

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA  
SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**EFFECTO DE CUATRO HERBICIDAS Y DIFERENTES  
MEZCLAS EN EL CONTROL DE MALEZAS EN  
CULTIVOS TEMPORALES EN CONCHUCOS,  
ANCASH**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**GUILLERMO HUAMAN CHAVEZ**

**Asesor:**

**MANUEL TITO VIERA HUIMAN**

**Tingo María – Perú**

**2014**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail: fagro@unas.edu.pe

"Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**N° 005/2014-FA-UNAS**

BACHILLER : HUAMAN CHAVEZ, GUILLERMO

TÍTULO : "EFECTO DE CUATRO HERBICIDAS Y DIFERENTES MEZCLAS EN EL CONTROL DE MALEZAS EN CULTIVOS TEMPORALES EN CONCHUCOS, ANCASH"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Blgo. M. Sc. JOSE LUIS GIL BACILIO

VOCAL : Ing. M. Sc. MIGUEL EDUARDO ANTEPARRA PAREDES

VOCAL : Ing. M. Sc. FERNANDO SEGUNDO GONZALES HUIMAN

ASESOR : Ing. MANUEL TITO VIERA HUIMAN

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 24 DE ABRIL DE 2014

HORA DE SUSTENTACIÓN : 06:00 P.M.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE GRADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

CALIFICATIVO : MUY BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARIA, 02 DE MAYO DE 2014

  
Blgo. M. Sc. JOSE LUIS GIL BACILIO  
PRESIDENTE



  
Ing. M. Sc. MIGUEL EDUARDO ANTEPARRA PAREDES  
VOCAL

  
Ing. M. Sc. FERNANDO SEGUNDO GONZALES HUIMAN  
VOCAL

  
Ing. MANUEL TITO VIERA HUIMAN  
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS  
Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 080 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE CUATRO HERBICIDAS Y SUS DIFERENTES MEZCLAS EN EL CONTROL DE MALEZAS EN CULTIVOS TEMPORALES EN CONCHUCOS, ANCASH	GUILLERMO HUAMAN CHAVEZ	25 % Veinticinco

Tingo María, 24 de marzo de 2025

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomas Menacho Malqui  
DGE



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María

**VICERRECTOR DE INVESTIGACION**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

---

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

**FORMATO PARA REGISTRAR EL PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO UNIVERSITARIO**

**Universidad** : Universidad Nacional Agraria de la selva  
**Facultad** : Agronomía  
**Escuela profesional/** : Agronomía/ciencias agrarias  
**Departamento Académico**  
**Título de la Tesis** : Efecto de cuatro herbicidas y diferentes mezclas en el control de malezas en cultivos temporales en Conchucos, Ancash.  
**Objetivo General** : Evaluar el efecto de control fitotóxico y efecto residual de los tratamientos en estudio. Realizar el costo económico o la relación beneficio costo de la aplicación de los tratamientos.  
**Autor de la Tesis** : Guillermo Huamán Chávez  
**DNI** : 23003754  
**Correo electrónico** : human.chavez@unas.edu.pe  
**Asesor** : Manuel Tito Viera Huiman  
**Área de Investigación** : Cultivos Tropicales/Fitosanidad  
**Grupo de Investigación** : Diagnóstico fitosanitario y bioinsumos  
**Línea de investigación** : Diagnóstico, evaluación y manejo integrado de fitopatógenos, insectos plaga y arvenses en especies agrícolas y forestales  
**Lugar de Ejecución** : Conchucos – Ancash - Perú  
**Fecha Inicio** : Octubre del 2008  
**Fecha Término** : Enero del 2009  
**Presupuesto** : S/. 2300  
**Financiamiento** : Propio ( x ) FIF ( ) Externo ( )

**Según: Resolución:** N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

## **DEDICATORIA**

Con eterna gratitud

A Dios divino creador por todo lo que existe, quien me dio la vida y me dotó de inteligencia para alcanzar uno de mis mejores anhelos.

A mis queridos padres: Guillermo y María Natividad en prueba de mi gratitud por sus abnegados sacrificios, que hicieron realidad mi formación profesional.

Con mucha gratitud a mi querida hija Brigitte Charloth, fuente de mi superación.

A mis queridos hermanos: Wellington, Alfredo y Henry por su apoyo desinteresado mis más sinceros agradecimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

- A La Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi Alma Mater, por su contribución en mi formación profesional.
- A Los miembros del jurado calificador del presente trabajo de tesis: Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio (Presidente), Ing. M. Sc. Miguel Eduardo Anteparra Paredes (vocal), Ing. M. Sc. Fernando Segundo Gonzales Huiman (vocal).
- Al Ing. Agr. Manuel Tito Viera Huiman, docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo de investigación.
- Al Blgo. M. Sc. José Kalion Guerra Lú, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su apoyo en la identificación de las malezas.
- A la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Agronomía, por su aporte en la culminación de la redacción del presente informe de tesis.
- A todos los docentes de la Facultad de Agronomía quienes impartieron sus enseñanzas en mi formación profesional.
- Al personal administrativo y técnicos de Laboratorio que me apoyaron durante mi permanencia en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1. De las malezas.....	14
2.1.1. Concepto .....	14
2.1.2. Clasificación de las malezas.....	14
2.1.3. Propagación de las malezas.....	15
2.1.4. Morfología y fisiología de las malezas .....	15
2.1.5. Daños que causan las malezas.....	15
2.1.6. De los métodos de control de las malezas.....	16
2.2. Herbicidas .....	17
2.2.1. Concepto .....	17
2.2.2. Modo y tipo de acción de los herbicidas .....	18
2.2.3. Fundamento fisiológico y bioquímico de las malezas .....	19
2.2.4. Relación herbicida - medio ambiente.....	20
2.2.5. Selectividad de los herbicidas .....	21
2.2.6. Clasificación de los herbicidas.....	22
2.3. Descripción de los herbicidas estudiados .....	23
2.3.1. Atrazina.....	23
2.3.2. Diuron .....	26
2.3.3. Paraquat + Diuron .....	29
2.3.4. Glifosato.....	30
2.4. Ensayos con herbicidas en Tingo María .....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.1. Lugar y periodo del experimento .....	35
3.2. Historia del campo experimental .....	35
3.3. Condiciones climáticas .....	35
3.4. Características del terreno.....	35
3.5. Análisis de suelo .....	36
3.6. Presencia de malezas en el campo experimental .....	36

3.7. Componentes en estudio .....	37
3.8. Tratamientos en estudio .....	37
3.9. Diseño experimental .....	38
3.10. Características del campo experimental.....	39
3.11. Ejecución del experimento.....	40
3.12. Aplicación de los herbicidas .....	41
3.13. Determinación del efecto fitotóxico de control .....	41
3.14. Determinación del efecto residual .....	42
3.15. Determinación del análisis económico .....	42
IV. RESULTADOS .....	43
4.1. Efecto de control .....	43
4.2. Poder residual de los tratamientos .....	47
4.3. Análisis económico o relación costo - beneficio .....	51
V. DISCUSIÓN.....	53
5.1. Del efecto potencial de control .....	53
5.2. Del testigo .....	53
5.3. Del efecto de control.....	53
5.4. Del efecto residual .....	56
5.5. Análisis económico de los tratamientos en estudio .....	59
VI. CONCLUSIONES .....	59
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	60
VII. REFERENCIAS .....	61
ANEXO .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
1. Datos meteorológicos durante el experimento .....	36
2. Análisis físico - químico del suelo del campo experimental .....	36
3. Descripción de los tratamientos.....	37
4. Porcentaje de malezas identificadas al momento de la ejecución del experimento.....	38
5. Esquema del análisis de variancia (ANVA).....	38
6. Resumen del análisis de varianza del porcentaje de control a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos	44
7. Comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$ ) del porcentaje de control a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos .....	45
8. Resumen del análisis de varianza del porcentaje del poder residual a los 75, 90 y 105 días después de la aplicación de los tratamientos .....	48
9. Comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$ ) del poder residual a los 75, 90 y 105 días después de la aplicación de los tratamientos. ....	49
10. Análisis económico de los tratamientos en estudio.....	52
11. Datos originales del porcentaje de control a los 15 días después de aplicar los tratamientos .....	67
12. Datos originales del porcentaje de control a los 30 días después de aplicar los tratamientos .....	68
13. Datos originales del porcentaje a control a los 45 días después de aplicar los tratamientos .....	69
14. Datos originales del porcentaje de control a los 60 días después de aplicar los tratamientos .....	70
15. Datos originales del porcentaje de control a los 75 días después de aplicar los tratamientos .....	71
16. Datos originales del porcentaje de control a los 90 días después de aplicar los tratamientos.....	72
17. Datos originales del porcentaje de control a los 105 días después de aplicar los tratamientos .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1	Grado de control de maleza promedio a los 60 días. Datos originales... .. 46
2	Efecto del poder residual a los 105 días. Datos originales..... 50
3	Disposición de los tratamientos en el campo experimental. .... 77
4	Relación del complejo de malezas: <i>Verbena officinalis</i> L. (Verbena) (A), <i>Trifolium</i> sp. (Trébol rojo) (B), <i>Paspalum</i> sp. (Grama blanca) (C), <i>Picrosia longifolia</i> (Achicoria) (D), <i>Beta</i> sp. (Acelga) (E), <i>Plantago major</i> (Llantén) (F), <i>Pennisetum</i> sp. (Kikuyo inglés) (G), <i>Trifolium</i> sp. (Trébol nativo) (H), <i>Pennisetum clandestinum</i> (Kikuyo) (I), <i>Trifolium repens</i> (Trébol blanco) (J)..... 75
5	Campo experimental al inicio del experimento. .... 76
6	Campo experimental a los 60 días después del experimento. .... 76
7	Vista panorámica del campo experimental y la ciudad de Conchucos - Ancash - Perú..... 77

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en el fondo Callampampa, propiedad del Instituto Tecnológico Superior Narciso Villanueva Manzo, en terrenos agrícolas dedicados a cultivos estacionales. El estudio tuvo lugar en el distrito de Conchucos, provincia de Pallasca, departamento de Áncash, durante un período de cuatro meses, desde octubre de 2008 hasta enero de 2009. Se estima que la infestación de malezas alcanzó un 14 % en especies de hoja ancha y un 86 % en aquellas de hoja angosta. Los tratamientos incluyeron la aplicación de cuatro herbicidas en diferentes dosis y combinaciones, organizados de la siguiente manera: T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L), T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L), T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L), T<sub>4</sub> (Glifosato 3 L), T<sub>5</sub> (Glifosato 4 L), T<sub>6</sub> (Glifosato 2 L + Diuron 1 kg), T<sub>7</sub> (Glifosato 3 L + Diuron 1 kg), T<sub>8</sub> (Glifosato 4 L + Diuron 1 kg), T<sub>9</sub> (Glifosato 2 L + Atrazina 1 L), T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L), T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) y T<sub>12</sub> (control absoluto). El estudio se desarrolló utilizando un diseño de Bloques Completamente Randomizados con 4 repeticiones. Se analizaron los siguientes parámetros: el porcentaje de infestación de malezas previo a la aplicación de los herbicidas, el momento de aplicación, el efecto potencial del control a los 15, 30, 45 y 60 días, el efecto residual a los 75, 90 y 105 días, además del costo de aplicación. El tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) alcanzó un control de malezas del 74.5%, calificándose como efectivo; en tanto que los demás tratamientos tuvieron un rango de control de 43.25 a 58 %, que es considerado como regular según la escala del ALAM. Los tratamientos T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L), T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L), T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L), T<sub>4</sub> (Glifosato 3 L) y T<sub>5</sub> (Glifosato 4 L) perdieron su efectividad residual a los 105 días posteriores a la aplicación, ya que presentaron un 100% de rebrote. En cambio, los tratamientos con mezclas lograron mantener un buen efecto residual, alcanzando una duración de 114 días en el tratamiento T<sub>6</sub> (Glifosato 2 L + Diuron 1 kg) y hasta 120 días en el tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L). El Glifosato en mezcla con Atrazina mostró mejores resultados en el control que cuando se aplicó de manera individual, aún cuando la eficiencia de éstos ha sido afectados directamente por el clima y la presencia de especies agresivas como “kikuyo” (*Pennisetum clandestinum*.) El tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) demostró ser el más económico, con un costo de S/. 1.183, y mostró un potencial de control del 74.5 % a los 45 días después de su aplicación.

## ABSTRACT

This research was carried out in the Callampampa fund, property of the Narciso Villanueva Manzo Higher Technological Institute, on agricultural land dedicated to seasonal crops. The study took place in the district of Conchucos, province of Pallasca, department of Áncash, during a period of four months, from October 2008 to January 2009. It is estimated that weed infestation reached 14% in broad-leaved species and 86% in those with narrow leaves. The treatments included the application of four herbicides in different doses and combinations, organized as follows: T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L), T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L), T<sub>3</sub> (Glyphosate 2 L), T<sub>4</sub> (Glyphosate 3 L), T<sub>5</sub> (Glyphosate 4 L), T<sub>6</sub> (Glyphosate 2 L + Diuron 1 kg), T<sub>7</sub> (Glyphosate 3 L + Diuron 1 kg), T<sub>8</sub> (Glyphosate 4 L + Diuron 1 kg), T<sub>9</sub> (Glyphosate 2 L + Atrazine 1 L), T<sub>10</sub> (Glyphosate 3 L + Atrazine 1 L), T<sub>11</sub> (Glyphosate 4 L + Atrazine 1 L) and T<sub>12</sub> (control absolute). The study was developed using a Completely Randomized Block design with 4 repetitions. The following parameters were analyzed: the percentage of weed infestation prior to the application of herbicides, the time of application, the potential effect of control at 15, 30, 45 and 60 days, the residual effect at 75, 90 and 105 days, in addition to the cost of application. The T<sub>11</sub> treatment (Glyphosate 4 L + Atrazine 1 L) achieved weed control of 74.5%, being classified as effective; while the other treatments had a control range of 43.25 to 58%, which is considered regular according to the ALAM scale. The treatments T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L), T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L), T<sub>3</sub> (Glyphosate 2 L), T<sub>4</sub> (Glyphosate 3 L) and T<sub>5</sub> (Glyphosate 4 L) lost their residual effectiveness 105 days after application, since they presented 100% regrowth. On the other hand, treatments with mixtures managed to maintain a good residual effect, reaching a duration of 114 days in the T<sub>6</sub> treatment (Glyphosate 2 L + Diuron 1 kg) and up to 120 days in the T<sub>11</sub> treatment (Glyphosate 4 L + Atrazine 1 L). Glyphosate mixed with Atrazine showed better control results than when applied individually, even though their efficiency has been directly affected by the climate and the presence of aggressive species such as “kikuyu” (*Pennisetum clandestinum*,). The T<sub>11</sub> treatment (Glyphosate 4 L + Atrazine 1 L) proved to be the most economical, with a cost of S/. 1,183, and showed a control potential of 74.5% 45 days after its application.

## I. INTRODUCCIÓN

Las malezas son un factor limitante en la producción agrícola, ya que afecta el rendimiento óptimo de los cultivos. Por ello, es fundamental utilizar de manera racional los recursos, el tiempo y el esfuerzo en su control, con el objetivo de maximizar la rentabilidad. Las malas hierbas que emergen en las últimas fases del crecimiento suelen causar daños mínimos. En la agricultura convencional, comprender el "período crítico" permite a los agricultores optimizar el uso de los recursos disponibles, logrando así un ahorro significativo de tiempo y costos en el manejo de malezas (Dieleman y Mortensen, 1997).

Asimismo, los habitantes rurales del Perú, como en muchas otras regiones del mundo, han enfrentado históricamente la ardua tarea del deshierbo. Esto ha motivado el interés por estudiar la aplicación de herbicidas y sus combinaciones para el control de plantas no deseadas.

La elección de herbicidas y sus combinaciones para áreas agrícolas depende del tipo de malezas presentes en el campo. Es fundamental conocer las malezas que cada herbicida controla para, con los resultados obtenidos, asesorar a los agricultores en la selección más adecuada. De este modo, podrá optar por el herbicida o la mezcla más conveniente según las condiciones.

Al manejar adecuadamente las malezas en las zonas agrícolas de cultivos temporales en la ciudad de Conchucos, se evita la competencia con los cultivos y se facilita la preparación del suelo antes de la siembra. Esta preparación incluye el arado, una tarea especialmente desafiante en las zonas andinas a 3,410 msnm, donde el terreno es accidentado y el uso de maquinaria agrícola, como tractores, no es viable. En estas condiciones, la labor se realiza exclusivamente con yunta. Evaluar el efecto de control fitotóxico de los tratamientos en estudio.

En la actualidad, se dispone de información sobre los efectos de ciertos herbicidas, los cuales, en comparación con el control manual, ofrecen beneficios como una aplicación sencilla, resultados inmediatos y un costo que parece ser más accesible.

Con el propósito de ofrecer al agricultor más opciones para el manejo de malezas y evaluar tanto los costos como la eficacia del control, se llevó a cabo el siguiente estudio de investigación con los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de control fitotóxico de los tratamientos en estudio.
2. Evaluar el efecto residual de los tratamientos en estudio.
3. Realizar el costo económico o la relación beneficio costo de aplicación de los tratamientos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. De las malezas

#### 2.1.1. Concepto

La palabra "maleza" tiene su origen en el latín "malitia", que significa "maldad". Según el primer diccionario etimológico general de la Lengua Española, se define como un antiguo femenino de "maldad", y se refiere al crecimiento abundante de hierbas no deseadas que perjudican los cultivos (Teo, 2011).

Las malezas son plantas no deseadas que deben ser erradicadas, ya que se desarrollan en sitios no deseados, lo que impide el crecimiento de plantas beneficiosas y dificulta el logro de los objetivos o necesidades de los agricultores (García y Fernández, 1991).

Las plantas indeseadas son aquellas que crecen junto a los cultivos agrícolas, interfiriendo con su desarrollo normal al competir por recursos como espacio, suelo, luz, entre otros (Rodríguez, 2009).

#### 2.1.2. Clasificación de las malezas

Las malezas pueden clasificarse de diversas maneras, dependiendo del enfoque o prioridad que tengan las personas en un contexto específico (Villarias, 1992).

##### a. Clasificación por su ciclo de vida

En este sistema de clasificación, las plantas se organizan de acuerdo con su ciclo de vida. Diversos autores las categorizan en anuales, bienales y perennes. En el caso de Venezuela, las plantas pueden agruparse en anuales, perennes y semiperennes o perennes forzadas (Villarias, 1992).

##### b. Clasificación por su hábito de crecimiento

De acuerdo con Villarias (1992), las malas hierbas se agrupan en:

**Erectas:** Son plantas o tallos que crecen de forma erecta u ortotrópica. Un ejemplo de esto es el "mastranto" (*Hyptis suaveolens* L. Poit.).

**Rastreras:** Son plantas cuyos tallos se desplazan sobre la superficie del suelo. En este grupo, se pueden identificar dos variedades: aquellas que forman raíces principalmente en los nudos, como ocurre con los tallos estoloníferos de especies como la "paja bermuda", el "pelo de indio" o la "paja guzmán" (*Cynodon dactylon* L. Pers.).

**Trepadoras o volubles:** Este grupo incluye plantas de crecimiento en forma de inclinación que pueden trepar sobre las plantas de maíz, como la "batatilla" (*Ipomoea atiliacea* Willd Choisy.), el "bejuquillo" (*Rhynchosia mínima* L.), la "picapica" (*Mucuna prurins* L.).

### 2.1.3. Propagación de las malezas

Las malezas pueden reproducirse tanto de forma sexual como asexual, dependiendo de las condiciones en las que crecen. Frecuentemente, la propagación asexual se ve impulsada por prácticas agrícolas inadecuadas que, en lugar de controlar las malezas, generan un ambiente favorable para el crecimiento de rizomas y estolones (Villarias, 1992).

### 2.1.4. Morfología y fisiología de las malezas

Muchas especies de malezas poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les confieren una mayor capacidad competitiva. En ciertos casos, esto se debe a un sistema radicular más desarrollado, mientras que en otros se manifiesta en una mayor altura y superficie foliar. Además, algunas malezas optimizan la fotosíntesis de manera más eficiente, y una gran parte presenta un metabolismo de tipo C4 en lugar de C3. Esta particularidad les permite crecer con rapidez en ambientes de altas temperaturas y buena iluminación. Asimismo, ciertas especies pueden producir toxinas que inhiben o ralentizan el desarrollo de otras plantas (García y Fernández, 1991).

### 2.1.5. Daños que causan las malezas

Las dicotiledóneas, como *Amaranthus*, *Portulaca* y *Bidens*, se caracterizan por su crecimiento vigoroso, evidenciado en su desarrollo ramificado y en sus hojas de venación reticulada que se expanden sobre el cultivo. Esta característica puede influir en la eficiencia del proceso fotosintético (Morin, 1980).

Las malezas rivalizan con los cultivos por elementos fundamentales como agua, luz, nutrientes, espacio y dióxido de carbono. Asimismo, pueden causar interferencias a través de la alelopatía, un proceso en el que liberan sustancias químicas que influyen en el desarrollo de las plantas. (García y Fernández, 1991).

Se estima que la competencia reduce el rendimiento de las cosechas entre un 40 % y un 60 %, además de favorecer indirectamente la propagación de nematodos, patógenos e insectos, que pueden llegar a convertirse en plagas (Cerna, 1994).

### **2.1.6. De los métodos control de las malezas**

#### **a. Control manual**

Este es el método más antiguo y, en algunas circunstancias, su uso es indispensable. Esto sucede cuando factores como la elevación del terreno dificultan el empleo de maquinaria o cuando la abundante vegetación espontánea impide la aplicación de métodos mecánicos o químicos. No obstante, se trata de una técnica costosa y poco eficiente, ya que la limpieza del cultivo es temporal y la vegetación no deseada se reaparece rápidamente. Además, su implementación conlleva el riesgo constante de dañar los tallos de caña al ser cortados con las herramientas (Estrada, 2003).

#### **b. Control mecánico**

Se utiliza con frecuencia en los primeros meses de crecimiento, antes de aplicar herbicidas. Además de controlar las malas hierbas, cumple otras funciones como el aporque o desaporque de la caña, la creación del surco de riego y la incorporación de fertilizantes. Existen diversos tipos de implementos, siendo las discotecas las más comunes, aunque también se usan "ganchos" o picos, entre otros (Estrada, 2003).

#### **c. Control químico**

Se utiliza un químico sintético denominado herbicida, que actúa destruyendo las malezas. Su empleo se ve impulsado por la falta de trabajadores y los elevados gastos de gestión. Este método se aplica cuando las malas hierbas han colonizado en gran medida el cultivo de café (Rainero, 2007)

Se obtienen los mejores resultados cuando el control se realiza a tiempo. Cuando las intervenciones se hacen tarde, se vuelven ineficaces y costosas, ya que se necesita una mayor cantidad de producto y los resultados no son satisfactorios. En algunos casos, es necesario complementarlo con control manual para eliminar la flora espontánea cuyo tamaño dificulta el control químico o que es más resistente (Kogan y Pérez, 2003).

## **2.2. Herbicidas**

Un herbicida es una sustancia química que impide o ralentiza el crecimiento de las plantas. Su uso es común en la agricultura, la industria y entornos urbanos, ya que, cuando se emplea de manera adecuada, permite controlar eficazmente las malezas no deseadas a un costo accesible. (Peterson *et al.*, 2001).

La posibilidad de emplear métodos químicos en cultivos frutícolas es un sistema de cultivo sin labranza, consiguiendo así evitar el daño de raíces y conservar en varios casos la estructura del suelo en el huerto (Morin, 1980).

### **2.2.1. Concepto**

La palabra "herbicida" se forma a partir de la combinación de dos términos: "her", asociado a la hierba o vegetación, y "cida", que indica la acción de matar o eliminar. En términos generales, un herbicida es una sustancia química que impide, parcial o completamente, el crecimiento de las plantas, alterando sus procesos biológicos y, en muchas ocasiones, causando su muerte. (García y Fernández, 1991).

Un herbicida es una sustancia química con propiedades fitotóxicas utilizada para erradicar plantas no deseadas (malezas), impedir o modificar su desarrollo y perjudicar la brotación de sus semillas. Herbicidas son todas aquellas sustancias químicas que mediante contacto o bien por absorción foliar o radicular ejercen un efecto tóxico sobre las plantas hasta destruirlas. El principio activo, es el que realiza el efecto tóxico y se encuentra siempre acompañado de un compuesto inerte o complementario; inerte, aunque siempre coadyuvante, cuando se comporta solo como excipiente, complementario, en el caso de que realice una acción sinérgica o de aumento del efecto esperado (Gombes, 1993).

## **2.2.2. Modo y tipo de acción de los herbicidas**

### **a. Modo de acción de los herbicidas**

Según Duke y Dayan (2011), es el conjunto de procesos que tienen lugar desde que la planta absorbe el herbicida hasta que finalmente muere. Los herbicidas con el mismo mecanismo de acción tienen un comportamiento similar en su absorción y transporte, lo que causa síntomas parecidos en las plantas tratadas (Gusolus y Curran, 1996).

Se refiere a un concepto amplio que incluye la interacción completa de todas las respuestas anatómicas, fisiológicas y bioquímicas que se generan en una planta después de la aplicación de un herbicida. Este mecanismo comprende la absorción, penetración, translocación y, finalmente, el efecto del herbicida en su sitio de acción, lo que provoca la muerte de la planta (Pytty, 1995).

Para que un herbicida desarrolle su efecto fitotóxico de forma eficaz, es crucial que entre en contacto con la planta, sea asimilado y se desplace hacia el lugar donde actuará, produciendo cambios nocivos en los procesos vitales de la planta. El deseso de una planta puede ocurrir cuando se destruye un grupo de células vitales para su supervivencia, conocido como el "sitio de acción", que es donde el herbicida ejerce su efecto. Los herbicidas que se distribuyen a lo largo de toda la planta reciben el nombre de sistémicos, y necesitan moverse desde el lugar donde se aplican hasta los meristemos apicales o yemas, donde se concentran hasta llegar a niveles tóxicos. Las raíces, rizomas y tubérculos de las plantas no deseadas son ejemplos de áreas en las que diversos herbicidas ejercen su acción cuando se aplican sobre las hojas. (Cerna, 1994).

Cuando un herbicida entra en contacto con las malas hierbas, se producen diversas interacciones y reacciones que siguen una serie de etapas: inicialmente, el herbicida es absorbido o penetra en diferentes partes de la planta, como las hojas, raíces o brotes (coleótilo e hipocótilo). A continuación, se lleva a cabo la translocación, que consiste en el movimiento del herbicida dentro de la planta, desde el punto de absorción hasta las áreas donde ejerce su acción. Este proceso depende de la capacidad del herbicida para desplazarse a través de la planta, utilizando sistemas como el simplástico (bisepétalo),

apoplástico (acropétalo), aposimplástico y los espacios intercelulares (Gombes, 1993).

El proceso metabólico de los herbicidas en las plantas determina su selectividad, diferenciando entre cultivos y malezas o entre malezas resistentes y sensibles. Las plantas resistentes tienen la capacidad de neutralizar el herbicida rápidamente, impidiendo que se acumulen niveles perjudiciales de su ingrediente activo en el simplasto. Este proceso metabólico conlleva modificaciones que mejoran la solubilidad en agua y, en la mayoría de los casos, se vinculan con la conjugación con azúcares o aminoácidos (Gombes, 1993).

#### **a. Tipo de acción de los herbicidas**

Según su forma de acción, los herbicidas se clasifican en dos grupos:

1. **Herbicidas de contacto:** actúan únicamente sobre las partes de la planta con las que hacen contacto y tienen una movilidad interna limitada. Por esta razón, son empleados principalmente para el control de malezas anuales.
2. **Herbicidas sistémicos:** pueden aplicarse al follaje o al suelo, desde donde son absorbidos y transportados por toda la planta, alcanzando incluso las raíces y otras estructuras subterráneas.

Por esta razón, para más efectividad en malezas perennes se usa los los herbicidas sistémicos (Gusolus y Curran, 1996).

#### **2.2.3. Fundamento fisiológico y bioquímico de los herbicidas**

Los herbicidas son productos químicos creados para evitar el crecimiento y desarrollo de plantas vulnerables. Para que su efectividad sea óptima, deben cumplir ciertos requisitos: 1) entrar en contacto con la maleza a eliminar, 2) ser absorbidos por sus tejidos, 3) moverse dentro de la planta hasta los puntos de acción sin perder su eficacia, y 4) acumularse en niveles tóxicos adecuados en las áreas específicas de acción (Kogan y Pérez, 2003).

El modo de acción de los herbicidas hace referencia al punto específico en

el que el herbicida interactúa bioquímicamente. Sin embargo, algunos herbicidas no actúan sobre un solo sitio, sino que parecen involucrar procesos metabólicos generales. Los distintos lugares pueden tener diferentes niveles de vulnerabilidad frente a un herbicida específico. Aunque el área principal o más sensible puede ser la primera en verse afectada, la reacción inicial podría ser difícil de notar. Con el incremento de la concentración del herbicida, otros lugares menos sensibles también pueden sufrir efectos. En términos generales, cuando los herbicidas actúan sobre varios sitios de la planta, la combinación de estos efectos provoca la muerte de las especies susceptibles. De acuerdo con el conocimiento vigente, los herbicidas pueden afectar diversas áreas de la planta, lo que facilita su clasificación en ocho grupos. Estos grupos comprenden reguladores del crecimiento, inhibidores de la síntesis de lípidos, bloqueadores de la producción de aminoácidos, inhibidores de la fotosíntesis, agentes que desestabilizan las membranas celulares, supresores de pigmentos, inhibidores de la división celular y bloqueadores de la biosíntesis de celulosa (Kogan y Pérez, 2003).

#### **2.2.4. Relación herbicida - medio ambiente**

El suelo es fundamental para el desarrollo de las especies y la efectividad de los herbicidas. Su estado influye significativamente en la aparición y expansión de las malas hierbas. En suelos con alta humedad y/o partículas finas, la maleza crece de forma más rápida y abundante en comparación con aquellos que presentan una superficie seca y/o compacta. Es fundamental conocer la textura del suelo, el contenido de materia orgánica y el nivel de humedad para evaluar la viabilidad y la dosificación adecuada de algunos herbicidas residuales (García y Fernández, 1991).

Cuando se utiliza un herbicida, comienza una interacción entre el producto y el entorno que perdura hasta que el efecto del herbicida cesa y se desvanece. Esta interacción ocurre en diversos niveles, incluyendo la atmósfera, la superficie del suelo, el agua y el interior de la planta, y está marcada por dinámicas complejas. El entorno afecta la actividad y selectividad del herbicida, alterándolas y, por lo tanto, determinando su impacto en la planta. A su vez, esto permitirá el tránsito de ciertos materiales en función de su estructura, actividad bioquímica y otros aspectos. Esto guarda vinculo con las propiedades biológicas y fisicoquímicas del producto, su posición en la planta, entre otros aspectos, donde el entorno influye en los diversos procesos (Gombes, 1993).

Bajo condiciones constantes de uso, dosis, clima, suelo y otros factores, un herbicida actuará de manera prácticamente idéntica de forma continua. No obstante, si las condiciones ambientales varían, el comportamiento del herbicida podría modificarse de tal manera que los resultados no sean comparables en distintos entornos. El agrónomo y el agricultor deben tener en cuenta aspectos como la temperatura, la humedad, la cantidad de luz solar, el tipo de suelo, la relación entre el cultivo y las malezas, el viento, las características fisicoquímicas del herbicida, entre otros, con el fin de lograr efectos positivos al aplicar estos productos fitosanitarios (Gombes, 1993).

Los factores ambientales juegan un papel importante, ya que impactan la eficacia de los herbicidas. Aunque algunos de estos factores escapan al control humano, es esencial considerarlos para elegir el momento adecuado para aplicar los productos. La eficacia de los herbicidas está determinada por factores ambientales, como la humedad (ya sea del suelo, el rocío o la lluvia), la temperatura y el viento (Cerna, 1994).

#### **2.2.5. Selectividad de los herbicidas**

Algunas plantas, ya sean maleza o cultivos, pueden verse afectadas sin dañar a otras. La forma en que una planta responde a la aplicación de un herbicida indica su grado de susceptibilidad, lo cual puede ir desde una respuesta inexistente hasta cambios severos o incluso la muerte de la planta. Esta clasificación permite diferenciar las plantas (ya sean malezas o cultivos) en distintos grados de susceptibilidad: resistentes, tolerantes, moderadamente susceptibles y altamente susceptibles. La selectividad puede estar condicionada por diversos elementos, entre ellos: **Factores físicos y mecánicos**, como la aplicación dirigida, localizada, en parches o en banda, la incorporación al suelo, el uso de inyectores y protectores, la formulación del herbicida y el momento en que se aplica; **Factores anatómicos y morfológicos**, tales como la disposición de las hojas, el tamaño del área foliar, la presencia de cutículas gruesas, depósitos de cera, pilosidad en las hojas, cantidad de estomas y la localización de meristemas o yemas; **Hábito de crecimiento y factores fisiológicos** (detoxificación: por actividades metabólicas se rompen las moléculas del herbicida, produciendo compuestos inocuos o útiles para la planta; activación: capacidad de una planta para transformar metabólicamente un herbicida que no le causa daño alguno en otro compuesto que es letal; antídotos: sustancias que inhiben la acción

fitotóxica sobre determinadas plantas: permeabilidad selectiva de la membrana celular) (Gombes, 1993).

Varios factores de las plantas, como su etapa de desarrollo, edad, anatomía, morfología, fisiología, así como sus mecanismos bioquímicos y biofísicos, junto con aspectos hereditarios, influyen en la selectividad de ciertos herbicidas (García y Fernández, 1991).

### **2.2.6. Clasificación de los herbicidas**

Según Cerna (1994), los herbicidas pueden clasificarse de distintas maneras, de las que mencionamos 6 tipos de categorías.

#### **a. Clasificación según su grupo químico. Según (Cerna, 1994):**

##### **a.1. Compuestos inorgánicos**

- Ácidos.
- Sales.

##### **a.2. Componentes orgánicos**

- Compuestos no nitrogenados.

Ejemplo: Fenoxiacéticos: 2, 4 – D.

- Compuestos nitrogenados.

Ejemplo: Tiocarbamatos: Molinate.

- Amidas.
- Propanil.

##### **a.3. Misceláneo**

#### **b. Clasificación según su modo de acción. Según (Cerna, 1994).**

##### **b.1. Contacto**

##### **b.2. Sistémicos:**

- Simplásticos.

- Apoplásticos.
- Aposimplásticos.

**c. Clasificación según su aspecto de acción.** Según (Cerna, 1994).

**c.1.** Generales o totales (no selectivos).

**c.2.** Selectivos.

**d. Clasificación según época de aplicación.** Según (Cerna, 1994).

**d.1.** Pre-siembra: son todos los herbicidas que se aplican antes de sembrar el cultivo.

**d.2.** Pre-emergencia: son herbicidas que se aplican después de la siembra del cultivo, pero antes de que broten tanto el cultivo como las malezas.

**d.3.** Post-emergencia: son aquellos herbicidas que se aplican después de la emergencia del cultivo, cuando las malezas tienen de 15 a 20 cm de altura.

- Post-emergencia temprano. Cuando las malezas tienen de 2 - 5 cm de altura y tienen 2 a 3 hojas.

- Post-emergencia tardío. Cuando las malezas tienen una altura superior a 20 cm.

**e. Clasificación según el lugar de aplicación.** Según (Cerna, 1994).

**e.1.** Follaje.

**e.2.** Suelo.

**e.3.** Basal

**f. Clasificación según su forma de aplicación.** Según (Cerna, 1994).

**f.1.** Terrestres.

- Total.

- Banda.

**f.2.** Aérea.

## 2.3. Descripción de los herbicidas estudiados

### 2.3.1. Atrazina

**Grupo químico:** Triazinas

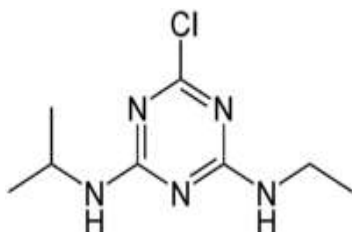
**Nombre químico:** 2 - cloro - 4 - (etilamina)-6-isopropilamino)-1, 3,5-triazina.

**Nombre común:** Atrazina

**Nombre comercial:** Atranex 50 SC.

**Fórmula empírica:** C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>ClN<sub>5</sub>

**Fórmula estructural:**



(Kogan y Pérez, 2003)

#### **Características fisicoquímicas**

Masa molecular : 215.7

Presión de vapor : 10 a 20 °C

Punto de fusión : 175 °C

Solubilidad : bajo

A medida que la presión de vapor aumenta, la solubilidad se reduce, lo que limita su movilidad dentro de la planta. Del mismo modo, un incremento en la presión de vapor favorece un aumento en la volatilidad (Chem, 2002).

**Modo de acción:** Se trata de un herbicida selectivo para el maíz, formulado para su aplicación en el suelo. Actúa de manera sistémica con movimiento acropétalo, proporcionando un control duradero sobre malezas gramíneas y de hoja ancha, tanto anuales como algunas perennes, en etapas de preemergencia y postemergencia.

Las malezas lo absorben mayormente por las raíces y, en menor grado, por las hojas. Se transporta de manera acropétala a través del xilema, concentrándose en los tejidos encargados de la fotosíntesis y en las áreas de crecimiento meristemático. Se puede emplear tanto antes como después de la emergencia, brindando un efecto residual duradero que varía según la textura del suelo, las condiciones climáticas y la cantidad utilizada. Para un control eficaz de las malezas, es fundamental contar con una adecuada humedad en el suelo. Impide el transporte de electrones y bloquea la reacción de Hill, lo que interfiere con la fotosíntesis. Sus efectos se manifiestan entre 10 y 15 días tras su aplicación. Según la clasificación de la HRAC, pertenece al grupo C1 de inhibidores de la fotosíntesis (Fotosistema II) y a la familia de las triazinas, con un riesgo de persistencia de bajo a medio (Pitty, 1995).

**Formulación:** Suspensión acuosa

**Dosis:** 1.5 a 3 L / ha

**Toxicidad:**

DL<sub>50</sub> Oral de i.a : 2540 mg/kg de peso vivo

DL<sub>50</sub> Oral formulado : 5080 mg/kg

Categoría toxicológica : Grupo IV

**Aplicación:**

**Momento:** Antes de la aparición del cultivo y la maleza, así como en las primeras etapas de pos-emergencia, cuando la maleza no supera los 4 cm de altura.

**Lugar:** Directamente sobre el suelo, asegurando que esté bien acondicionado, esponjoso y con la humedad necesaria.

**Método de aplicación terrestre:** Se deben utilizar aspersores instalados en un tractor, con un volumen de agua de 200 a 400 L/ha, una presión de 30 a 40 lb/pulg<sup>2</sup> y agitación constante. Se aconseja emplear boquillas Teejet 8003/04 y filtros con una malla de al menos 50. Para la aplicación manual, es importante mantener una presión y agitación uniformes, con un volumen de agua no menor a 60 L/ha. En el caso de la aplicación aérea, se deben usar boquillas SS6515 (26 por aeronave), colocadas con un ángulo de 135° en relación con la línea de vuelo y a una altura de 1.5 m sobre el cultivo. Se recomienda evitar la aplicación entre las 11:00 y las 15:00 horas.

**Precauciones:** En caso de intoxicación, se debe inducir el vómito de forma inmediata. Para ello, el paciente debe ingerir un vaso de agua tibia con una cucharada de sal o estimular su garganta con un dedo. Este procedimiento debe repetirse hasta que el líquido expulsado sea transparente. El tratamiento médico deberá ser sintomático (Gombes, 1993).

**Principales malezas que controla:**

a) Hojas angostas:

Cadillo            *Cenchrus echinatus.*

Carricillo        *Panicum fasciculatum.*

Pinto             *Echinochloa colonum.*

b) Hojas anchas:

Acahual          *Encelения mexicana.*

Calabacilla      *Sicyos angulata.*

Verdolaga      *Portulaca oleracea.*

### 2.3.2. Diuron

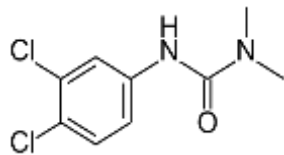
**Grupo químico:** ureas

**Nombre químico:** 3-(3,4-diclorofenil-1,1-dimetil urea)

**Nombre comercial:** Durex

**Formulación:** Gránulos dispersables (800 g de i.a. /kg)

**Formula estructural:**



(Kogan y Pérez, 2003)

**Modo de acción:** El compuesto es absorbido por las raíces desde el suelo y trasladado hacia las hojas, donde altera el proceso de fotosíntesis al bloquear la actividad clorofílica. Esto provoca que la planta consuma sus reservas de nutrientes hasta quedar sin energía, lo que finalmente causa su muerte. Los primeros síntomas incluyen un tono verde pálido, seguido de un progresivo amarillamiento y la aparición de zonas oscuras y necróticas. Al mezclarse con un surfactante, puede actuar tanto de forma sistémica como por contacto sobre la maleza en crecimiento (Pitty, 1995).

**Formulación:** gránulos dispensables

**Dosis:**

De 400 a 3200 g. de i.a./ha. (cultivos)

De 4000 a 8000 g de i.a./ha (áreas no agrícolas)

**Toxicidad:**

DL<sub>50</sub> oral de i.a. 3400 mg/kg (grupo III)

DL<sub>50</sub> oral formulado 4250 mg/kg (grupo III)

**Riesgos:** Para que una persona de 60 kg sufra un daño grave, tendría que ingerir 225 g. de i.a. ó 319 g. del formulado.

**Aplicación**

Periodo: Antes de la emergencia del cultivo y la maleza, así como en las primeras etapas posteriores a su brotación, cuando la maleza no supera los 5 cm de altura.

Lugar: El terreno debe estar correctamente preparado y contar con la humedad necesaria. Si la humedad es insuficiente, la siembra puede efectuarse a una profundidad máxima de 3 cm. La aplicación foliar debe enfocarse únicamente en la maleza, garantizando su cobertura total y evitando el rociado sobre las plantas ya establecidas, especialmente en ambientes con alta humedad y temperaturas superiores a 21°C.

Forma: El método terrestre consiste en el uso de aspersores manuales o instalados en un tractor, con un rango de volumen de agua de 200 a 800 L/ha. Se utilizan boquillas TK-50 y filtros con mallas de 50 o superiores. Además, se describe el método aéreo, que emplea un volumen de agua de entre 80 y 100 L/ha (Gómez de Barreda *et al.*, 1993).

**Cultivos utilizados:**

**a) Hojas anchas:**

Algodón                    *Gossypium hirsutum.*

Cítricos                    *Citrus sp.*

Vid                            *Vitis sp.*

**b) Hojas angostas:**

Caña de azúcar	<i>Saccharum sp.</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>
Sorgo	<i>Sorghum bicolor.</i>

**Malezas que controla:**

**a) Hojas Anchas:**

Calabacilla	<i>Cucurbita digitata.</i>
Chual cenizo	<i>Chenopodium album.</i>
Girasol	<i>Helianthus annuus.</i>

**b) Hojas angostas:**

Arrocillo	<i>Echinochloa colonum.</i>
Cadillo	<i>Cenchrus echinatus</i>
Salado	<i>Leptochloa filiformes.</i>

**2.3.3. Paraquat + Diuron**

**Grupo químico:** Paraquat (bipiridilos)

Diuron (úrea substituida)

**Nombre común:** Paraquat + Diuron

**Nombre químico:** Paracuat (ion de 1,1dimetil 4,4 bipiridilo en forma de cloruro de Paracuat). Diuron 3-(3,4 diclorafenil) - 1,1dimetil - urea.

**Composición química:** Paraquat equivalente a 200g de i.a./L

Diuron 100 g i.a./L

**Nombre comercial:** Gramocil

**Formulación:** Suspensión concentrada 200 g de Paraquat, 100 g de diuron/L de producto comercial.

**Modo de acción:** El efecto herbicida se genera mediante la formación de radicales peróxidos, los cuales dañan rápidamente la membrana celular y el citoplasma, lo que provoca el colapso de la estructura celular y, como resultado, la deshidratación total de los tejidos verdes (Pitty, 1995).

**El efecto sinérgico:** Ajuste en la tasa de fotosíntesis, disminuyendo la descomposición celular y optimizando la dispersión del Paraquat.

**Dosis:** Los cultivos de manzano, nogal, plátano, cítricos, durazno y caña de azúcar requieren de 2 a 3 L/ha, mientras que para el sorgo y el maíz la dosis varía entre 1.5 y 3 L/ha.

**Forma de aplicación:** Es crucial realizar la aspersion con exactitud, garantizando una cobertura completa de la maleza. Asegúrese de que las boquillas estén en óptimas condiciones y regule la altura del aspersor para asegurar una aplicación uniforme.

No aplique el producto sobre los tejidos tiernos de los cultivos. Aunque Gramocil no causa daños en la corteza madura, puede afectar las zonas verdes de las plantas. En árboles o arbustos establecidos, evite su uso en la corteza joven del tronco y en los tallos.

**Compatibilidad:** Se puede utilizar junto con herbicidas residuales y hormonales, pero su mezcla con productos de reacción alcalina no es aconsejable.

**Categoría toxicológica:** Categoría II: Peligro Moderado. Información complementaria.

**Fitotoxicidad:** El Gramocil es un herbicida de contacto de acción no selectiva que puede ser fitotóxico.

**Precauciones:** Tiene un tono azul verdoso y desprende un aroma intenso y desagradable. Para reducir el riesgo de intoxicaciones accidentales, es esencial tomar las precauciones adecuadas, como no ingerir alimentos mientras se manipulan, evitar la inhalación de sus vapores o la nube de aspersión y emplear equipos de protección personal apropiada. Asimismo, antes de comer, se aconseja quitarse la ropa contaminada y lavar con abundante agua las zonas de la piel que hayan estado expuestas (Vademécum Agrario, 2011-2012).

#### 2.3.4. Glifosato

El glifosato es un agente químico que se origina de la glicina, un aminoácido presente de forma natural. Su denominación surge de la fusión de los términos "glicina" y "fosfato", lo que hace alusión a la base conjugada de un ácido (Gonzales y Jaime, 2008).

Al ser aplicado, el Glifosato impide que las plantas produzcan aminoácidos aromáticos, lo que conduce a su muerte rápida. Este herbicida contiene glifosato como su principio activo y se comercializa bajo el nombre de Roundup, fabricado por Monsanto. Mediante la transgénesis con el género *Agrobacterium*, Monsanto patentó el proceso de resistencia al Glifosato, incorporando esta resistencia en la soja (Kaczewer, 2002).

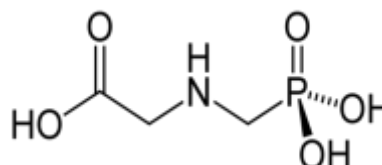
**Grupo químico:** Glicina

**Nombre común:** Glifosato

**Nombre químico:** N- (phosphonomethyl) glicina

**Composición química:** Sal de monoisopropalamina 41% p/p

**Fórmula estructural:**



(Kogan y Pérez, 2003)

**Nombre comercial:** Roundup, Glifonox 480 cs.

**Descripción del producto:** Este herbicida de acción sistémica, de efecto posemergente, no selectivo y no residual, pertenece al grupo de los compuestos derivados de la glicina. Se sugiere su aplicación en cultivos como café, plátano, banano, árboles frutales, palma africana, cítricos, cacao y en áreas no agrícolas. Además, se utiliza como regulador del crecimiento en la caña de azúcar y para el control eficiente de la mayoría de las malezas anuales y perennes, tanto de gramíneas como de plantas de hojas anchas.

**Modo de acción:** El compuesto es absorbido por los tejidos vegetales y transportado a través del floema hacia las zonas de crecimiento, como las hojas jóvenes y los meristemos, donde se acumula. En estas áreas, bloquea la acción de las enzimas mutasa, corismato sintasa y deshidratasa de la profenilalanina, interfiriendo en la síntesis de aminoácidos, ácidos nucleicos y proteínas. Dado que se inactiva en el suelo tras su aplicación, no genera residuos que perjudiquen futuras siembras ni afecten las raíces de los cultivos ya establecidos. Las plantas afectadas muestran síntomas de clorosis, que progresan a necrosis, y finalmente mueren, incluso las perennes.

Es un herbicida sistémico de acción no selectiva que combate malezas anuales y perennes en la etapa posterior a la emergencia. Se absorbe principalmente por las hojas y se traslada a toda la planta a través del floema, alcanzando también los órganos subterráneos. Al entrar en contacto con el suelo, su eficacia se reduce y no impacta a las semillas. Su acción se basa en la inhibición de la enzima EPSP (5-enopiruvilshiquimato-3-fosfato sintasa), encargada de la síntesis de aminoácidos aromáticos esenciales y otros compuestos clave, como la lignina, los fenoles y el ácido indolacético (Kaczewer, 2002).

La toxicidad del Glifonox se debe a su capacidad para inhibir la síntesis de proteínas. Se absorbe a través de la cutícula foliar y se desplaza por toda la planta, desde el sitio de aplicación hasta las raíces. El movimiento dentro de la planta ocurre principalmente a través del simplasto, acumulándose en los tejidos en crecimiento, como los meristemos y las hojas jóvenes. Los primeros indicios de daño, como marchitez, amarillamiento y deterioro de las estructuras subterráneas (raíces, rizomas y tubérculos), se

manifiestan entre 4 y 6 días en malezas anuales y entre 8 y 10 días en malezas perennes. Tras su aplicación, el crecimiento se detiene de inmediato, seguido de clorosis generalizada y necrosis en las hojas. Además, las bajas temperaturas pueden retrasar la aparición de estos efectos (Kaczewer, 2002).

El glifosato actúa como herbicida al inhibir la enzima enol-piruvilshikimato-fosfato sintetasa (EPSPS), lo que detiene la producción de tres aminoácidos aromáticos necesarios para el desarrollo y supervivencia de las plantas. Dado que los animales no poseen la ruta metabólica del ácido shikímico, su toxicidad aguda es mínima. Aunque el glifosato puede afectar ciertas funciones enzimáticas en animales, los signos de intoxicación solo aparecen con dosis extremadamente altas. No obstante, los productos que contienen glifosato suelen incluir otros componentes que pueden ser tóxicos (Kaczewer, 2002).

**Dosis:** La dosis varía entre 1 y 5 L/ha, dependiendo de la concentración del ingrediente activo.

**Forma de aplicación:** El producto debe utilizarse cuando las malezas ya han emergido y han llegado a un estado de desarrollo óptimo, el cual difiere dependiendo de la especie. Una vez aplicado, se desactiva en el suelo, evitando la acumulación de residuos que perjudiquen siembras posteriores y sin ser absorbido por las raíces.

Las precipitaciones dentro de las seis horas posteriores a la aplicación pueden disminuir la efectividad del producto. En particular, un aguacero en las primeras dos horas puede arrastrar una cantidad significativa, lo que podría requerir una nueva aplicación para garantizar su eficacia. Para reducir estas pérdidas, CrystalChemical recomienda el uso de MezclaFix, un agente adherente y penetrante que mejora la fijación y absorción del producto.

Es posible utilizar la mayoría de las bombas de mochila o de aguilón, siempre que cuenten con boquillas de baja descarga y abanico plano vertical, como los modelos TJ8001, TJ8002 y TJ11002. Para aplicaciones con tractor, se recomienda emplear boquillas de abanico plano, como los modelos TJ8003 y TJ8004.

**Compatibilidad:** El glifosato no es compatible con herbicidas residuales como las ureas sustituidas, triazinas y herbicidas hormonales, entre ellos los bipyridilos, fenóxidos y los derivados del arsénico. Su combinación con otros herbicidas puede disminuir su efectividad.

**Toxicidad:**

LD<sub>50</sub> oral aguda en ratas > 5.600 mg/kg.

LD<sub>50</sub> dermal en conejo > 5.000 mg/kg

**Categoría toxicológica:** Categoría III, ligeramente peligroso "Cuidado"

**Fitotoxicidad:** El producto no presenta toxicidad para el cultivo si se utiliza según las dosis indicadas; sin embargo, es fundamental tener en cuenta que, al ser un herbicida, el contacto con cultivos susceptibles podría ocasionar daños irreparables.

**Precauciones:** Es aconsejable llevar ropa apropiada al aplicar el producto. No consuma alimentos mientras esté manipulándolo. Al terminar, realice un lavado exhaustivo con abundante agua. Guarde el producto en su envase original y evite almacenarlo o transportarlo junto con alimentos.

#### 2.4. Ensayos con herbicidas en Tingo María

Entre los mejores tratamientos de herbicidas estudiados para áreas libres tenemos:

Se recomienda utilizar Roundup (Glifosato) con una dosis de 4 L/ha (Montoya, 1977).

El uso de Gramoxone a una dosis de 2 L/ha, aplicado cada 25 días durante un período de 3 meses, proporciona un control efectivo de las gramíneas perennes (89,9%), aun en condiciones climáticas desfavorables (Ramos, 1986).

El Paraquat (3 L/ha), controla malezas en forma inicial hasta los 21 días después de su aplicación, El glifosato (2 L/ha) presenta un 47.9% de regeneración hasta los 90 días después de su aplicación, alcanzando un control del 50% (Vargas, 2013).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar y periodo del experimento**

Este trabajo de investigación se realizó en el fundo Callampampa, situado en el distrito de Conchucos, en la provincia de Pallasca, departamento de Ancash. El fundo es de propiedad del Instituto Superior Tecnológico Narciso Villanueva Manzo y se utiliza para cultivos agrícolas de temporada. La investigación se desarrolló a lo largo de cuatro meses, desde octubre de 2008 hasta enero de 2009.

Coordenadas UTM:

9085067S, 186015W 18L

Altitud: 3410 msnm.

#### **3.2. Historia del campo experimental**

El fundo Callampampa, con una extensión de 15 hectáreas, es propiedad del Instituto Superior Tecnológico Narciso Villanueva Manzo. Este fundo se dedica a actividades tanto pecuarias como agrícolas, incluyendo la crianza de truchas, cuyes, así como de ganado vacuno y ovino. En las áreas agrícolas se cultivan anualmente: papa, zanahoria, betarraga, col, habas, trigo, cebada.

Precipitación promedio anual : 600-800 mm.

Temperatura promedio : 14 °C

Humedad relativa : 30 %

#### **3.3. Características del terreno**

El fundo Callampampa tiene una extensión de 15 ha y una topografía ligeramente accidentada aproximadamente con una pendiente de 10 %, tiene una fuente de agua natural subterránea que brota de las profundidades del suelo (puquio) se realiza el riego en los cultivos por gravedad.

#### **3.4. Condiciones climáticas**

**Tabla 1.** Registros climáticos durante la realización del experimento.

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm/mes)
	Max.	Med.	Min.	
Octubre	22.0	14.0	5.8	102.2
Noviembre	18.0	11.5	5.4	57.8
Diciembre	15.6	10.5	5.5	62.1
Enero	17.0	10.5	4.0	103.9
Anual	21.0	13.2	5.6	818.3

Fuente: SENAMHI – Huaráz (2008)

### 3.5. Análisis de suelo

**Tabla 2.** Evaluación físico-química del suelo en el campo experimental.

Parámetro	Valor	Método empleado
<b>Análisis físico</b>		
Arena (%)	23.00	Bouyocos o hidrómetro
Limo (%)	34.00	Bouyocos o hidrómetro
Arcilla (%)	43.00	Bouyocos o hidrometro
Clase textural	Arcilloso	Triángulo textural
<b>Análisis químico</b>		
pH en agua	7.40	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	3.30	Walkey –Black
Nitrógeno (%)	0.15	% M.O (Fac.0.045)
P disponible(pmm)	8.23	Olsen modificado
K <sub>2</sub> O disponible(pmm)	360.00	Ácido sulfúrico
Ca + Mg (cml+)/100gr)	4.50	EDTA, versenato

Fuente: Laboratorio de Suelos de la UNAS

### 3.6. Presencia de malezas en el campo experimental

En la parcela donde se llevó a cabo el experimento, se encontró que el 14 % de las malezas correspondían a hojas anchas y el 86 % a hojas angostas. Además, se identificaron

todas las especies de malezas presentes y se determinó el porcentaje de infestación de cada una. El kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) resultó ser la maleza más predominante.

### 3.7. Componentes en estudio

#### a. Malezas

Porcentaje de invasión de malezas:

- Malezas de hoja ancha
- Malezas de hoja angosta

#### b. Productos

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Nombre comercial</b>
Atrazina	Atranex
Diuron	Durex
Glifosato	Roundup 480 cs
Paraquat y Diuron	Gramocil

### 3.8. Tratamiento en estudio

**Tabla 3.** Descripción de los tratamientos

<b>Clave</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis de aplicación</b>	
		<b>L/ha</b>	<b>ml/parcela experimental</b>
T <sub>1</sub>	Gramocil	3L	6 ml
T <sub>2</sub>	Gramocil	4 L	8 ml
T <sub>3</sub>	Glifosato	2L	4 ml
T <sub>4</sub>	Glifosato	3L	6 ml
T <sub>5</sub>	Glifosato	4L	8 ml
T <sub>6</sub>	Glifosato + Diuron	2 L + 1 kg	4 ml + 2 g
T <sub>7</sub>	Glifosato + Diuron	3 L + 1 kg	6 ml + 2 g
T <sub>8</sub>	Glifosato + Diuron	4 L + 1 kg	8 ml + 2 g

T <sub>9</sub>	Glifosato + Atrazina	2 L + 1 L	4 ml + 2 ml
T <sub>10</sub>	Glifosato + Atrazina	3 L + 1 L	6 ml + 2 ml
T <sub>11</sub>	Glifosato + Atrazina	4 L + 1 L	8 ml + 2 ml
T <sub>12</sub>	Testigo (sin control)		

**Tabla 4.** Porcentaje de malezas identificadas al momento de la ejecución del experimento.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cobertura (%)
<b>Hoja ancha:</b>			14%
“Llantén”	<i>Plantago major</i> L.	Plantaginaceae	4
“Achicoria”	<i>Picrosia longifolia</i> Don.	Asteraceae	1
“Acelga”	<i>Beta</i> sp.	Brassicaceae	2
“Trébol nativo”	<i>Trifolium pratense</i>	Fabodidae	2
“Trébol rojo”	<i>Trifolium</i> sp.	Fabodidae	2
“Trébol blanco”	<i>Trifolium repens</i>	Fabodidae	2
“Verbena”	<i>Verbena officinalis</i> L	Verbenaceae	1
<b>Hoja angosta:</b>			86%
“Gramma blanca”	<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	7
“Kikuyo”	<i>Pennisetum clandestinum</i> .	Poaceae	75
“Kikuyo inglés”	<i>Pennisetum</i> sp.	Poaceae	4
<b>Total</b>			100%

### 3.9. Diseño experimental

Se adoptó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 12 tratamientos y 4 repeticiones. Para comparar los promedios, se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 5.** Esquema del análisis de variancia (ANVA).

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloques	r-1	3

Tratamientos	t-1	11
Error experimental	(r-1)(t-1)	33
Total	rt-1	47

**Modelo aditivo lineal:**

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Es el valor observado en la unidad experimental del j - ésimo bloque a la cual se lo aplicó el i - enésimo tratamiento.

U = Es el efecto de la media general.

$T_i$  = Es el efecto de la i - ésimo tratamiento.

B = Es el efecto de la j- ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = Es el efecto aleatorio del error experimental de la unidad experimental del j - ésimo bloque a la cual se le aplico el i - ésimo tratamiento.

Para:

i = 1, 2, 3,...,12 tratamientos

j = 1, 2, 3, 4 repeticiones

**3.10. Características del campo experimental**

**a. Bloque**

Número	4
Largo	60.00 m.
Ancho	4.00 m.
Distancia entre bloque	1.00 m
Área total del bloque	240.00 m <sup>2</sup>

**b. Parcela**

Número	48
Largo	5.00 m.
Ancho	4.00 m.
Área total de parcela	20.00 m <sup>2</sup>
Área parcela neta	1.00 m <sup>2</sup>

**c. Dimensiones del campo experimental**

Largo	60.00 m.
Ancho	19.00 m.
Distancia entre bloque	1.00 m.
Área total del experimento	1140.00 m <sup>2</sup>

**3.11. Ejecución del experimento**

**a. Demarcación del campo experimental**

La parcela experimental se delimitó siguiendo las especificaciones del croquis, empleando winchas y estacas previamente acondicionadas.

**b. Identificación de las malezas en el campo experimental**

Con el fin de identificar las malezas, se recolectaron y realizaron procesos de herborización de las especies presentes en la parcela experimental. Luego, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de biología de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la UNAS. La identificación de las malezas se llevó a cabo con la asistencia del Blgo. M.Sc. José Kalion Guerra Lú, docente de dicha facultad en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

**c. Muestreo de suelo**

Una vez demarcado el lote experimental en bloques y parcelas se realizó un muestreo en zig-zag a 20 cm de profundidad, para obtener una muestra representativa de ocho sub-muestras del campo experimental; obteniendo como muestra final 1 kg.

**d. Equipo utilizado**

Se empleó un pulverizador de mochila con una capacidad de 20 litros de capacidad, equipada con una boquilla TEE-JET 8002, diseñada para la aplicación de herbicidas sistémicos y de doble acción.

**e. Calibración del equipo**

La investigación se realizó en la zona asignada del campo experimental, donde el equipo fue cargado de acuerdo con la dosis establecida para cada tratamiento. Esto permitió asegurar una distribución homogénea del agua en la parcela, manteniendo una velocidad, presión y altura de la boquilla constantes en relación con el suelo.

**f. Preparación de la dosis**

El procedimiento se llevó a cabo en el mismo contenedor, es decir, en la misma bomba de mochila. Primero, se agregó la cantidad correspondiente de agua, seguida de la dosis exacta de cada herbicida. Finalmente, se agitó bien la mezcla para garantizar su uniformidad.

Es relevante destacar que, después de cada aplicación, se llevó a cabo el enjuague del material utilizado y los recipientes empleados.

**3.12. Aplicación de los herbicidas**

Los herbicidas se aplicaron 20 días después de haber uniformado las malezas en el campo experimental, cuando los nuevos brotes alcanzaron los 5 cm de altura, lo que se considera nocivo para los cultivos, especialmente en el caso de las hortalizas. Luego del proceso de uniformizado o corte, se utilizó el equipo seleccionado, teniendo en cuenta aspectos clave como la altura, la presión del agua, la velocidad constante de aplicación, el momento oportuno y las condiciones meteorológicas. Además, se aseguró una mezcla

continua de la solución para prevenir la acumulación de sedimentos, lo cual podría atascar las boquillas y perjudicar la distribución homogénea.

### 3.13. Determinación del efecto fitotóxico de control

Las valoraciones se realizaron a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación. Para esto, se empleó el procedimiento visual junto con la escala proporcionada por la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM), que se muestra a continuación.

<b>Índice de control (%)</b>	<b>Denominación</b>
00 – 40	Ninguno o pobre
41 – 60	Regular
61 – 70	Eficiente
71 – 80	Bueno
81 – 90	Muy bueno
91 – 100	Excelente (ALAM, 1974)

Se refiere al método cualitativo y al nivel de eficacia del control, evaluado a través de un rango de medición observado de manera visual.

### 3.14. Determinación del efecto residual

Se evaluaron a los 75, 90 y 105 días posteriores a la aplicación, con el propósito de medir el nivel de control de las plantas indeseadas. Se registró el período transcurrido desde el momento de la aplicación hasta que surgieron nuevas malezas o rebrotes. Es importante señalar que el rebrote está inversamente relacionado con el poder residual: cuando el control alcanza el 100%, el poder residual es igual a 0%.

### 3.15. Determinación del análisis económico

Se estimaron los gastos de implementación considerando todos los tratamientos, su vínculo con el efecto residual, la cantidad de jornales requeridos y, por último, el costo de cada tratamiento. Este se calcula sumando el costo total de los insumos y los jornales de

aplicación, y dividiendo ese total entre la duración del efecto residual en días. El valor resultante refleja el costo por día y por hectárea de cada tratamiento.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Efecto de control

La Tabla 6 muestra los datos expresados en porcentaje, evidenciando que, a los 15, 30, 45 y 60 días tras la aplicación de los tratamientos, no se observaron diferencias significativas en el efecto de los bloques. No obstante, se identificaron diferencias altamente significativas en el efecto de los tratamientos. Los resultados muestran que la eficacia de los herbicidas en el control de malezas varió, como se observa en la Figura 1. Los coeficientes de variabilidad, que fueron de 24.295 %, 14.865 %, 14.279 % y 11.731 % para los porcentajes de control a los 15, 30, 45 y 60 días, respectivamente, se consideran aceptables dado el contexto en el que se llevó a cabo el experimento.

En la Tabla 7 y la Figura 1 se expone la comparación de promedios respecto al porcentaje de control de malezas, en la cual:

Transcurridos 15 días desde la aplicación de los tratamientos, se observa una diferencia estadística significativa entre ellos. Los tratamientos T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L/ha) y T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L/ha) lograron los mayores niveles de control, sin diferencias estadísticas entre sí, con eficacias del 39.00 % y 37.75 %, respectivamente. Estos tratamientos se destacaron significativamente frente a los demás.

Después de 30 días, los tratamientos que mostraron mayor efectividad en el control fueron T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L/ha), con un 59.75 %, y T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L/ha), con un 58.00 %. Este último no presentó diferencias significativas en comparación con el tratamiento T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L/ha), que alcanzó un 56.50 % de control.

**Tabla 6.** Síntesis del análisis de varianza del control porcentual a los 15, 30, 45 y 60 días tras la aplicación de los tratamientos.

Fuente variación	Cuadrados medios								
	Días después de la aplicación de los tratamientos								
	G.L.	A los 15		A los 30		A los 45		A los 60	
Bloques	3	2.632	N.S	0.722	N.S	1.944	N.S	3.188	N.S
Tratamientos	11	610.657	A.S	998.242	A.S	1215.500	A.S	770.597	A.S
Error experimental	33	2.162		2.965		2.384		1.142	
Total	47								
C.V. (%)		24.295		14.865		14.279		11.731	

N.S = No existe significación estadística.

A.S = Altamente significativo.

**Tabla 7.** Análisis de medias con la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) del porcentaje de control evaluado a los 15, 30, 45 y 60 días posteriores a la aplicación de los tratamientos.

Días después de la aplicación de los tratamientos											
15 días			30 días			45 días			60 días		
T <sub>11</sub>	39.00	a	T <sub>11</sub>	59.75	a	T <sub>11</sub>	74.50	a	T <sub>11</sub>	60.00	a
T <sub>10</sub>	37.75	a	T <sub>10</sub>	58.00	a b	T <sub>10</sub>	57.00	b	T <sub>10</sub>	45.75	b
T <sub>2</sub>	33.50	b	T <sub>2</sub>	56.50	b	T <sub>8</sub>	52.75	c	T <sub>8</sub>	45.75	b
T <sub>8</sub>	32.25	b c	T <sub>9</sub>	54.00	c	T <sub>9</sub>	49.50	d	T <sub>9</sub>	40.00	c
T <sub>9</sub>	30.75	c	T <sub>8</sub>	52.50	c d	T <sub>7</sub>	46.75	e	T <sub>2</sub>	38.50	c d
T <sub>7</sub>	28.50	d	T <sub>7</sub>	50.75	d	T <sub>2</sub>	44.75	e f	T <sub>7</sub>	37.50	d e
T <sub>6</sub>	28.00	d	T <sub>5</sub>	50.50	d	T <sub>5</sub>	42.75	f g	T <sub>6</sub>	36.50	e f
T <sub>1</sub>	25.25	e	T <sub>6</sub>	46.50	e	T <sub>6</sub>	41.50	g h	T <sub>1</sub>	35.25	f
T <sub>5</sub>	14.25	f	T <sub>1</sub>	43.25	f	T <sub>1</sub>	40.25	h	T <sub>5</sub>	33.00	g
T <sub>4</sub>	11.75	g	T <sub>4</sub>	42.50	f	T <sub>3</sub>	35.50	i	T <sub>4</sub>	33.00	g
T <sub>3</sub>	9.75	g	T <sub>3</sub>	41.75	f	T <sub>4</sub>	33.75	i	T <sub>3</sub>	32.00	g
T <sub>12</sub>	0.00	h	T <sub>12</sub>	0.00	g	T <sub>12</sub>	0.00	h	T <sub>12</sub>	0.00	h

Tratamientos unidos por la misma letra en columna, no existe significación estadística.

T<sub>1</sub> = Gramocil (3 L/ha.)

T<sub>4</sub> = Glifosato (3 L/ha.)

T<sub>7</sub> = Glifosato + Diuron (3 L + 1 kg/ha.)

T<sub>10</sub> = Glifosato + Atrazina (3 L + 1 L /ha.)

T<sub>2</sub> = Gramocil (4 L/ha.)

T<sub>5</sub> = Glifosato (4L/ha.)

T<sub>8</sub> = Glifosato + Diuron (4 L + 1 kg/ha.)

T<sub>11</sub> = Glifosato + Atrazina (4 L + 1 L /ha.)

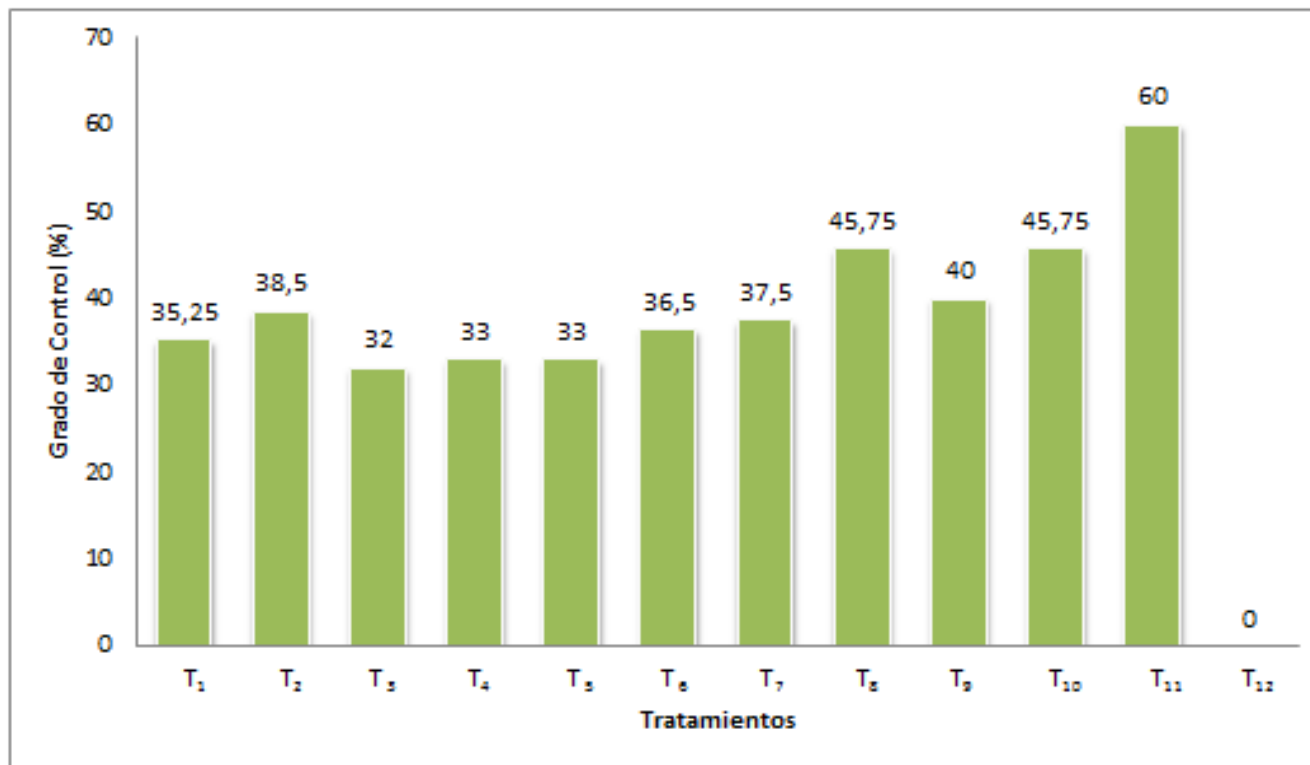
T<sub>3</sub> = Glifosato (2 L/ha.)

T<sub>6</sub> = Glifosato + Diuron (2 L + 1 kg/ha.)

T<sub>9</sub> = Glifosato + Atrazina (2 L + 1 L /ha.)

T<sub>12</sub> = Testigo absoluto

T<sub>1</sub> = Gramocil (3 L/ha.)    T<sub>4</sub> = Glifosato (3 L/ha.)    T<sub>7</sub> = Glifosato + Diuron (3 L + 1 kg/ha.)    T<sub>10</sub> = Glifosato + Atrazina (3 L + 1 L/ha.)  
 T<sub>2</sub> = Gramocil (4 L/ha.)    T<sub>5</sub> = Glifosato (4 L/ha.)    T<sub>8</sub> = Glifosato + Diuron (4 L + 1 kg/ha.)    T<sub>11</sub> = Glifosato + Atrazina (4 L + 1 L/ha.)  
 T<sub>3</sub> = Glifosato (2 L/ha.)    T<sub>6</sub> = Glifosato + Diuron (2 L + 1 kg/ha.)    T<sub>9</sub> = Glifosato + Atrazina (2 L + 1 L/ha.)    T<sub>12</sub> = Testigo absoluto



**Figura 1.** Grado de control de maleza a los 60 días. Datos originales

A los 45 y 60 días, el tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L/ha) evidenció un mayor efecto de control en comparación con los otros tratamientos, mostrando diferencias estadísticamente significativas.

En la Figura 1 se ilustran los distintos grados de control de malezas observados 60 días después de aplicar los tratamientos.

#### **4.2. Poder residual de los tratamientos**

La Tabla 8 muestra que no hay diferencias significativas en el efecto de los bloques, mientras que en los tratamientos se observan diferencias altamente significativas. Los coeficientes de variación, de 14.758 %, 23.752 % y 24.32 %, se consideran adecuados para las condiciones en las que se realizó el experimento.

En la Tabla 9 se muestra la comparación de medias respecto al poder residual de los distintos tratamientos. La efectividad residual de los herbicidas se evaluó a partir de la presencia de rebrotes de malezas. A los 75 y 90 días posteriores a su aplicación, se evidenció una reducción significativa en su persistencia, lo que favoreció la reaparición de malezas. Transcurridos 105 días desde la aplicación, los tratamientos T<sub>6</sub> (Glifosato 2 L/ha + Diuron 1 Kg/ha), T<sub>5</sub> (Glifosato 4 L/ha), T<sub>4</sub> (Glifosato 3 L/ha), T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L/ha), T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L/ha) y T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L/ha) habían perdido su efecto residual. En cambio, los tratamientos T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L/ha + Atrazina 4 L/ha) y T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L/ha + Atrazina 1 L/ha) mantuvieron una mayor persistencia, mostrando diferencias estadísticas tanto entre ellos como en relación con los demás tratamientos.

La Figura 2 ilustra el efecto del poder residual, evaluado 105 días después de la aplicación de los tratamientos.

**Tabla 8.** Síntesis del análisis de varianza del porcentaje de residualidad a los 75, 90 y 105 días tras de la aplicación de los tratamientos.

Fuente variación	Cuadrados medios						
	Días después de la aplicación de los tratamientos						
	G.L.	A los 75		A los 90		A los 105	
Bloques	4	5.569	N.S	1.243	N.S	0.139	N.S
Tratamientos	6	527.052	A.S	305.188	A.S	161.765	A.S
Error experimental.	24	1.340		0.789		0.124	
Total	34						
C.V. (%)		14.758		23.752		24.32	

N.S. = No existe significación estadística.

N.S. = Altamente significativo.

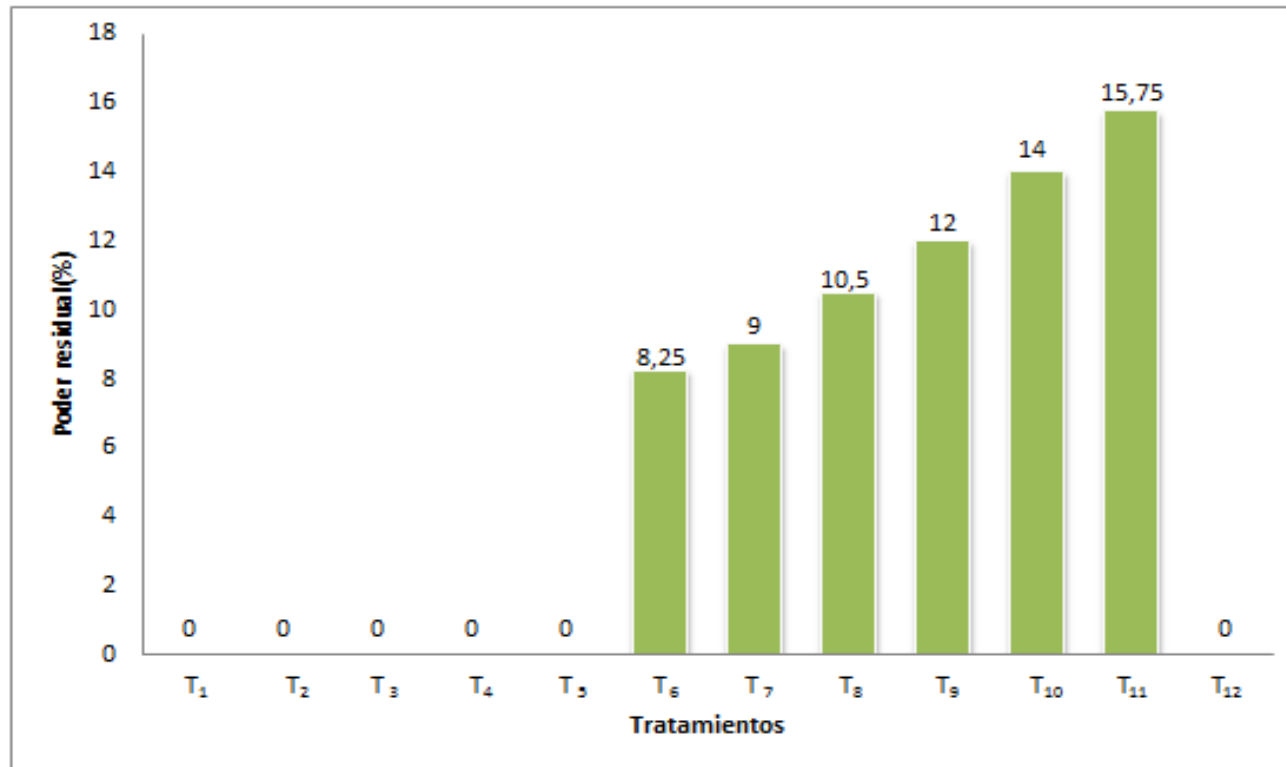
**Tabla 9.** Análisis de medias del poder residual a los 75, 90 y 105 días posteriores a la aplicación de los tratamientos, utilizando la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).

			Días después de la aplicación de los tratamientos					
75 días			90 días			105 días		
T <sub>11</sub>	42.50	a	T <sub>11</sub>	24.75	a	T <sub>11</sub>	15.75	a
T <sub>10</sub>	41.50	a	T <sub>10</sub>	23.50	a b	T <sub>10</sub>	14.00	b
T <sub>8</sub>	39.25	b	T <sub>8</sub>	22.50	b	T <sub>9</sub>	12.00	c
T <sub>7</sub>	35.75	c	T <sub>9</sub>	22.25	b c	T <sub>8</sub>	10.50	d
T <sub>9</sub>	35.25	c	T <sub>7</sub>	21.00	c d	T <sub>7</sub>	9.00	e
T <sub>2</sub>	34.50	c d	T <sub>6</sub>	20.00	d	T <sub>6</sub>	8.25	f
T <sub>5</sub>	33.00	d e	T <sub>2</sub>	14.75	e	T <sub>5</sub>	0.00	g
T <sub>4</sub>	32.00	e f	T <sub>5</sub>	12.50	f	T <sub>4</sub>	0.00	g
T <sub>1</sub>	31.00	f g	T <sub>1</sub>	10.25	g	T <sub>1</sub>	0.00	g
T <sub>3</sub>	29.50	g	T <sub>4</sub>	4.50	h	T <sub>3</sub>	0.00	g
T <sub>6</sub>	22.25	h	T <sub>3</sub>	3.25	h	T <sub>2</sub>	0.00	g
T <sub>12</sub>	0.00	i	T <sub>12</sub>	0.00	i	T <sub>12</sub>	0.00	g

Entre tratamientos unidos por la misma letra en columna, no existe significación estadística.

T<sub>1</sub> = Gramocil (3 L/ha.)    T<sub>4</sub> = Glifosato (3 L/ha.)    T<sub>7</sub> = Glifosato + Diuron (3 L+1 kg/ha.)    T<sub>10</sub> = Glifosato + Atrazina (3 L+1 L/ha.)  
T<sub>2</sub> = Gramocil (4 L/ha.)    T<sub>5</sub> = Glifosato (4 L/ha.)    T<sub>8</sub> = Glifosato + Diuron (4 L+1 kg/ha.)    T<sub>11</sub> = Glifosato + Atrazina (4 L+1 L/ha.)  
T<sub>3</sub> = Glifosato (2 L/ha.)    T<sub>6</sub> = Glifosato + Diuron (2 L + 1 Kg/ha.)    T<sub>9</sub> = Glifosato + Atrazina (2 L+1 L/ha.)    T<sub>12</sub> = Testigo absoluto

T<sub>1</sub> = Gramocil (3 L/ha.)    T<sub>4</sub> = Glifosato (3 L/ha.)    T<sub>7</sub> = Glifosato + Diuron (3 L+1 kg/ha.)    T<sub>10</sub> = Glifosato + Atrazina (3 L+1 L/ha.)  
 T<sub>2</sub> = Gramocil (4 L/ha.)    T<sub>5</sub> = Glifosato (4 L/ha.)    T<sub>8</sub> = Glifosato + Diuron (4 L+1 kg/ha.)    T<sub>11</sub> = Glifosato + Atrazina (4 L+1 L/ha.)  
 T<sub>3</sub> = Glifosato (2 L/ha.)    T<sub>6</sub> = Glifosato + Diuron (2 L + 1 Kg/ha.)    T<sub>9</sub> = Glifosato + Atrazina (2 L+1 L/ha.)    T<sub>12</sub> = Testigo absoluto



**Figura 2.** Efecto del poder residual a los 105 días. Datos originales.

### **4.3. Análisis económico o relación beneficio - costo**

La Tabla 10 presenta un desglose de los costos de los herbicidas y la mano de obra por hectárea para cada tratamiento. Para determinar el poder residual, se tomó en cuenta el día en que este dejó de tener efecto. La aplicación de los herbicidas se llevó a cabo en una hectárea de terreno infestado, con un requerimiento de dos jornales de 8 horas diarias cada uno.

Del mismo modo, con propósito de investigación, se evaluaron todos los tratamientos para calcular sus costos de aplicación y luego vincularlos con el poder residual.

Los tratamientos T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L), T<sub>8</sub> (Glifosato 4 L + Diuron 1 kg), T<sub>7</sub> (Glifosato 3 L + Diuron 1 kg) y T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L) fueron los que registraron los costos de control más altos, con valores de S/. 1.619, 1.504, 1.313 y 1.285 por día de control, respectivamente.

Por otro lado, los tratamientos T<sub>5</sub> (Glifosato 4 L), T<sub>6</sub> (Glifosato 2 L + Diuron 1 kg), T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) y T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L) presentaron costos intermedios en relación con los demás tratamientos, con valores de S/. 1.123, 1.131, 1.183 y 1.016 por día de control, respectivamente.

Finalmente, los tratamientos T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L), T<sub>9</sub> (Glifosato 2 L + Atrazina 1 L) y nuevamente T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L) mostraron los costos de tratamiento más bajos, con montos de S/. 0.704, 0.823 y 0.914 por día de control, respectivamente.

**Tabla 10.** Estudio económico de los tratamientos analizados.

Clave	Precio del producto por tratamiento (S/.)	Mano de obra (jornal)	Precio de mano de obra (S/.)	Costo total (S/.)	Potencial de control (%)	Poder residual	Costo de tratamientos S/. Por día de control.
T <sub>1</sub>	35(3)	2	15	135	43.25	105	1.285
T <sub>2</sub>	35(4)	2	15	170	56.50	105	1.619
T <sub>3</sub>	22(2)	2	15	74	41.75	105	0.704
T <sub>4</sub>	22(3)	2	15	96	42.50	105	0.190
T <sub>5</sub>	22(4)	2	15	118	50.50	105	1.123
T <sub>6</sub>	22(2) + 55(1)	2	15	129	46.50	114	1.131
T <sub>7</sub>	22(3) + 55(1)	2	15	151	50.75	115	1.313
T <sub>8</sub>	22(4) + 55(1)	2	15	173	52.50	115	1.504
T <sub>9</sub>	22(2) + 24(1)	2	15	98	54.00	119	0.823
T <sub>10</sub>	22(3) + 24(1)	2	15	120	58.00	118	1.016
T <sub>11</sub>	22(4) + 24(1)	2	15	142	74.50	120	1.183
T <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	0

T<sub>1</sub> = Gramocil (3 L/ha.)

T<sub>4</sub> = Glifosato (3 L/ha.)

T<sub>7</sub> = Glifosato + Diuron (3 L + 1 Kg/ha.)

T<sub>10</sub> = Glifosato + Atrazina (3 L + 1 L /ha.)

T<sub>2</sub> = Gramocil (4 L/ha.)

T<sub>5</sub> = Glifosato (4L/ha.)

T<sub>8</sub> = Glifosato + Diuron (4 L + 1 Kg/ha.)

T<sub>11</sub> = Glifosato + Atrazina (4 L + 1 L /ha.)

T<sub>3</sub> = Glifosato (2 L/ha.)

T<sub>6</sub> = Glifosato + Diuron (2 L + 1 Kg/ha.)

T<sub>9</sub> = Glifosato + Atrazina (2 L + 1 L /ha.)

T<sub>12</sub> = Testigo absoluto

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Del efecto potencial de control

Los herbicidas eliminan las malezas al alterar procesos bioquímicos esenciales, como la fotosíntesis, que tiene lugar en el simplasto o sistema vivo de la planta. Para ser eficaz, deben contener una cantidad suficiente de ingrediente activo que permita su absorción y transporte hasta el sitio donde ejercerán su acción.

### 5.2. Del testigo

A los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos (Tabla 8), el tratamiento T<sub>12</sub> (testigo absoluto) no muestra ningún efecto de control, ya que no se implementó ninguna estrategia para el manejo de malezas. Su propósito es servir como referencia para cuantificar el porcentaje de infestación en el campo experimental durante el desarrollo del estudio y evaluar la efectividad de los demás tratamientos. El testigo absoluto representa el nivel máximo de infestación que pueden alcanzar los otros tratamientos y determina el punto en el que es necesario aplicar un nuevo control, debido a la ausencia de efecto residual.

Es relevante señalar que el experimento se realizó en la región de la sierra, donde las condiciones climáticas (Tabla 1) y las características del suelo (Tabla 2) fueron fundamentales para el efecto de control.

### 5.3. Del efecto de control

A los 15, 30, 45 y 60 días, los diferentes tratamientos analizados evidenciaron variaciones en su impacto sobre las malezas. Los coeficientes de variabilidad fueron bajos debido a diversos factores, como el tamaño y la distribución uniforme de la invasión en las parcelas, la homogeneidad del complejo de malezas en todo el terreno (dado que la distribución era equitativa en el campo experimental, permitiendo que cada parcela tuviera características similares a las demás), la topografía plana del terreno y otros aspectos controlados. Como consecuencia, los datos obtenidos en parcelas con el mismo tratamiento presentaron escasa variabilidad. Sin embargo, en algunas mediciones se identificaron diferencias significativas entre bloques, lo que indica que el bloqueo del campo experimental se realizó de manera adecuada.

15 y 30 días después de la aplicación, los tratamientos T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) y T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L) evidenciaron una mayor eficacia en el control (Cuadro 7). Este efecto se puede atribuir al mecanismo de acción de los ingredientes activos presentes en la mezcla. En particular, la Atrazina es un herbicida sistémico que puede emplearse tanto en preemergencia como en posemergencia, afectando en ambos casos el fotosistema II, específicamente la reacción de Hill (Anon, 1989). El glifosato presenta un modo de acción característico, ingresando exclusivamente por los tejidos verdes y moviéndose con rapidez a través del apoplasto y el simplasto hasta llegar a los meristemas. En esta zona, después de una semana o más, detiene el crecimiento y genera la clorosis del follaje. Este efecto se debe a la inhibición de la vía del shikimato, lo que altera la síntesis de aminoácidos (Worthington y Hance, 1991). Por lo tanto, la combinación de Glifosato con Atrazina genera un efecto sinérgico favorable, lo que se traduce en un mayor porcentaje de control. En cambio, cuando se utilizó Diuron en la mezcla—específicamente en los tratamientos T<sub>6</sub> (Glifosato 2 L + Diuron 1 kg), T<sub>7</sub> (Glifosato 3 L + Diuron 1 kg) y T<sub>8</sub> (Glifosato 4 L + Diuron 1 kg)—la efectividad en términos de control fue menor. De acuerdo con IMA (2002), el Diuron actúa principalmente como un herbicida de efecto residual y se aplica en preemergencia. Su modo de acción se basa en la traslocación apoplástica, sin intervención en el simplasto, lo que reduce su actividad al entrar en contacto con las partes verdes de las malezas.

Asimismo, los estudios de Papa y Tuesca (2009) demostraron que la combinación de glifosato con atrazina mejoró considerablemente la efectividad del control, especialmente en especies con alta tolerancia al glifosato. Este hallazgo es consistente con los resultados obtenidos en el experimento realizado, aunque la mezcla no alcanzó niveles elevados de control. No obstante, sobresalió en las distintas evaluaciones realizadas bajo las condiciones climáticas en las que se llevó a cabo el estudio (Tabla 1). Se considera que la combinación de Atrazina y Glifosato tiene un impacto notable en el porcentaje de control. En relación con esto, Rainero (2007) recomienda el uso exclusivo de Glifosato como herbicida, advirtiendo que su efectividad depende de una aplicación en el momento adecuado, lo que resulta un desafío debido a su falta de residualidad. Además, es esencial prevenir la aparición de malezas resistentes a este principio activo.

El tratamiento T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L) presentó un efecto de control significativo, atribuido a su acción como herbicida de contacto y su leve actividad sistémica. Sin embargo, su desempeño fue inferior en comparación con los tratamientos que combinaron Atrazina y Glifosato. Se considera que este resultado estuvo influenciado por condiciones climáticas (Tabla 2) y por la capa cerosa presente en las hojas de las malezas gramíneas, lo que redujo la eficacia del herbicida. Esto concuerda con lo mencionado por Kogan y Pérez (2003), quienes afirman que la efectividad de los herbicidas de contacto depende de la cantidad de solución aplicada sobre las hojas, la cual puede disminuir debido a la naturaleza cerosa de la superficie foliar, especialmente en climas fríos y en malezas gramíneas.

A los 45 y 60 días, los tratamientos T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) y T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L) lograron un mayor control de malezas, presentando diferencias estadísticas significativas entre ellos. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la cantidad de producto utilizado, lo que concuerda con lo indicado por Kogan y Pérez (2003), quienes afirman que el incremento en la dosis de cada ingrediente activo acelera la efectividad en el control de malezas, permitiendo una gestión más eficiente en menos tiempo. Asimismo, los tratamientos T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L), T<sub>4</sub> (Glifosato 3 L) y T<sub>5</sub> (Glifosato 4 L) muestran una menor efectividad en comparación con los otros tratamientos, debido a que se aplicaron de forma individual, evitando así la generación de sinergismo. Este hallazgo es consistente con lo indicado por Payson (2003), quien sostiene que la combinación de varios herbicidas potencia el control, ya que actúan sobre diferentes sitios de acción. Investigaciones sobre la combinación de glifosato y atrazina han revelado una cierta incompatibilidad o antagonismo, especialmente cuando se emplea atrazina en su presentación granulada para la preparación de la mezcla. Este efecto ralentiza la acción del glifosato debido a la floculación o coagulación de la atrazina. Como consecuencia, se acumula una mayor concentración de atrazina en la parte inferior del volumen total de la mezcla, sin llegar a formar un precipitado. Una de las principales razones de este fenómeno es la ausencia de agitación o remoción del caldo durante un corto período, que puede ser de apenas unos minutos (Forján y Manso, 2012).

Se ha determinado que la eficacia de los herbicidas disminuye considerablemente en condiciones de clima frío y ante una alta presencia de kikuyo (*Pennisetum*

clandestinum), una maleza agresiva que constituye el 75 % de la cobertura vegetal no deseada (Tabla 3). En consecuencia, los niveles de control alcanzados son bajos. Según Helfgott (1987), la estrategia más eficiente para erradicar el kikuyo es el laboreo del suelo, extrayendo sus estructuras subterráneas y exponiéndolas a la luz solar para su desecación, o bien recogiendo y quemando para evitar su regeneración. También se puede emplear Glifosato o Dalapon durante la fase de preparación del terreno, aplicándolos entre dos y tres semanas antes de la siembra, coincidiendo con la primera aparición de la maleza.

#### **5.4. Del efecto residual**

A medida que el poder residual disminuye, los coeficientes de variabilidad tienden a incrementarse. Esto ocurre porque, durante el desarrollo del experimento, los valores del poder residual se reducen progresivamente, lo que genera una mayor dispersión en los datos y los vuelve más relevantes.

Transcurridos 75 días desde la aplicación de los herbicidas (Tabla 9), todos los tratamientos registraron un rebrote superior al 50 %, lo que sugiere que el efecto residual en el control de malezas fue menor al 50 %. Los tratamientos más efectivos fueron T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L), con un 42.50 % de rebrote, y T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L), con un 41.50 %, superando al resto. A los 90 días, los resultados mostraron un patrón similar en este parámetro.

La permanencia residual detectada se debe a la composición química de los herbicidas analizados, en combinación con condiciones climáticas desfavorables. El experimento se llevó a cabo en una región de clima frío, donde la temperatura promedio fue de 10 °C y la precipitación pluvial, catalogada como baja, alcanzó los 81,5 mm. Estos factores influyeron en la reducción de la efectividad del control de malezas y en la lenta translocación de los herbicidas, prolongando su persistencia en el entorno. Según Salisbury (2000), los herbicidas tienen una mayor eficacia cuando la precipitación es baja, evitando así su eliminación por lavado. Asimismo, temperaturas de entre 23 y 25 °C optimizan su desempeño, ya que influyen en la actividad fotosintética de las malezas.

Por otro lado, es importante destacar que la mayoría de los herbicidas de acción sistémica pueden translocarse desde el tejido vegetal (raíz) hacia el suelo, lo que aumenta

su persistencia hasta tres veces más en suelos con restos de plantas previamente tratadas con el mismo herbicida (Doublet *et al.*, 2009). Los tratamientos en los que se empleó atrazina para la mezcla presentaron la mayor persistencia, seguidos por aquellos con diurón, que también mostraron efectos destacados en comparación con los demás. La mayor estabilidad de la atrazina frente al diurón se atribuye a distintos procesos de degradación, los cuales pueden estimarse a través de parámetros como la vida media del herbicida (TD50), el coeficiente de degradación y sus propiedades de ionización, entre otros. Se ha establecido que la TD50 de la atrazina es de 60 días, mientras que la del diurón es de 90 días. Además, ambos herbicidas poseen un alto potencial de lixiviación, por lo que el clima y las características del suelo son determinantes en su persistencia como herbicidas de acción residual (Kogan y Pérez, 2003).

Tras 105 días, se evidencia que los tratamientos T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L), T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L), T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L), T<sub>4</sub> (Glifosato 3 L) y T<sub>5</sub> (Glifosato 4 L) han perdido su efecto residual, lo que se atribuye a la falta de mezclas en su composición. En contraste, aquellos tratamientos que combinan Glifosato con Atrazina o Diuron, como T<sub>6</sub> (Glifosato 2 L + Diuron 1 kg), T<sub>7</sub> (Glifosato 3 L + Diuron 1 kg), T<sub>8</sub> (Glifosato 4 L + Diuron 1 kg), T<sub>9</sub> (Glifosato 2 L + Atrazina 1 L), T<sub>10</sub> (Glifosato 3 L + Atrazina 1 L) y T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L), exhiben una mayor persistencia en su efecto. Entre estas formulaciones, las combinaciones de Glifosato con Atrazina destacan por su efecto residual. La baja efectividad del Diurón se atribuye a la presencia de dos átomos de cloro en su estructura, lo que favorece su fuerte adsorción a los coloides del suelo, disminuyendo su disponibilidad para el control de nuevas malezas (Worthington y Hance, 1991). En contraste, la Atrazina muestra una mayor actividad en suelos con pH alcalino, como lo respalda el análisis del suelo, que revela un pH de 7,4 y sugiere un efecto residual más prolongado (Kogan y Pérez, 2003). Análisis económico de los tratamientos en estudio

De acuerdo con la escala del ALAM (1974), la mayoría de los tratamientos presentaron un nivel de control regular, a excepción del tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4L + Atrazina 1L), que obtuvo una clasificación de control bueno. Esta diferencia se atribuye a la interacción de varios factores que afectarán la efectividad de los herbicidas.

Al evaluar los costos por tratamiento en función del control y el efecto residual (Tabla 10), se advierte que los tratamientos T<sub>1</sub> a T<sub>10</sub> poseen un potencial de control que oscila entre el 43,25 % y el 58 %. Dichos efectos persisten entre 30 y 45 días después de la aplicación, sin alcanzar un nivel óptimo de control. Por ello, no se realizó un análisis económico detallado de estos tratamientos, aunque han evidenciado resultados relevantes.

El tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) alcanzó un nivel de control del 74.5 % a los 45 días posteriores a su aplicación. Además, se destacó como la alternativa más rentable, con un costo de S/. 1.183, y mostró una residualidad de 120 días. Estos hallazgos respaldan la recomendación de emplear una mezcla de glifosato y atrazina en dosis de 4 y 1 L/ha, respectivamente. Asimismo, esta combinación ha mostrado buenos resultados en la selva, donde se ha utilizado con una dosis de 2 L de glifosato y 2 L de atrazina, logrando un costo de control diario de S/. 1,62 (Usquiano, 2003).

## VI. CONCLUSIONES

1. El tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L/ha + Atrazina 1 L/ha) consiguió un control de malezas del 74,5%, lo cual se considera satisfactorio. En cambio, los demás tratamientos lograron un control entre el 43,25% y el 58,0%, lo que se califica como de efectividad media según la escala de la ALAM.
2. Los tratamientos T<sub>1</sub> (Gramocil 3 L), T<sub>2</sub> (Gramocil 4 L), T<sub>3</sub> (Glifosato 2 L), T<sub>4</sub> (Glifosato 3 L) y T<sub>5</sub> (Glifosato 4 L) perdieron su capacidad residual después de 105 días de su aplicación, mostrando un rebrote del 100 %. Por otro lado, los tratamientos que combinaban productos mantuvieron un buen poder residual, con una duración que osciló entre los 114 días del tratamiento T<sub>6</sub> (Glifosato 2 L + Diuron 1 kg) y los 120 días del tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L).
3. El tratamiento T<sub>11</sub> (Glifosato 4 L + Atrazina 1 L) demostró ser el más rentable, con un precio de 1,183 S/. Asimismo, mostró un nivel de control del 74,5 % a los 45 días posterior a su aplicación.

## **VII. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Se sugiere utilizar una mezcla de 4 L de Glifosato y 1 L de Atrazina para el control de malezas en cultivos temporales, lo que implica un costo diario de 1,183 nuevos soles. Esta fórmula garantiza un control eficaz y adecuado de las malezas.
2. Analizar el impacto de los tratamientos en diferentes cultivos, ya que la prueba en campo libre de los herbicidas puede variar de acuerdo a varios factores siendo uno de esto el tipo de cultivo.
3. Se recomienda realizar estudios experimentales en herbicidas aplicando modelización matemática para explicar mejor los factores la cual influyen en el funcionamiento de los herbicidas.

## VIII. REFERENCIAS

1. ALAM. (1974). Revista de la Asociación de Latinoamericana de Malezas. Resumen del Panel Métodos de Evaluación de Control de Malezas en Latinoamérica. II Congreso ALAM, Cali, Colombia. Pp. 6 -12.
2. Anon, H. (1989). El manual de plaguicidas. 6ta edición. Estados Unidos. 45 p.
3. Cerna, B. (1994). Manejo mejorado de malezas. CONCYTEC. Editorial Libertad E. I. R.L. Trujillo, Perú. 320 p
4. Chem, T. (2002). Propiedades fisicoquímicas de los herbicidas (<http://www.chem.unep/pts/translate/reports/central%20.htm>. documento publicado el 20 de marzo del 2002).
5. Dieleman, J.A. y Mortensen, D.A. (1997). Influencia de la biología y ecología de malezas en el desarrollo de estrategias de dosis reducidas para los sistemas de gestión integrado de malas hierbas, Missouri, Estados Unidos. Pp. 333-362.
6. Doublet, J., Mamy, L. y Barriuso, E. (2009). Retraso en la degradación en el suelo de herbicidas foliares glifosato y sulcotriona previamente absorbido por las plantas: consecuencias sobre el destino de herbicidas, Grignon, Francia. Pp. 582-589.
7. Duke, S. y Dayan, F. (2011). Biotecnología Integral. 2da Ed. Vol. IV. Elsevier Science. Ámsterdam, Nederland. Pp. 23-35.
8. Estrada, S. 2003. Manejo de la flora espontánea asociada al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la zona media y baja del departamento de Escuintla en el quinquenio 1995-2000. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 87 p.
9. Forján, H. y Manso L. (2012). La Atrazina: Características y su utilización en barbecho químico para maíz en mezcla de tanque con Glifosato (en línea).

Consultado: 04 de mayo de 2014. Disponible en:  
[http://inta.gob.ar/dat\\_multi\\_download/file/La%2520Atrazina%2520y%2520Mezclas%2520con%2520Glifo.pdf](http://inta.gob.ar/dat_multi_download/file/La%2520Atrazina%2520y%2520Mezclas%2520con%2520Glifo.pdf).

10. García, T. y Fernández, Q. (1991). Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Edit. Mandí Prensa. Madrid, España. 345 p.
11. GOMBES, B. (1993). Control químico de malezas, Editorial Trillas. México 250 p
12. Gómez de Barreda, D., Gamon, M., Lorenzo, E. y Saez, A. (1993). Movimiento herbicida residual en columnas de suelo. La Ciencia Total del Medio Ambiente, Valencia, España. 132 p.
13. González, M. y Jaime, F. (2008). Ambiente, cultivos ilegales y glifosato. Agencia de Noticias UN Bogotá, Colombia. 23 p.
14. Gunsolus, J. y Curran, M. (1996). Herbicida de acción y síntomas de daño. Extensión del Norte Central de publicación. Córdoba, España. 377. 14 p.
15. Helfgotts, L.S. (1986). Ecología, biología, uso y control de *Penisetum clandestinum*. Ex Cchiov. En ecología y control de malezas en plantas perennes. FAO. Roma, Italia. 337-340 pp.
16. IMA. (2002). Uso de herbicidas. Editorial Soportara S.A. Cajamarca – Perú. 50 p.
17. Kaczewer, J. 2002. Toxicología del Glifosato: Riesgos para la salud Humana. Universidad Nacional de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 44 p.
18. Kogan, A. y Pérez, J. (2003). Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción de los herbicidas. Editorial Universidad Católica de Chile, Chile. 192 p.
19. Morin, Ch. (1980). Cultivo de cítricos. 2º edic. IICA, San José, Costa Rica. 598 p.
20. Papa, J.C. y Tuesca, D.H. (2009). Las malezas: el problema principal del barbecho químico. Soja en siembra directa. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay. Pp- 95-97.

21. Payson, T. (2003). Características fisicoquímicas de los herbicidas como el Paraquat (en línea). Consultado: 04 de mayo de 2014. Disponible en: (<http://www.media.payson.tulane.edu/spanish.htm>).
22. Peterson, D.E.; Thompson, C.R.; Regehr, D.L. y Al-Khatib K. (2001). Herbicide mode of action. Kansas State University. C-715. Kansas, Estados Unidos. 24 p.
23. Pytty, A. (1995). Modo de acción y síntomas de fitotoxicidad de los herbicidas. Edit., Zamorano. Academia Press. Honduras. 63 p.
24. Rainero, H. (2007). Avances en el control de malezas con tolerancia al glifosato. Maneado, Córdoba: INTA - EEA. Boletín Proyecto Agricultura Sustentable N° 01, 2° Ed. Córdoba, España. p. 4-8
25. Ramos, S.H. (1986). Control químico en post-emergencia de gramíneas perennes en un campo de cítricos. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, Perú. 73 p.
26. Rodriguez, P. (2009). Control de malezas. (En línea): control químico. pdf). Documento 14 de Abr. 2014. Disponible en <http://academic.uprm.edu/rodriguezp/HTMLObj1>
27. Salisbury, F. (2000). Fisiología de las plantas. Tomo 3. Desarrollo de las Plantas y Fisiología Ambiental. Ed. Thomson-Paraninfo. Valencia, España. 500 p.
28. Teo, L. (2011). Evaluación de herbicidas para el control de malezas en garbanzo (*Cicer arietinum L.*) de riego en la región Ciénega de Chapala, Revista Científica Agrícola Volumen 9. Número 4. Chapala, México. 831 p - 836 p
29. Usquiano, M. (2003). Efecto de la atrazina en mezcla con herbicidas en el control de malezas en cítricos en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, Perú. 90 p.
30. Vademecum Agrario. (2011 – 2012). El ingeniero agrónomo. Lima, Perú. 150 p.

31. Vargas, F. (2013). Efecto comparativo de Paraquat, Glifosato y Gramocil para el control de malezas en cítricos en Tulumayo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Perú. 86 p.
32. Villarias, J. (1992). Atlas de malas hiervas Mundi – Prensa. Madrid, España. 33 p.
33. Worthington y Hance, J. (1991). Editorial Ciencias de la Maleza 9na. edición. California, Estados Unidos. 260 p.

## **ANEXO**

## **Cálculo de la dosis de herbicidas y gasto de agua**

### **a. Cálculo de la dosis de herbicidas**

Si se aplica a una dosis de 1L /ha, mediante la regla de tres simple se calcula la dosis para cada unidad experimental.

$$\begin{array}{l} 10000 \text{ m}^2 \text{ -----} 1000 \text{ cc del producto} \\ 20 \text{ m}^2 \text{ -----} X \\ X = 2 \text{ cc / parcela} \end{array}$$

Por lo tanto, se aplicó 2.0 cc del producto por cada parcela de 20 m<sup>2</sup> (5 x4) según descripción de los tratamientos.

### **b. Cálculo del gasto de agua**

Los gastos de agua varían desde 400 a 600 L/ha; para los intereses del trabajo de investigación se ha optado un gasto de agua promedio de 500 l/ha.

$$\begin{array}{l} 10000 \text{ m}^2 \text{ -----} 500 \text{ L de agua} \\ 20 \text{ m}^2 \text{ -----} X \\ X = 1 \text{ L /parcela} \end{array}$$

El gasto de agua por cada unidad experimental de 20 m<sup>2</sup> fue de 1 L. Pero como son 4 bloques, el gasto de agua se cuadruplica a (1 x 4= 4 L), descontando las parcelas que son testigos en donde no se aplicó nada, según el diseño experimental

**Tabla 11.** Datos originales del porcentaje de control a los 15 días después de aplicar los tratamientos

Bloque	Tratamientos												Suma de bloques
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	
I	25	35	7	12	12	30	30	33	32	38	40	0	294
II	26	36	13	13	15	28	29	32	31	36	38	0	297
III	26	31	8	10	15	27	28	32	31	38	40	0	286
IV	24	32	11	12	15	27	27	32	29	39	38	0	286
$\Sigma$	101	134	39	47	57	112	114	129	123	151	156	0	1163
<b>Promedio</b>	25.25	33.5	9.75	11.75	14.25	28	28.5	32.25	30.75	37.75	39	0	290.75

**Tabla 12.** Datos originales del porcentaje de control a los 30 días después de aplicar los tratamientos.

Bloque	Tratamientos												Suma de bloques
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	
I	43	57	41	43	52	48	50	54	52	57	60	0	557
II	46	56	42	43	50	45	50	50	54	58	58	0	552
III	45	57	44	41	47	47	51	53	55	57	59	0	556
IV	39	56	40	43	53	46	52	53	55	60	62	0	559
$\Sigma$	173	226	167	170	202	186	203	210	216	232	239	0	2224
<b>Promedio</b>	43.25	56.5	41.75	42.5	50.5	46.5	50.75	52.5	54	58	59.75	0	556

**Tabla 13.** Datos originales del porcentaje a control a los 45 días después de aplicar los tratamientos

Bloque	Tratamientos												Suma de bloques
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	
I	41	46	35	33	42	42	47	52	51	57	74	0	520
II	42	42	36	36	43	40	46	56	50	58	74	0	523
III	40	45	36	32	44	44	47	50	51	56	76	0	521
IV	38	46	35	34	42	40	47	53	46	57	74	0	512
$\Sigma$	161	179	142	135	171	166	187	211	198	228	298	0	2076
<b>Promedio</b>	40.25	44.75	35.5	33.75	42.75	41.5	46.75	52.75	49.5	57	74.5	0	519

**Tabla 14.** Datos originales del porcentaje de control a los 60 días después de aplicar los tratamientos

Bloque	Tratamientos												Suma de bloques
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	
I	34	39	30	34	34	35	36	46	39	46	59	0	432
II	36	37	33	32	32	36	37	45	41	45	60	0	434
III	37	39	33	34	34	39	39	46	40	46	59	0	446
IV	34	39	32	32	32	36	38	46	40	46	62	0	437
$\Sigma$	141	154	128	132	132	146	150	183	160	183	240	0	1749
<b>Promedio</b>	35.25	38.5	32	33	33	36.5	37.5	45.75	40	45.75	60	0	437.25

**Tabla 15.** Datos originales del porcentaje de control a los 75 días después de aplicar los tratamientos.

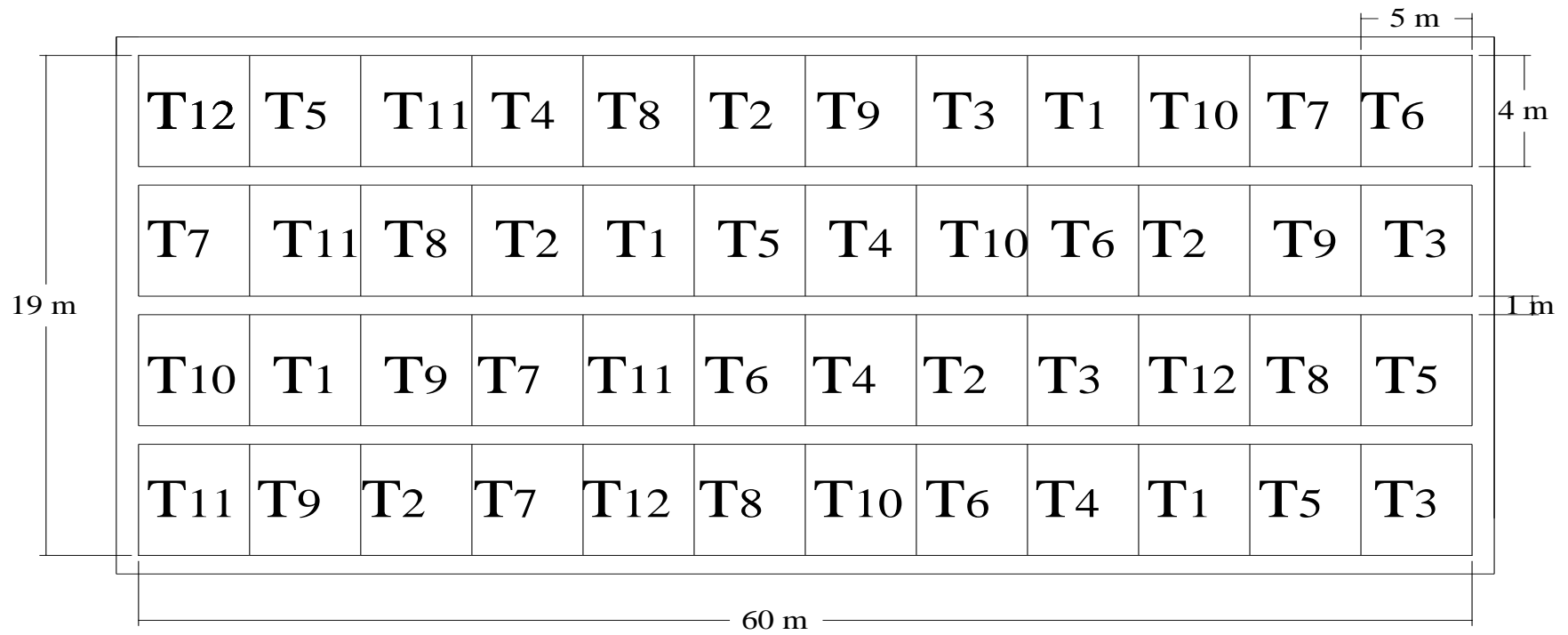
Bloque	Tratamientos												Suma de bloques
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	
I	29	32	20	30	33	33	35	39	35	40	40	0	366
II	30	34	23	30	33	35	36	39	36	40	43	0	379
III	33	34	24	28	30	35	34	39	36	44	44	0	381
IV	32	32	22	30	32	35	36	40	36	42	43	0	380
$\Sigma$	124	132	89	118	128	138	141	157	143	166	170	0	1506
<b>Promedio</b>	31	33	22.25	29.5	32	34.5	35.25	39.25	35.75	41.5	42.5	0	376.5

**Tabla 16.** Datos originales del porcentaje de control a los 90 días después de aplicar los tratamientos

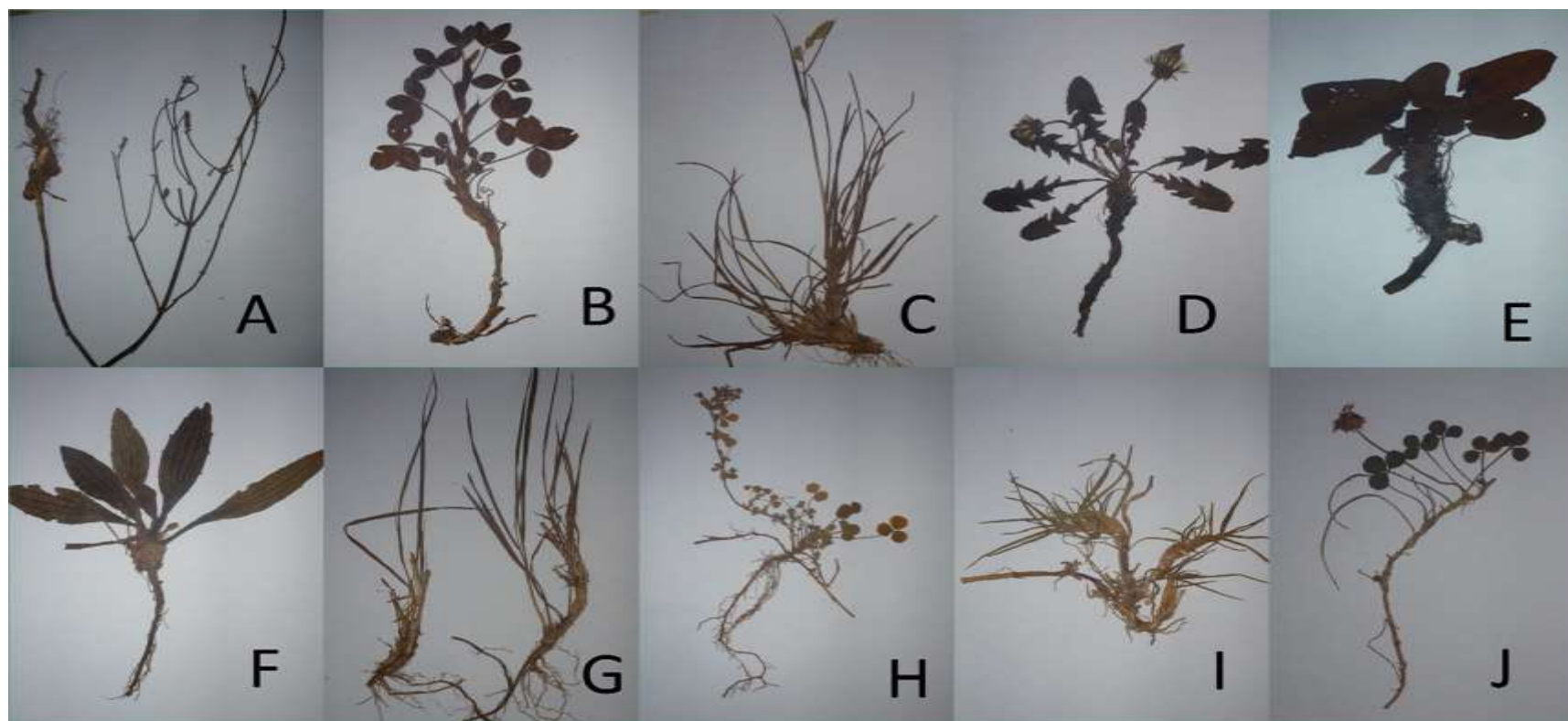
<b>Bloque</b>	<b>Tratamientos</b>												<b>Suma de bloques</b>
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	
I	10	15	4	4	13	20	22	22	23	25	24	0	182
II	10	16	3	4	12	22	22	24	22	22	26	0	183
III	11	14	3	5	12	18	20	22	22	23	25	0	175
IV	10	14	3	5	13	20	20	22	22	24	24	0	177
$\Sigma$	41	59	13	18	50	80	84	90	89	94	99	0	717
<b>Promedio</b>	10.25	14.75	3.25	4.5	12.5	20	21	22.5	22.25	23.5	24.75	0	179.25

**Tabla 17.** Datos originales del porcentaje de control a los 105 días después de aplicar los tratamientos

<b>Bloque</b>	<b>Tratamientos</b>												<b>Suma de bloques</b>
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	
I	0	0	0	0	0	8	9	10	12	14	15	0	68
II	0	0	0	0	0	8	9	11	11	14	16	0	69
III	0	0	0	0	0	9	9	11	12	14	16	0	71
IV	0	0	0	0	0	8	9	10	13	14	16	0	70
$\Sigma$	0	0	0	0	0	33	36	42	48	56	63	0	278
<b>Promedio</b>	0	0	0	0	0	8.25	9	10.5	12	14	15.75	0	69.5



**Figura 3.** Disposición de los tratamientos en el campo experimental



**Figura 4.** Relación del complejo de malezas: *Verbena officinalis* L. (Verbena) (A), *Trifolium* sp (Trébol rojo) (B), *Paspalum* sp. (Gramma blanca) (C), *Picrosia longifolia* (Achicoria) (D), *Beta* sp. (Acelga) (E), *Plantago major*. (Llantén) (F), *Pennisetum* sp. (Kikuyo ingles) (G), *Trifolium* sp. (Trébol nativo) (H), *Pennisetum clandestinum* (Kikuyo) (I), *trifolium repens*. (Trébol blanco) (J).



**Figura 5.** Campo experimental al inicio del experimento



**Figura 6.** Campo experimental a los 60 días después del experimento.



**Figura 5.** Vista panorámica del campo experimental y la ciudad de Conchucos - Ancash - Perú