2.0
27	3	7	5	4.0
28	3	8	5	4.0
29	3	9	13	9.5
30	3	10	13	9.5
31	4	1	9	5.0
32	4	2	3	1.0
33	4	3	22	8.5
34	4	4	12	6.0
35	4	5	5	2.5
36	4	6	21	7.0
37	4	7	31	10.0
38	4	8	22	8.5
39	4	9	6	4.0
40	4	10	5	2.5
41	5	1	8	5.5
42	5	2	18	10.0
43	5	3	2	2.0
44	5	4	1	1.0
45	5	5	8	5.5
46	5	6	3	3.0
47	5	7	11	8.5
48	5	8	9	7.0
49	5	9	11	8.5

**The GLM Procedure  
Class Levels Values**

Class	Level	Information
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**The GLM Procedure**

Dependent Variable: RANEVAL\_1    Rank for Variable EVAL\_1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	55.2000000	4.2461538	0.44	0.9429
Error	36	347.3000000	9.6472222		
Corrected Total	49	402.5000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANEVAL_1 Mean
0.13143	56.47269	3.105998	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	55.2000000	6.1333333	0.64	0.7590

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	55.2000000	6.1333333	0.64	0.7590

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANY6

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	36
Error Mean Square	9.647222
Critical Value of Studentized Range	4.76424
Minimum Significant Difference	6.6177

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	7.200	5	8
A			
A	6.700	5	7
A			
A	6.000	5	1
A			
A	5.900	5	2
A			
A	5.900	5	3
A			
A	5.800	5	9
A			
A	5.200	5	5
A			
A	4.300	5	6
A			
A	4.100	5	4
A			
A	3.900	5	10

---

**Anexo 5. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 45 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA MALINCHE;  
INPUT BLOQ TRAT EVAL_2;  
CARDS;  
1 1 9  
1 2 6  
1 3 21  
1 4 3  
1 5 4  
1 6 1  
1 7 6  
1 8 6  
1 9 5  
1 10 3  
2 1 3  
2 2 6  
2 3 4  
2 4 3  
2 5 18  
2 6 9  
2 7 7  
2 8 8  
2 9 0  
2 10 0  
3 1 7  
3 2 5  
3 3 1  
3 4 6  
3 5 5  
3 6 1  
3 7 3  
3 8 4  
3 9 4  
3 10 13  
4 1 9
```

---

4	2	3
4	3	21
4	4	10
4	5	0
4	6	21
4	7	6
4	8	15
4	9	2
4	10	1
5	1	6
5	2	15
5	3	1
5	4	0
5	5	6
5	6	1
5	7	4
5	8	6
5	9	2
5	10	4

```
PROC RANK TIES=MEAN;  
VAR EVAL_2;  
RANKS RANEVAL_2;  
BY BLOQ;  
PROC PRINT;  
PROC GLM;  
CLASS BLOQ TRAT;  
MODEL RANEVAL_2=BLOQ TRAT;  
MEANS TRAT/TUKEY;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	BLOQ	TRAT	EVAL_2	RANEVAL_2
1	1	1	9	9.0
2	1	2	6	7.0
3	1	3	21	10.0
4	1	4	3	2.5
5	1	5	4	4.0
6	1	6	1	1.0
7	1	7	6	7.0
8	1	8	6	7.0
9	1	9	5	5.0
10	1	10	3	2.5
11	2	1	3	3.5
12	2	2	6	6.0
13	2	3	4	5.0
14	2	4	3	3.5
15	2	5	18	10.0
16	2	6	9	9.0
17	2	7	7	7.0
18	2	8	8	8.0
19	2	9	0	1.5
20	2	10	0	1.5
21	3	1	7	9.0
22	3	2	5	6.5
23	3	3	1	1.5
24	3	4	6	8.0
25	3	5	5	6.5
26	3	6	1	1.5
27	3	7	3	3.0
28	3	8	4	4.5
29	3	9	4	4.5
30	3	10	13	10.0
31	4	1	9	6.0
32	4	2	3	4.0
33	4	3	21	9.5
34	4	4	10	7.0
35	4	5	0	1.0
36	4	6	21	9.5
37	4	7	6	5.0
38	4	8	15	8.0
39	4	9	2	3.0
40	4	10	1	2.0
41	5	1	6	8.0
42	5	2	15	10.0
43	5	3	1	2.5
44	5	4	0	1.0
45	5	5	6	8.0
46	5	6	1	2.5
47	5	7	4	5.5
48	5	8	6	8.0
49	5	9	2	4.0

The SAS System  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Dependent Variable: RANEVAL\_2 Rank for Variable EVAL\_2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	68.3000000	5.2538462	0.56	0.8663
Error	36	335.7000000	9.3250000		
Corrected Total	49	404.0000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANEVAL_2 Mean
0.169059	55.52157	3.053686	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	68.3000000	7.5888889	0.81	0.6069

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	68.3000000	7.5888889	0.81	0.6069

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANEVAL\_2

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	36
Error Mean Square	9.325
Critical Value of Studentized Range	4.76424
Minimum Significant Difference	6.5063

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	7.100	5	1
A			
A	7.100	5	8
A			
A	6.700	5	2
A			
A	5.900	5	5
A			
A	5.700	5	3
A			
A	5.500	5	7
A			
A	4.700	5	6
A			
A	4.400	5	4
A			
A	4.300	5	10
A			
A	3.600	5	9

---

**Anexo 6. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 143 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA MALINCHE;
INPUT BLOQ TRAT EVAL_3;
CARDS;
  1      1      7
  1      2      0
  1      3      0
  1      4      0
  1      5      2
  1      6      0
  1      7      0
  1      8      5
  1      9      1
  1     10      0
  2      1      3
  2      2      0
  2      3      1
  2      4      0
  2      5      0
  2      6      2
  2      7      0
  2      8      1
  2      9      0
  2     10      0
  3      1      4
  3      2      0
  3      3      0
  3      4      0
  3      5      0
  3      6      0
  3      7      0
  3      8      2
  3      9      1
  3     10      7
  4      1      1
```

---

4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	0
4	6	0
4	7	0
4	8	7
4	9	1
4	10	1
5	1	6
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	4
5	6	0
5	7	0
5	8	1
5	9	2
5	10	2

```
PROC RANK TIES=MEAN;  
VAR EVAL_3;  
RANKS RANEVAL_3;  
BY BLOQ;  
PROC PRINT;  
PROC GLM;  
CLASS BLOQ TRAT;  
MODEL RANEVAL_3=BLOQ TRAT;  
MEANS TRAT/TUKEY;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	BLOQ	TRAT	EVAL_3	RANEVAL_3
1	1	1	7	10.0
2	1	2	0	3.5
3	1	3	0	3.5
4	1	4	0	3.5
5	1	5	2	8.0
6	1	6	0	3.5
7	1	7	0	3.5
8	1	8	5	9.0
9	1	9	1	7.0
10	1	10	0	3.5
11	2	1	3	10.0
12	2	2	0	3.5
13	2	3	1	7.5
14	2	4	0	3.5
15	2	5	0	3.5
16	2	6	2	9.0
17	2	7	0	3.5
18	2	8	1	7.5
19	2	9	0	3.5
20	2	10	0	3.5
21	3	1	4	9.0
22	3	2	0	3.5
23	3	3	0	3.5
24	3	4	0	3.5
25	3	5	0	3.5
26	3	6	0	3.5
27	3	7	0	3.5
28	3	8	2	8.0
29	3	9	1	7.0
30	3	10	7	10.0
31	4	1	1	8.0
32	4	2	0	3.5
33	4	3	0	3.5
34	4	4	0	3.5
35	4	5	0	3.5
36	4	6	0	3.5
37	4	7	0	3.5
38	4	8	7	10.0
39	4	9	1	8.0
40	4	10	1	8.0
41	5	1	6	10.0
42	5	2	0	3.0
43	5	3	0	3.0
44	5	4	0	3.0
45	5	5	4	9.0
46	5	6	0	3.0
47	5	7	0	3.0
48	5	8	1	6.0
49	5	9	2	7.5

The SAS System  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Dependent Variable: RANEVAL\_3 Rank for Variable EVAL\_3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	200.5000000	15.4230769	4.30	0.0003
Error	36	129.0000000	3.5833333		
Corrected Total	49	329.5000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANEVAL_3 Mean
0.608498	34.41763	1.892969	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	200.5000000	22.2777778	6.22	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	200.5000000	22.2777778	6.22	<.0001

---

The SAS System  
The GLM Procedure

**Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANEVAL\_3**

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	36
Error Mean Square	3.583333
Critical Value of Studentized Range	4.76424
Minimum Significant Difference	4.0332

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	9.400	5	1
A			
B A	8.100	5	8
B A			
B A C	6.600	5	9
B A C			
B A C	6.500	5	10
B A C			
B A C	5.500	5	5
B C			
B C	4.500	5	6
B C			
B C	4.200	5	3
C			
C	3.400	5	4
C			
C	3.400	5	7
C			
C	3.400	5	2

---

**Anexo 7. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable número de mata a los 22 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.**

```
DATA IZTA-POPO;
INPUT BLOQ TRAT EVAL_1;
CARDS;
  1    1    23
  1    2    58
  1    3    31
  1    4    16
  1    5    66
  1    6    33
  1    7    41
  1    8    28
  1    9    15
  1   10    51
  2    1    51
  2    2     8
  2    3    60
  2    4    17
  2    5     4
  2    6     7
  2    7    43
  2    8    16
  2    9    16
  2   10    43
  3    1    16
  3    2    30
  3    3    39
  3    4    52
  3    5    34
  3    6    16
  3    7    59
  3    8     2
  3    9    27
  3   10    25
  4    1    50
```

---

4	2	10
4	3	36
4	4	11
4	5	17
4	6	20
4	7	22
4	8	59
4	9	56
4	10	47
5	1	8
5	2	17
5	3	28
5	4	8
5	5	8
5	6	16
5	7	46
5	8	76
5	9	32
5	10	38

```
PROC RANK TIES=MEAN;  
VAR EVAL_1;  
RANKS RANEVAL_1;  
BY BLOQ;  
PROC PRINT;  
PROC GLM;  
CLASS BLOQ TRAT;  
MODEL RANEVAL_1=BLOQ TRAT;  
MEANS TRAT/TUKEY;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	BLOQ	TRAT	EVAL_1	RANEVAL_1
1	1	1	23	3.0
2	1	2	58	9.0
3	1	3	31	5.0
4	1	4	16	2.0
5	1	5	66	10.0
6	1	6	33	6.0
7	1	7	41	7.0
8	1	8	28	4.0
9	1	9	15	1.0
10	1	10	51	8.0
11	2	1	51	9.0
12	2	2	8	3.0
13	2	3	60	10.0
14	2	4	17	6.0
15	2	5	4	1.0
16	2	6	7	2.0
17	2	7	43	7.5
18	2	8	16	4.5
19	2	9	16	4.5
20	2	10	43	7.5
21	3	1	16	2.5
22	3	2	30	6.0
23	3	3	39	8.0
24	3	4	52	9.0
25	3	5	34	7.0
26	3	6	16	2.5
27	3	7	59	10.0
28	3	8	2	1.0
29	3	9	27	5.0
30	3	10	25	4.0
31	4	1	50	8.0
32	4	2	10	1.0
33	4	3	36	6.0
34	4	4	11	2.0
35	4	5	17	3.0
36	4	6	20	4.0
37	4	7	22	5.0
38	4	8	59	10.0
39	4	9	56	9.0
40	4	10	47	7.0
41	5	1	8	2.0
42	5	2	17	5.0
43	5	3	28	6.0
44	5	4	8	2.0
45	5	5	8	2.0
46	5	6	16	4.0
47	5	7	46	9.0
48	5	8	76	10.0
49	5	9	32	7.0

---

**The SAS System**  
**The GLM Procedure**  
**Class Level Information**

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Dependent Variable: RANEVAL\_1    Rank for Variable EVAL\_1**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	79.2000000	6.0923077	0.67	0.7823
Error	36	329.8000000	9.1611111		
Corrected Total	49	409.0000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANEVAL_1 Mean
0.193643	55.03150	3.026733	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	79.2000000	8.8000000	0.96	0.4875

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	79.2000000	8.8000000	0.96	0.4875

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANEVAL\_1

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	36
Error Mean Square	9.161111
Critical Value of Studentized Range	4.76424
Minimum Significant Difference	6.4489

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	7.700	5	7
A			
A	7.000	5	3
A			
A	6.900	5	10
A			
A	5.900	5	8
A			
A	5.300	5	9
A			
A	4.900	5	1
A			
A	4.800	5	2
A			
A	4.600	5	5
A			
A	4.200	5	4
A			
A	3.700	5	6

---

**Anexo 8. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 47 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.**

```
DATA IZTA-POPO;  
INPUT BLOQ TRAT EVAL_2;  
CARDS;  
1 1 23  
1 2 51  
1 3 25  
1 4 13  
1 5 38  
1 6 11  
1 7 36  
1 8 26  
1 9 11  
1 10 44  
2 1 39  
2 2 8  
2 3 55  
2 4 15  
2 5 2  
2 6 7  
2 7 33  
2 8 16  
2 9 15  
2 10 40  
3 1 16  
3 2 27  
3 3 35  
3 4 41  
3 5 17  
3 6 9  
3 7 35  
3 8 2  
3 9 18  
3 10 17  
4 1 44  
4 2 5
```

---

4	3	29
4	4	6
4	5	6
4	6	2
4	7	9
4	8	47
4	9	40
4	10	43
5	1	6
5	2	16
5	3	20
5	4	8
5	5	4
5	6	0
5	7	20
5	8	24
5	9	8
5	10	32

```
PROC RANK TIES=MEAN;  
VAR EVAL_2;  
RANKS RANEVAL_2;  
BY BLOQ;  
PROC PRINT;  
PROC GLM;  
CLASS BLOQ TRAT;  
MODEL RANEVAL_2=BLOQ TRAT;  
MEANS TRAT/TUKEY;  
RUN;
```

---

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	BLOQ	TRAT	EVAL_2	RANEVAL_2
1	1	1	23	4.0
2	1	2	51	10.0
3	1	3	25	5.0
4	1	4	13	3.0
5	1	5	38	8.0
6	1	6	11	1.5
7	1	7	36	7.0
8	1	8	26	6.0
9	1	9	11	1.5
10	1	10	44	9.0
11	2	1	39	8.0
12	2	2	8	3.0
13	2	3	55	10.0
14	2	4	15	4.5
15	2	5	2	1.0
16	2	6	7	2.0
17	2	7	33	7.0
18	2	8	16	6.0
19	2	9	15	4.5
20	2	10	40	9.0
21	3	1	16	3.0
22	3	2	27	7.0
23	3	3	35	8.5
24	3	4	41	10.0
25	3	5	17	4.5
26	3	6	9	2.0
27	3	7	35	8.5
28	3	8	2	1.0
29	3	9	18	6.0
30	3	10	17	4.5
31	4	1	44	9.0
32	4	2	5	2.0
33	4	3	29	6.0
34	4	4	6	3.5
35	4	5	6	3.5
36	4	6	2	1.0
37	4	7	9	5.0
38	4	8	47	10.0
39	4	9	40	7.0
40	4	10	43	8.0
41	5	1	6	3.0
42	5	2	16	6.0
43	5	3	20	7.5
44	5	4	8	4.5
45	5	5	4	2.0
46	5	6	0	1.0
47	5	7	20	7.5
48	5	8	24	9.0
49	5	9	8	4.5

The SAS System  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Dependent Variable: RANVEL\_2    Rank for Variable EVEL\_2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	165.7000000	12.7461538	1.89	0.0664
Error	36	243.3000000	6.7583333		
Corrected Total	49	409.0000000			

R-Square      Coeff Var      Root MSE      RANY7 Mean  
0.405134      47.26690      2.599679      5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	165.7000000	18.4111111	2.72	0.0156

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	165.7000000	18.4111111	2.72	0.0156

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANEVEL\_2

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	36
Error Mean Square	6.758333
Critical Value of Studentized Range	4.76424
Minimum Significant Difference	5.539

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping		Mean	N	TRAT
	A	8.100	5	10
	A			
	A	7.400	5	3
	A			
B	A	7.000	5	7
B	A			
B	A	6.400	5	8
B	A			
B	A	5.600	5	2
B	A			
B	A	5.400	5	1
B	A			
B	A	5.100	5	4
B	A			
B	A	4.700	5	9
B	A			
B	A	3.800	5	5
B				
B		1.500	5	6

---

**Anexo 9. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable número de matas a los 141 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.**

```
DATA IZTA-POPO;
INPUT BLOQ TRAT EVAL_3;
CARDS;
  1    1    12
  1    2    42
  1    3    10
  1    4     0
  1    5     0
  1    6     4
  1    7     0
  1    8    19
  1    9     2
  1   10    12
  2    1    15
  2    2     4
  2    3    17
  2    4     0
  2    5     1
  2    6     0
  2    7     0
  2    8    12
  2    9     9
  2   10    28
  3    1     3
  3    2    23
  3    3    31
  3    4    38
  3    5     0
  3    6     0
  3    7     0
  3    8     2
  3    9    18
  3   10    12
  4    1    17
```

---

4	2	5
4	3	10
4	4	0
4	5	5
4	6	0
4	7	8
4	8	20
4	9	8
4	10	18
5	1	5
5	2	0
5	3	14
5	4	8
5	5	3
5	6	0
5	7	0
5	8	0
5	9	0
5	10	33

```
PROC RANK TIES=MEAN;  
VAR EVAL_3;  
RANKS RANEVAL_3;  
BY BLOQ;  
PROC PRINT;  
PROC GLM;  
CLASS BLOQ TRAT;  
MODEL RANEVAL_3=BLOQ TRAT;  
MEANS TRAT/TUKEY;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	BLOQ	TRAT	EVAL_3	RANEVAL_3
1	1	1	12	7.5
2	1	2	42	10.0
3	1	3	10	6.0
4	1	4	0	2.0
5	1	5	0	2.0
6	1	6	4	5.0
7	1	7	0	2.0
8	1	8	19	9.0
9	1	9	2	4.0
10	1	10	12	7.5
11	2	1	15	8.0
12	2	2	4	5.0
13	2	3	17	9.0
14	2	4	0	2.0
15	2	5	1	4.0
16	2	6	0	2.0
17	2	7	0	2.0
18	2	8	12	7.0
19	2	9	9	6.0
20	2	10	28	10.0
21	3	1	3	5.0
22	3	2	23	8.0
23	3	3	31	9.0
24	3	4	38	10.0
25	3	5	0	2.0
26	3	6	0	2.0
27	3	7	0	2.0
28	3	8	2	4.0
29	3	9	18	7.0
30	3	10	12	6.0
31	4	1	17	8.0
32	4	2	5	3.5
33	4	3	10	7.0
34	4	4	0	1.5
35	4	5	5	3.5
36	4	6	0	1.5
37	4	7	8	5.5
38	4	8	20	10.0
39	4	9	8	5.5
40	4	10	18	9.0
41	5	1	5	7.0
42	5	2	0	3.0
43	5	3	14	9.0
44	5	4	8	8.0
45	5	5	3	6.0
46	5	6	0	3.0
47	5	7	0	3.0
48	5	8	0	3.0
49	5	9	0	3.0

The SAS System  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Dependent Variable: RANEVAL\_3    Rank for Variable EVAL\_3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	192.9000000	14.8384615	2.65	0.0105
Error	36	201.6000000	5.6000000		
Corrected Total	49	394.5000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANY8 Mean
0.488973	43.02603	2.366432	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	192.9000000	21.4333333	3.83	0.0018

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	9	192.9000000	21.4333333	3.83	0.0018

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANEVAL\_3

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	36
Error Mean Square	5.6
Critical Value of Studentized Range	4.76424
Minimum Significant Difference	5.042

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping		Mean	N	TRAT
	A	8.500	5	10
	A			
	A	8.000	5	3
	A			
B	A	7.100	5	1
B	A			
B	A	6.600	5	8
B	A			
B	A	5.900	5	2
B	A			
B	A	5.100	5	9
B	A			
B	A	4.700	5	4
B	A			
B	A	3.500	5	5
B				
B		2.900	5	7
B				
B		2.700	5	6

---

**Anexo 10. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno  $\sqrt{Y}$ , a los 24 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA TRANSFOR_MALINCHE_1;
INPUT Y;
Y=ARSIN(SQRT(Y/100));
CARDS;
0
0
0
0
0
10
10
0
0
0
0
0
10
0
10
0
0
0
0
0
0
0
10
0
0
0
0
20
0
0
10
20
```

---

```
0  
30  
0  
10  
0  
0  
0  
0  
0  
10  
0  
0  
0  
0  
20  
0  
0  
0  
10  
;  
PROC PRINT;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	Y
1	0.00000
2	0.00000
3	0.00000
4	0.00000
5	0.00000
6	0.32175
7	0.32175
8	0.00000
9	0.00000
10	0.00000
11	0.00000
12	0.00000
13	0.32175
14	0.00000
15	0.32175
16	0.00000
17	0.00000
18	0.00000
19	0.00000
20	0.00000
21	0.00000
22	0.00000
23	0.32175
24	0.00000
25	0.00000
26	0.00000
27	0.00000
28	0.46365
29	0.00000
30	0.00000
31	0.32175
32	0.46365
33	0.00000
34	0.57964
35	0.00000
36	0.32175
37	0.00000
38	0.00000
39	0.00000
40	0.00000
41	0.32175
42	0.00000
43	0.00000
44	0.00000
45	0.00000
46	0.46365
47	0.00000
48	0.00000
49	0.00000
50	0.32175

---

**Anexo 11. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno  $\sqrt{Y}$ , a los 45 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA TRANSFOR_MALINCHE_2;
INPUT Y;
Y=ARSIN(SQRT(Y/100));
CARDS;
0
0
0
0
0
20
10
0
0
20
0
45
20
10
20
0
0
0
0
0
0
10
30
0
0
0
0
0
30
0
0
30
20
0
```

---

```
98  
0  
10  
0  
90  
0  
0  
60  
0  
0  
0  
0  
40  
0  
0  
0  
30  
;  
PROC PRINT;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	Y
1	0.00000
2	0.00000
3	0.00000
4	0.00000
5	0.00000
6	0.46365
7	0.32175
8	0.00000
9	0.00000
10	0.46365
11	0.00000
12	0.73531
13	0.46365
14	0.32175
15	0.46365
16	0.00000
17	0.00000
18	0.00000
19	0.00000
20	0.00000
21	0.00000
22	0.32175
23	0.57964
24	0.00000
25	0.00000
26	0.00000
27	0.00000
28	0.57964
29	0.00000
30	0.00000
31	0.57964
32	0.46365
33	0.00000
34	1.42890
35	0.00000
36	0.32175
37	0.00000
38	1.24905
39	0.00000
40	0.00000
41	0.88608
42	0.00000
43	0.00000
44	0.00000
45	0.00000
46	0.68472
47	0.00000
48	0.00000
49	0.00000
50	0.57964

---

**Anexo 12. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno  $\sqrt{Y}$ , a los 143 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA TRANSFOR_MALINCHE_3;
```

```
INPUT Y;
```

```
Y=ARSIN(SQRT(Y/100));
```

```
CARDS;
```

```
0
```

```
0
```

```
0
```

```
0
```

```
0
```

```
45
```

```
10
```

```
10
```

```
100
```

```
3
```

```
0
```

```
100
```

```
96
```

```
30
```

```
55
```

```
60
```

```
40
```

```
97
```

```
85
```

```
40
```

```
80
```

```
100
```

```
45
```

```
100
```

```
10
```

```
80
```

```
100
```

```
95
```

```
95
```

```
100
```

```
100
```

```
90
```

```
0
```

---

```
100  
60  
98  
20  
45  
35  
100  
99  
100  
10  
99  
99  
98  
40  
20  
60  
100  
;  
PROC PRINT;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	Y
1	0.00000
2	0.00000
3	0.00000
4	0.00000
5	0.00000
6	0.73531
7	0.32175
8	0.32175
9	1.57080
10	0.17408
11	0.00000
12	1.57080
13	1.36944
14	0.57964
15	0.83548
16	0.88608
17	0.68472
18	1.39671
19	1.17310
20	0.68472
21	1.10715
22	1.57080
23	0.73531
24	1.57080
25	0.32175
26	1.10715
27	1.57080
28	1.34528
29	1.34528
30	1.57080
31	1.57080
32	1.24905
33	0.00000
34	1.57080
35	0.88608
36	1.42890
37	0.46365
38	0.73531
39	0.63305
40	1.57080
41	1.47063
42	1.57080
43	0.32175
44	1.47063
45	1.47063
46	1.42890
47	0.68472
48	0.46365
49	0.88608
50	1.57080

---

**Anexo 13. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno  $\sqrt{Y}$ , a los 22 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.**

```
DATA TRANSFOR_IZTAPOPO_1;
INPUT Y;
Y=ARSIN(SQRT(Y/100));
CARDS;
  0
  0
  0
  0
  0
  0
  0
  20
  0
  0
  0
  0
  10
  20
  0
  0
  0
  0
  0
  0
  0
  0
  0
  0
  30
  0
  0
  0
  0
  0
  30
  10
  0
  98
  0
  10
```

---

```
0  
12  
0  
0  
20  
20  
10  
0  
0  
0  
0  
0  
10  
30  
10  
0  
0  
0  
20  
;  
PROC PRINT;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	Y
1	0.00000
2	0.00000
3	0.00000
4	0.00000
5	0.00000
6	0.00000
7	0.46365
8	0.00000
9	0.00000
10	0.00000
11	0.00000
12	0.32175
13	0.46365
14	0.00000
15	0.00000
16	0.00000
17	0.00000
18	0.00000
19	0.00000
20	0.00000
21	0.57964
22	0.00000
23	0.00000
24	0.00000
25	0.00000
26	0.57964
27	0.32175
28	0.00000
29	1.42890
30	0.00000
31	0.32175
32	0.00000
33	0.35374
34	0.00000
35	0.00000
36	0.46365
37	0.46365
38	0.32175
39	0.00000
40	0.00000
41	0.00000
42	0.00000
43	0.00000
44	0.32175
45	0.57964
46	0.32175
47	0.00000
48	0.00000
49	0.00000
50	0.46365

---

**Anexo 14. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno  $\sqrt{Y}$ , a los 47 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.**

```
DATA TRANSFOR_IZTAPOPO_2;
INPUT Y;
Y=ARSIN(SQRT(Y/100));
CARDS;
0
0
0
0
0
0
0
40
0
0
0
0
0
10
35
0
0
0
0
0
0
0
0
0
60
0
0
0
0
40
40
0
98
0
10
```

---

```
0  
30  
0  
0  
50  
40  
10  
0  
0  
0  
0  
0  
30  
70  
10  
0  
0  
0  
20  
;  
PROC PRINT;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	Y
1	0.00000
2	0.00000
3	0.00000
4	0.00000
5	0.00000
6	0.00000
7	0.68472
8	0.00000
9	0.00000
10	0.00000
11	0.00000
12	0.32175
13	0.63305
14	0.00000
15	0.00000
16	0.00000
17	0.00000
18	0.00000
19	0.00000
20	0.00000
21	0.88608
22	0.00000
23	0.00000
24	0.00000
25	0.00000
26	0.68472
27	0.68472
28	0.00000
29	1.42890
30	0.00000
31	0.32175
32	0.00000
33	0.57964
34	0.00000
35	0.00000
36	0.78540
37	0.68472
38	0.32175
39	0.00000
40	0.00000
41	0.00000
42	0.00000
43	0.00000
44	0.57964
45	0.99116
46	0.32175
47	0.00000
48	0.00000
49	0.00000
50	0.46365

---

**Anexo 15. Corrida del programa SAS para realizar la transformación de los datos porcentuales de la variable fitotoxicidad con Arcoseno  $\sqrt{Y}$ , a los 141 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.**

```
DATA TRANSFOR_IZTAPOPO_3;
INPUT Y;
Y=ARSIN(SQRT(Y/100));
CARDS;
0
0
0
0
0
60
98
75
5
100
80
45
96
85
60
80
100
100
100
99
100
40
97
95
60
98
100
40
100
100
99
```

---

```
100  
45  
35  
100  
90  
95  
30  
15  
99  
0  
10  
10  
55  
100  
45  
20  
20  
40  
45  
;  
PROC PRINT;  
RUN;
```

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	Y
1	0.00000
2	0.00000
3	0.00000
4	0.00000
5	0.00000
6	0.88608
7	1.42890
8	1.04720
9	0.22551
10	1.57080
11	1.10715
12	0.73531
13	1.36944
14	1.17310
15	0.88608
16	1.10715
17	1.57080
18	1.57080
19	1.57080
20	1.47063
21	1.57080
22	0.68472
23	1.39671
24	1.34528
25	0.88608
26	1.42890
27	1.57080
28	0.68472
29	1.57080
30	1.57080
31	1.47063
32	1.57080
33	0.73531
34	0.63305
35	1.57080
36	1.24905
37	1.34528
38	0.57964
39	0.39770
40	1.47063
41	0.00000
42	0.32175
43	0.32175
44	0.83548
45	1.57080
46	0.73531
47	0.46365
48	0.46365
49	0.68472
50	0.73531

---

**Anexo 16. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable fitotoxicidad a los 24 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA MALINCHE_FITOTOXICIDAD;  
INPUT BLOQ TRAT$ EWRS_1;  
CARDS;
```

```
1 T1 0  
1 T10 0.3218  
1 T10 0.3218  
1 T10 0  
1 T10 0  
1 T10 0  
2 T2 0  
2 T2 0  
2 T2 0.3218  
2 T2 0  
2 T2 0.3218  
2 T3 0  
3 T4 0  
3 T4 0  
3 T4 0.3218  
3 T4 0  
3 T4 0  
3 T5 0  
3 T5 0  
3 T5 0.4636  
3 T5 0  
3 T5 0  
4 T6 0.3218  
4 T6 0.4636
```

---

4	T6	0
4	T6	0.5796
4	T6	0
4	T7	0.3218
4	T7	0
5	T8	0.3218
5	T8	0
5	T9	0.4636
5	T9	0
5	T9	0
5	T9	0
5	T9	0.3218

;

PROC RANK TIES=MEAN;

VAR EWRS\_1;

RANKS RANEWRS\_1;

BY BLOQ;

PROC PRINT;

PROC GLM;

CLASS BLOQ TRAT;

MODEL RANEWRS\_1=BLOQ TRAT;

MEANS TRAT/TUKEY;

RUN;

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	BLOQ	TRAT	EWRS_1	RANEWRS_1
1	1	T1	0.0000	4.5
2	1	T1	0.0000	4.5
3	1	T1	0.0000	4.5
4	1	T1	0.0000	4.5
5	1	T1	0.0000	4.5
6	1	T10	0.3218	9.5
7	1	T10	0.3218	9.5
8	1	T10	0.0000	4.5
9	1	T10	0.0000	4.5
10	1	T10	0.0000	4.5
11	2	T2	0.0000	4.5
12	2	T2	0.0000	4.5
13	2	T2	0.3218	9.5
14	2	T2	0.0000	4.5
15	2	T2	0.3218	9.5
16	2	T3	0.0000	4.5
17	2	T3	0.0000	4.5
18	2	T3	0.0000	4.5
19	2	T3	0.0000	4.5
20	2	T3	0.0000	4.5
21	3	T4	0.0000	4.5
22	3	T4	0.0000	4.5
23	3	T4	0.3218	9.0
24	3	T4	0.0000	4.5
25	3	T4	0.0000	4.5
26	3	T5	0.0000	4.5
27	3	T5	0.0000	4.5
28	3	T5	0.4636	10.0
29	3	T5	0.0000	4.5
30	3	T5	0.0000	4.5
31	4	T6	0.3218	7.5
32	4	T6	0.4636	9.0
33	4	T6	0.0000	3.5
34	4	T6	0.5796	10.0
35	4	T6	0.0000	3.5
36	4	T7	0.3218	7.5
37	4	T7	0.0000	3.5
38	4	T7	0.0000	3.5
39	4	T7	0.0000	3.5
40	4	T7	0.0000	3.5
41	5	T8	0.3218	8.5
42	5	T8	0.0000	4.0
43	5	T8	0.0000	4.0
44	5	T8	0.0000	4.0
45	5	T8	0.0000	4.0
46	5	T9	0.4636	10.0
47	5	T9	0.0000	4.0
48	5	T9	0.0000	4.0
49	5	T9	0.0000	4.0
50	5	T9	0.3218	8.5

---

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	T1 T10 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9

Dependent Variable: RANEWRS\_1 Rank for Variable EWRS\_1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	38.1000000	4.2333333	0.84	0.5819
Error	40	200.9000000	5.0225000		
Corrected Total		49	239.0000000		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANEWRS_1 Mean
0.159414	40.74715	2.241093	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	5	38.1000000	7.6200000	1.52	0.2062

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	0	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	5	38.1000000	7.6200000	1.52	0.2062

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANWRS\_1

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	40
Error Mean Square	5.0225
Critical Value of Studentized Range	4.73453
Minimum Significant Difference	4.7452

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	6.700	5	T6
A			
A	6.500	5	T10
A			
A	6.500	5	T2
A			
A	6.100	5	T9
A			
A	5.600	5	T5
A			
A	5.400	5	T4
A			
A	4.900	5	T8
A			
A	4.500	5	T3
A			
A	4.500	5	T1
A			
A	4.300	5	T7

---

**Anexo 17. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 45 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

**DATA MALINCHE\_FITOTOXICIDAD;**

**INPUT BLOQ TRAT\$ EWRS\_2;**

**CARDS;**

1	T1	0
1	T10	0.4636
1	T10	0.3218
1	T10	0
1	T10	0
1	T10	0.4636
2	T2	0
2	T2	0.7353
2	T2	0.4636
2	T2	0.3218
2	T2	0.4636
2	T3	0
3	T4	0
3	T4	0.3218
3	T4	0.5796
3	T4	0
3	T4	0
3	T5	0
3	T5	0
3	T5	0.5796
3	T5	0
3	T5	0
4	T6	0.5796
4	T6	0.4636
4	T6	0

---

4	T6	1.4289
4	T6	0
4	T7	0.3218
4	T7	0
4	T7	1.249
4	T7	0
4	T7	0
5	T8	0.8861
5	T8	0
5	T9	0.6847
5	T9	0
5	T9	0
5	T9	0
5	T9	0.5796

;

**PROC RANK** TIES=MEAN;

VAR EWRS\_2;

RANKS RANEWRS\_2;

BY BLOQ;

**PROC PRINT**;

**PROC GLM**;

CLASS BLOQ TRAT;

MODEL RANEWRS\_2=BLOQ TRAT;

MEANS TRAT/TUKEY;

**RUN**;

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	The SAS System			
	BLOQ	TRAT	EWRS_2	RANEWS_2
1	1	T1	0.00000	4.0
2	1	T1	0.00000	4.0
3	1	T1	0.00000	4.0
4	1	T1	0.00000	4.0
5	1	T1	0.00000	4.0
6	1	T10	0.46365	9.5
7	1	T10	0.32175	8.0
8	1	T10	0.00000	4.0
9	1	T10	0.00000	4.0
10	1	T10	0.46365	9.5
11	2	T2	0.00000	3.5
12	2	T2	0.73531	10.0
13	2	T2	0.46365	8.5
14	2	T2	0.32175	7.0
15	2	T2	0.46365	8.5
16	2	T3	0.00000	3.5
17	2	T3	0.00000	3.5
18	2	T3	0.00000	3.5
19	2	T3	0.00000	3.5
20	2	T3	0.00000	3.5
21	3	T4	0.00000	4.0
22	3	T4	0.32175	8.0
23	3	T4	0.57964	9.5
24	3	T4	0.00000	4.0
25	3	T4	0.00000	4.0
26	3	T5	0.00000	4.0
27	3	T5	0.00000	4.0
28	3	T5	0.57964	9.5
29	3	T5	0.00000	4.0
30	3	T5	0.00000	4.0
31	4	T6	0.57964	8.0
32	4	T6	0.46365	7.0
33	4	T6	0.00000	3.0
34	4	T6	1.42890	10.0
35	4	T6	0.00000	3.0
36	4	T7	0.32175	6.0
37	4	T7	0.00000	3.0
38	4	T7	1.24905	9.0
39	4	T7	0.00000	3.0
40	4	T7	0.00000	3.0
41	5	T8	0.88608	10.0
42	5	T8	0.00000	4.0
43	5	T8	0.00000	4.0
44	5	T8	0.00000	4.0
45	5	T8	0.00000	4.0
46	5	T9	0.68472	9.0
47	5	T9	0.00000	4.0
48	5	T9	0.00000	4.0
49	5	T9	0.00000	4.0
50	5	T9	0.57964	8.0

The SAS System  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	T1 T10 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: RANWRS\_2 Rank for Variable EWRS\_2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	69.9000000	7.7666667	1.35	0.2417
Error	40	229.6000000	5.7400000		
Corrected Total	49	299.5000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANWRS_2 Mean
0.233389	43.56054	2.395830	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
TRAT	5	69.90000000	13.98000000	2.44	0.0511

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	0	0.00000000	.	.	.
TRAT	5	69.90000000	13.98000000	2.44	0.0511

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANWRS\_2

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	40
Error Mean Square	5.74
Critical Value of Studentized Range	4.73453
Minimum Significant Difference	5.0728

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	7.500	5	T2
A			
A	7.000	5	T10
A			
A	6.200	5	T6
A			
A	5.900	5	T4
A			
A	5.800	5	T9
A			
A	5.200	5	T8
A			
A	5.100	5	T5
A			
A	4.800	5	T7
A			
A	4.000	5	T1
A			
A	3.500	5	T3

---

**Anexo 18. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 143 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional La Malinche.**

```
DATA MALINCHE_FITOTOXICIDAD;
```

```
INPUT BLOQ TRAT$ EWRS_3;
```

```
CARDS;
```

```
1      T1      0
1      T10     0.7353
1      T10     0.3218
1      T10     0.3218
1      T10     1.5708
1      T10     0.1741
2      T2      0
2      T2      1.5708
2      T2      1.3694
2      T2      0.5796
2      T2      0.8355
2      T3      0.8861
2      T3      0.6847
2      T3      1.3967
2      T3      1.1731
2      T3      0.6847
3      T4      1.1071
3      T4      1.5708
3      T4      0.7353
3      T4      1.5708
3      T4      0.3218
3      T5      1.1071
3      T5      1.5708
3      T5      1.3453
3      T5      1.3453
3      T5      1.5708
4      T6      1.5708
4      T6      1.249
4      T6      0
```

---

4	T6	1.5708
4	T6	0.8861
4	T7	1.4289
4	T7	0.4636
4	T7	0.7353
4	T7	0.6331
4	T7	1.5708
5	T8	1.4706
5	T8	1.5708
5	T8	0.3218
5	T8	1.4706
5	T8	1.4706
5	T9	1.4289
5	T9	0.6847
5	T9	0.4636
5	T9	0.8861
5	T9	1.5708

;

**PROC RANK** TIES=MEAN;

VAR EWRS\_3;

RANKS RAN EWRS\_3;

BY BLOQ;

**PROC PRINT**;

**PROC GLM**;

CLASS BLOQ TRAT;

MODEL RAN EWRS\_3=BLOQ TRAT;

MEANS TRAT/TUKEY;

**RUN**;

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System

Obs	BLOQ	TRAT	EWRS_3	RANEWRS_3
1	1	T1	0.0000	3.0
2	1	T1	0.0000	3.0
3	1	T1	0.0000	3.0
4	1	T1	0.0000	3.0
5	1	T1	0.0000	3.0
6	1	T10	0.7353	9.0
7	1	T10	0.3218	7.5
8	1	T10	0.3218	7.5
9	1	T10	1.5708	10.0
10	1	T10	0.1741	6.0
11	2	T2	0.0000	1.0
12	2	T2	1.5708	10.0
13	2	T2	1.3694	8.0
14	2	T2	0.5796	2.0
15	2	T2	0.8355	5.0
16	2	T3	0.8861	6.0
17	2	T3	0.6847	3.5
18	2	T3	1.3967	9.0
19	2	T3	1.1731	7.0
20	2	T3	0.6847	3.5
21	3	T4	1.1071	3.5
22	3	T4	1.5708	8.5
23	3	T4	0.7353	2.0
24	3	T4	1.5708	8.5
25	3	T4	0.3218	1.0
26	3	T5	1.1071	3.5
27	3	T5	1.5708	8.5
28	3	T5	1.3453	5.5
29	3	T5	1.3453	5.5
30	3	T5	1.5708	8.5
31	4	T6	1.5708	9.0
32	4	T6	1.2490	6.0
33	4	T6	0.0000	1.0
34	4	T6	1.5708	9.0
35	4	T6	0.8861	5.0
36	4	T7	1.4289	7.0
37	4	T7	0.4636	2.0
38	4	T7	0.7353	4.0
39	4	T7	0.6331	3.0
40	4	T7	1.5708	9.0
41	5	T8	1.4706	7.0
42	5	T8	1.5708	9.5
43	5	T8	0.3218	1.0
44	5	T8	1.4706	7.0
45	5	T8	1.4706	7.0
46	5	T9	1.4289	5.0
47	5	T9	0.6847	3.0
48	5	T9	0.4636	2.0
49	5	T9	0.8861	4.0
50	5	T9	1.5708	9.5

---

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	T1 T10 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: RANWRS\_3 Rank for Variable EWRS\_3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	78.7000000	8.7444444	1.12	0.3715
Error	40	312.3000000	7.8075000		
Corrected Total	49	391.0000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANWRS_3 Mean
0.201279	50.80346	2.794190	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	5	78.7000000	15.7400000	2.02	0.0971

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	0	0.0000000	.	.	.
TRAT	5	78.7000000	15.7400000	2.02	0.0971

---

The SAS System

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANEWRS\_3

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	40
Error Mean Square	7.8075
Critical Value of Studentized Range	4.73453
Minimum Significant Difference	5.9163

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	8.000	5	T10
A			
A	6.300	5	T8
A			
A	6.300	5	T5
A			
A	6.000	5	T6
A			
A	5.800	5	T3
A			
A	5.200	5	T2
A			
A	5.000	5	T7
A			
A	4.700	5	T4
A			
A	4.700	5	T9
A			
A	3.000	5	T1

---

**Anexo 19. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey para la variable fitotoxicidad a los 22 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.**

**DATA MALINCHE\_FITOTOXICIDAD;**

**INPUT BLOQ TRAT\$ EWRS\_1;**

**CARDS;**

1	T4	0
1	T5	0.57964
1	T5	0
1	T6	0.57964
2	T2	0
2	T2	0
2	T3	0
2	T3	0.32175
2	T3	0.46365
2	T3	0
2	T3	0
2	T4	0
2	T6	0.32175
2	T6	0
3	T1	0
3	T2	0
3	T2	0.46365
3	T2	0
3	T6	1.4289
3	T6	0
3	T7	0.32175
4	T1	0
4	T7	0

---

4	T7	0.35374
4	T7	0
4	T7	0
4	T8	0.46365
4	T8	0.46365
4	T8	0.32175
4	T8	0
4	T8	0
5	T9	0.32175
5	T9	0.57964
5	T10	0.32175
5	T10	0
5	T10	0
5	T10	0
5	T10	0.46365

;

**PROC RANK** TIES=MEAN;

VAR EWRS\_1;

RANKS RANEWRS\_1;

BY BLOQ;

**PROC PRINT**;

**PROC GLM**;

CLASS BLOQ TRAT;

MODEL RANEWRS\_1=BLOQ TRAT;

MEANS TRAT/TUKEY;

**RUN**;

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System				
Obs	BLOQ	TRAT	EWRS_1	RANEWS_1
1	1	T4	0.00000	4.5
2	1	T4	0.00000	4.5
3	1	T4	0.00000	4.5
4	1	T4	0.00000	4.5
5	1	T5	0.57964	9.5
6	1	T5	0.00000	4.5
7	1	T5	0.00000	4.5
8	1	T5	0.00000	4.5
9	1	T5	0.00000	4.5
10	1	T6	0.57964	9.5
11	2	T2	0.00000	4.0
12	2	T2	0.00000	4.0
13	2	T3	0.00000	4.0
14	2	T3	0.32175	8.5
15	2	T3	0.46365	10.0
16	2	T3	0.00000	4.0
17	2	T3	0.00000	4.0
18	2	T4	0.00000	4.0
19	2	T6	0.32175	8.5
20	2	T6	0.00000	4.0
21	3	T1	0.00000	4.0
22	3	T1	0.00000	4.0
23	3	T1	0.00000	4.0
24	3	T1	0.00000	4.0
25	3	T2	0.00000	4.0
26	3	T2	0.46365	9.0
27	3	T2	0.00000	4.0
28	3	T6	1.42890	10.0
29	3	T6	0.00000	4.0
30	3	T7	0.32175	8.0
31	4	T1	0.00000	3.5
32	4	T7	0.00000	3.5
33	4	T7	0.35374	8.0
34	4	T7	0.00000	3.5
35	4	T7	0.00000	3.5
36	4	T8	0.46365	9.5
37	4	T8	0.46365	9.5
38	4	T8	0.32175	7.0
39	4	T8	0.00000	3.5
40	4	T8	0.00000	3.5
41	5	T9	0.00000	3.5
42	5	T9	0.00000	3.5
43	5	T9	0.00000	3.5
44	5	T9	0.32175	7.5
45	5	T9	0.57964	10.0
46	5	T10	0.32175	7.5
47	5	T10	0.00000	3.5
48	5	T10	0.00000	3.5
49	5	T10	0.00000	3.5
50	5	T10	0.46365	9.0

The SAS System  
The GLM Procedure

Class Level Information

	Class	Levels	Values								
			1	2	3	4	5				
T9	BLOQ	5	T1	T10	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	TRAT	10									

Dependent Variable: RANEWRS\_1    Rank for Variable EWRS\_1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	55.5127717	4.6260643	0.77	0.6752
Error	37	221.9872283	5.9996548		
Corrected Total	49	277.5000000			

R-Square            Coeff Var            Root MSE            RANEWRS\_1 Mean  
0.200046            44.53490            2.449419            5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
TRAT	8	55.51277174	6.93909647	1.16	0.3507

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	12.81277174	4.27092391	0.71	0.5511
TRAT	8	55.51277174	6.93909647	1.16	0.3507

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANEWRS\_1

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	37
Error Mean Square	5.999655
Critical Value of Studentized Range	4.75619
Minimum Significant Difference	5.21

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	7.200	5	T6
A			
A	6.600	5	T8
A			
A	6.100	5	T3
A			
A	5.600	5	T9
A			
A	5.500	5	T5
A			
A	5.400	5	T10
A			
A	5.300	5	T7
A			
A	5.000	5	T2
A			
A	4.400	5	T4
A			
A	3.900	5	T1

---

**Anexo 20. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 47 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.**

**DATA MALINCHE\_FITOTOXICIDAD;**

**INPUT BLOQ TRAT\$ EWRS\_2;**

**CARDS;**

1	T4	0
1	T5	0.88608
1	T5	0
1	T6	0.68472
2	T2	0
2	T2	0
2	T3	0
2	T3	0.32175
2	T3	0.63305
2	T3	0
2	T3	0
2	T4	0
2	T6	0.68472
2	T6	0
3	T1	0
3	T2	0
3	T2	0.68472
3	T2	0
3	T6	1.4289
3	T6	0
3	T7	0.32175
4	T1	0
4	T7	0

---

4	T7	0.57964
4	T7	0
4	T7	0
4	T8	0.7854
4	T8	0.68472
4	T8	0.32175
4	T8	0
4	T8	0
5	T9	0.57964
5	T9	0.99116
5	T10	0.32175
5	T10	0
5	T10	0
5	T10	0
5	T10	0.46365

;

**PROC RANK** TIES=MEAN;

VAR EWRS\_2;

RANKS RANEWRS\_2;

BY BLOQ;

**PROC PRINT**;

**PROC GLM**;

CLASS BLOQ TRAT;

MODEL RANEWRS\_2=BLOQ TRAT;

MEANS TRAT/TUKEY;

**RUN**;

---

---

## HOJA DE RESULTADOS

The SAS System				
Obs	BLOQ	TRAT	EWRS_2	RANEWS_2
1	1	T4	0.00000	4.5
2	1	T4	0.00000	4.5
3	1	T4	0.00000	4.5
4	1	T4	0.00000	4.5
5	1	T5	0.88608	10.0
6	1	T5	0.00000	4.5
7	1	T5	0.00000	4.5
8	1	T5	0.00000	4.5
9	1	T5	0.00000	4.5
10	1	T6	0.68472	9.0
11	2	T2	0.00000	4.0
12	2	T2	0.00000	4.0
13	2	T3	0.00000	4.0
14	2	T3	0.32175	8.0
15	2	T3	0.63305	9.0
16	2	T3	0.00000	4.0
17	2	T3	0.00000	4.0
18	2	T4	0.00000	4.0
19	2	T6	0.68472	10.0
20	2	T6	0.00000	4.0
21	3	T1	0.00000	4.0
22	3	T1	0.00000	4.0
23	3	T1	0.00000	4.0
24	3	T1	0.00000	4.0
25	3	T2	0.00000	4.0
26	3	T2	0.68472	9.0
27	3	T2	0.00000	4.0
28	3	T6	1.42890	10.0
29	3	T6	0.00000	4.0
30	3	T7	0.32175	8.0
31	4	T1	0.00000	3.5
32	4	T7	0.00000	3.5
33	4	T7	0.57964	8.0
34	4	T7	0.00000	3.5
35	4	T7	0.00000	3.5
36	4	T8	0.78540	10.0
37	4	T8	0.68472	9.0
38	4	T8	0.32175	7.0
39	4	T8	0.00000	3.5
40	4	T8	0.00000	3.5
41	5	T9	0.00000	3.5
42	5	T9	0.00000	3.5
43	5	T9	0.00000	3.5
44	5	T9	0.57964	9.0
45	5	T9	0.99116	10.0
46	5	T10	0.32175	7.0
47	5	T10	0.00000	3.5
48	5	T10	0.00000	3.5
49	5	T10	0.00000	3.5
50	5	T10	0.46365	8.0

**The SAS System  
The GLM Procedure**

**Class Level Information**

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	T1 T10 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9

**The SAS System  
The GLM Procedure**

**Dependent Variable: RANEWRS\_2 Rank for Variable EWRS\_2**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	56.2627717	4.6885643	0.78	0.6695
Error	37	223.2372283	6.0334386		
Corrected Total	49	279.5000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANEWRS_2 Mean
0.201298	44.66011	2.456306	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
TRAT	8	56.26277174	7.03284647	1.17	0.3453

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	9.76277174	3.25425725	0.54	0.6583
TRAT	8	56.26277174	7.03284647	1.17	0.3453

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANewRS\_2

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate,  
but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	37
Error Mean Square	6.033439
Critical Value of Studentized Range	4.75619
Minimum Significant Difference	5.2246

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	7.400	5	T6
A			
A	6.600	5	T8
A			
A	5.900	5	T9
A			
A	5.800	5	T3
A			
A	5.600	5	T5
A			
A	5.300	5	T7
A			
A	5.100	5	T10
A			
A	5.000	5	T2
A			
A	4.400	5	T4
A			
A	3.900	5	T1

---

**Anexo 21. Corrida del programa SAS para realizar el análisis de varianza con la prueba de Friedman y las pruebas de medias Tukey de la variable fitotoxicidad a los 141 días de la aplicación de los tratamientos en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.**

**DATA MALINCHE\_FITOTOXICIDAD;**

**INPUT BLOQ TRAT\$ EWRS\_3;**

**CARDS;**

1	T4	1.5708
1	T4	1.5708
1	T4	1.5708
1	T4	1.47063
1	T5	1.5708
1	T5	0.68472
1	T5	1.39671
1	T5	1.34528
1	T5	0.88608
1	T6	1.4289
2	T2	0.22551
2	T2	1.5708
2	T3	1.10715
2	T3	0.73531
2	T3	1.36944
2	T3	1.1731
2	T3	0.88608
2	T4	1.10715
2	T6	1.5708
2	T6	0.68472
3	T1	0
3	T2	0.88608
3	T2	1.4289
3	T2	1.0472
3	T6	1.5708
3	T6	1.5708
3	T7	1.47063
4	T1	0
4	T7	1.5708

---

4	T7	0.73531
4	T7	0.63305
4	T7	1.5708
4	T8	1.24905
4	T8	1.34528
4	T8	0.57964
4	T8	0.3977
4	T8	1.47063
5	T9	0
5	T9	0.32175
5	T9	0.32175
5	T9	0.83548
5	T9	1.5708
5	T10	0.73531
5	T10	0.46365
5	T10	0.46365
5	T10	0.68472
5	T10	0.73531

;

**PROC RANK** TIES=MEAN;

VAR EWRS\_3;

RANKS RANEWRS\_3;

BY BLOQ;

**PROC PRINT**;

**PROC GLM**;

CLASS BLOQ TRAT;

MODEL RANEWRS\_3=BLOQ TRAT;

MEANS TRAT/TUKEY;

**RUN**;

---

## HOJA DE RESULTADOS

Obs	The SAS System			
	BLOQ	TRAT	EWRS_3	RANEWS_3
1	1	T4	1.57080	8.5
2	1	T4	1.57080	8.5
3	1	T4	1.57080	8.5
4	1	T4	1.47063	6.0
5	1	T5	1.57080	8.5
6	1	T5	0.68472	1.0
7	1	T5	1.39671	4.0
8	1	T5	1.34528	3.0
9	1	T5	0.88608	2.0
10	1	T6	1.42890	5.0
11	2	T2	0.22551	1.0
12	2	T2	1.57080	9.5
13	2	T3	1.10715	5.5
14	2	T3	0.73531	3.0
15	2	T3	1.36944	8.0
16	2	T3	1.17310	7.0
17	2	T3	0.88608	4.0
18	2	T4	1.10715	5.5
19	2	T6	1.57080	9.5
20	2	T6	0.68472	2.0
21	3	T1	0.00000	2.5
22	3	T1	0.00000	2.5
23	3	T1	0.00000	2.5
24	3	T1	0.00000	2.5
25	3	T2	0.88608	5.0
26	3	T2	1.42890	7.0
27	3	T2	1.04720	6.0
28	3	T6	1.57080	9.5
29	3	T6	1.57080	9.5
30	3	T7	1.47063	8.0
31	4	T1	0.00000	1.0
32	4	T7	1.57080	9.5
33	4	T7	0.73531	5.0
34	4	T7	0.63305	4.0
35	4	T7	1.57080	9.5
36	4	T8	1.24905	6.0
37	4	T8	1.34528	7.0
38	4	T8	0.57964	3.0
39	4	T8	0.39770	2.0
40	4	T8	1.47063	8.0
41	5	T9	0.00000	1.0
42	5	T9	0.32175	2.5
43	5	T9	0.32175	2.5
44	5	T9	0.83548	9.0
45	5	T9	1.57080	10.0
46	5	T10	0.73531	7.5
47	5	T10	0.46365	4.5
48	5	T10	0.46365	4.5
49	5	T10	0.68472	6.0
50	5	T10	0.73531	7.5

The SAS System  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQ	5	1 2 3 4 5
TRAT	10	T1 T10 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: RANEWRS\_3 Rank for Variable EWRS\_3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	12	135.5043478	11.2920290	1.59	0.1387
Error	37	263.4956522	7.1215041		
Corrected Total	49	399.0000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RANEWRS_3 Mean
0.339610	48.52027	2.668615	5.500000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	4	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
TRAT	8	135.5043478	16.9380435	2.38	0.0354

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQ	3	16.4043478	5.4681159	0.77	0.5194
RAT	8	135.5043478	16.9380435	2.38	0.0354

---

The SAS System  
The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RANWRS\_3

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	37
Error Mean Square	7.121504
Critical Value of Studentized Range	4.75619
Minimum Significant Difference	5.6762

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	7.400	5	T4
A			
A	7.200	5	T7
A			
A	7.100	5	T6
A			
A	6.000	5	T10
A			
A	5.700	5	T2
A			
A	5.500	5	T3
A			
A	5.200	5	T8
A			
A	5.000	5	T9
A			
A	3.700	5	T5
A			
A	2.200	5	T1