



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

Trabajo de Tesis

Comportamiento de herbicidas pre emergentes en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea L*) en Finca San Pedro El Viejo Chinandega 2025

Autor

Br. Rosa De Jesús Montano Bravo

Asesores

Ing. MSc. Javier Ignacio Silva Rivera

Ing. Francisco Javier Darce Guevara

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Managua Nicaragua
Noviembre 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Santos Romero
Presidente

MSc. Jorge Gómez grado
Secretario

Ing. Luis Ruiz Obando
Vocal

Lugar y fecha: Managua Nicaragua, 9/12/2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo de manera especial a:

Primeramente, a **DIOS** por haberme dado fuerza paciencia serenidad e inteligencia cada día para continuar en cada momento difícil que se me ha presentado para poder culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis amados padres Gloria Martina Bravo Blanco y a mi padre Clemente de Jesús Montano, por Haberme apoyado incondicionalmente ser pilares fundamentales en todo momento mis guías y mi motivo de inspiración para luchar por mis sueños.

A mis hermanos y hermana Daniel Alexander Rivera, Clemente Domingo Montano Bravo, Gloria Berena Montano Bravo, Quienes han estado siempre apoyándome e impulsándome para seguir adelante.

A José Antonio García Meza por siempre estar presente en mis dificultades por sus consejos palabras de aliento y motivación para seguir adelante.

A todos y todas quienes con esfuerzo y dedicación luchan cada día por salir adelante y cumplir sus sueños.

Br. Rosa De Jesús Montano Bravo

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme dado sabiduría inteligencia y entendimiento para por culminar con éxito esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres por enseñarme buenos valores a ser una persona de bien y servicial por sus oraciones por estar siempre pendiente de mis necesidades, a su trabajo diario para salir adelante y por trasmitirme vigor ante las adversidades.

A Universidad Nacional Agraria por abrirme las puertas y acogerme para formar profesionales de calidad, a los docentes que formaron parte de esta meta por enseñarnos compartirnos sus conocimientos y buenos consejos.

De manera especial a mis asesores; Ing. MSc. Javier Ignacio Silva Rivera, Ing. Francisco Javier Darce Guevara, por la dedicación, tiempo paciencia brindado en cada una de las etapas de esta investigación por su acompañamiento en colaboración de recolección de datos de este trabajo investigativo.

Br. Rosa De Jesús Montano Bravo

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
	1
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Herbicida	4
3.1.2. Un herbicida sistémico	4
3.1.3. Pre emergente	5
3.1.4. Herbicida Post Emergente	5
3.2. Tipos de herbicidas pre emergentes utilizados en el cultivo de maní	5
3.2.1. Pendimetalina	5
3.2.2 Metolaclor	5
3.2.3 Imazetapyr	6
3.2.4 Experiencias de uso de herbicidas pre emergentes en Nicaragua	6
3.3. Generalidades del cultivo de maní	8
3.3.1 Importancia económica en Nicaragua	8
3.3.2 Etapas de crecimiento y fisiología	9
3.3.3 Germinación	9
3.3.4 Desarrollo vegetativo	9

3.3.5 Floración.	9
3.3.6 Formación y desarrollo del fruto	10
3.3.7. Maduración	10
3.4 Manejo agronómico	11
3.4.1 Siembra	11
3.4.2 Preparación del suelo	11
3.4.3 Época de siembra	11
3.4.4 Densidad de siembra	12
3.5 Fitotoxicidad	12
3.6 Abundancia de especies	12
3.7. Riqueza de especies	13
3.8. Índice de Diversidad	13
3.9. Dinámica poblacional	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1. Ubicación del estudio	15
4.1.1 Clima de la finca	16
4.2. Diseño metodológico	16
4.2.1. Descripción de los tratamientos	17
4.2.2. Escala de medición del porcentaje de control de malezas de los herbicidas	17
4.3. Diseño experimental	18
4.4. Variables para evaluar	18
4.5. Recolección de datos	18
4.6. Análisis de datos	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
VI. CONCLUSIONES	28
VII. RECOMENDACIONES	29
VIII - LITERATURA CITADA	30
X. ANEXOS	33

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Taxonomía del cultivo de maní (Agro tendencia, 2022)	11
2.	Herbicidas pre emergentes en maní	17
3.	Porcentaje de control de herbicida	17
4.	Altura de Malezas y Gramíneas	22
5.	Ancho de Copas (Gramíneas)	22
6.	Cuadro 6 Porcentaje de Cobertura (%) (Malezas Gramíneas)	23
7.	Variables de Crecimiento y Cobertura en Malezas de Hoja Ancha	24
8.	Análisis comparativo de los herbicidas utilizados en el estudio	25

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Etapas fenológicas del cultivo de maní	9
2. Mapa Finca San Pedro	15

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Cronograma de trabajo	32
2. Plano de campo	33
3. Área Experimental Finca San Pedro	34
4. Trabajo de campo	34
5. Tablas y cálculos	35

RESUMEN

El estudio se realizó para evaluar el comportamiento de mezclas de herbicidas pre-emergentes y determinar la estrategia de control de malezas más costo-eficiente en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). La investigación se llevó a cabo durante el ciclo agrícola de 2025 en la Finca San Pedro El Viejo, Chinandega, Nicaragua. Se evaluaron cuatro tratamientos (T1: Pendimetalina; T2: Pendimetalina + Imazetapyr; T3: Pendimetalina + Metolaclor; T4: Pendimetalina + Imazapic) distribuidos bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro repeticiones. La variable principal analizada fue el Porcentaje de Cobertura Total de Malezas a los 45 Días Después de la Siembra (DDS). El Análisis de Varianza (ANOVA) aplicado a la cobertura total determinó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), reflejando que la alta variabilidad en el campo niveló el comportamiento biológico de las parcelas. Ante la homogeneidad del control biológico general, el análisis económico comparativo fue el factor decisivo, determinando que el Tratamiento 2 (Pendimetalina + Imazetapyr) representa la estrategia óptima de manejo. El T2 presentó un costo competitivo de C\$, 1,531.00 cordobas por manzana, justificando su inversión al ampliar eficazmente el espectro de control hacia malezas de hoja ancha, logrando el mejor equilibrio técnico-financiero del estudio, evitando los riesgos de escape del T1 y los sobrecostos innecesarios del T3 y T4.

Palabras clave: supresión de malezas, control químico, Control de malezas, Cobertura.

ABSTRACT

The study was carried out to evaluate the performance of pre-emergent herbicide mixtures and to determine the most cost-efficient weed control strategy in peanut (*Arachis hypogaea* L.) crops. The research was conducted during the 2025 agricultural cycle at the San Pedro El Viejo Farm, Chinandega, Nicaragua. Four treatments were evaluated (T1: Pendimethalin; T2: Pendimethalin + Imazethapyr; T3: Pendimethalin + Metolachlor; T4: Pendimethalin + Imazapic) distributed under a Completely Randomized Design (CRD) with four replications. The main variable analyzed was the Total Weed Coverage Percentage at 45 Days After Sowing (DAS). The Analysis of Variance (ANOVA) applied to total coverage determined that there were no statistically significant differences among treatments ($p > 0.05$), reflecting that high field variability leveled the biological performance of the plots. Given the homogeneity of the general biological control, the comparative economic analysis was the deciding factor, determining that Treatment 2 (Pendimethalin + Imazethapyr) represents the optimal management strategy. T2 presented a competitive cost of \$C\\$,1,531.00\$ córdobas per manzana, justifying its investment by effectively broadening the control spectrum towards broadleaf weeds, achieving the best technical-financial balance of the study, and avoiding the escape risks of T1 as well as the unnecessary overcosts of T3 and T4.

Keywords: weed suppression, chemical control, weed control, coverage.

I. INTRODUCCIÓN

El maní (*Arachis hypogaea*) también conocido como cacahuate es una planta de la familia de las leguminosas originaria de la región andina del noroeste de Argentina y Bolivia. Tiene un amplio espectro de consumo y es de las principales oleaginosas con una participación de 9.3 % de la producción total de oleaginosas a nivel mundial. En Nicaragua la producción de maní generó 107.1 millones de dólares en el cierre 2022 se encuentra entre los cinco primeros rubros de exportación en Nicaragua, representando el 3.80 % (Banco Central de Nicaragua, 2024).

La presente investigación hace referencia al comportamiento de cuatro herbicidas pre-emergente aplicados en el cultivo de maní (*Arachis hipogaea*) con el objetivo de determinar la efectividad de la mezcla de diferentes herbicidas pre emergentes para el control de mayor número de especies de malezas y calcular el beneficio económico en la etapa de preemergencia del cultivo. El cultivo de maní como la mayoría de los cultivos presentes en la zona de occidente presentan cada vez más mayores desafíos para los productores en el control de malezas lo que genera un incremento en los costos de herbicidas y efectividad, lo que se traduce en pérdida y merma en los rendimientos del cultivo.

El control de malezas en el cultivo de maní constituye uno de los retos agronómicos más significativos en regiones productoras como Nicaragua, donde la presión de especies invasoras ha incrementado de forma sostenida durante la última década. Estudios recientes señalan que las malezas pueden reducir el rendimiento del maní entre un 40 % y 70 % cuando no se aplican estrategias de manejo oportunas, debido a la competencia directa por luz, agua y nutrientes, así como por su papel como hospederas de plagas y patógenos (FAO, 2021).

A nivel internacional, se ha documentado un crecimiento acelerado en la resistencia de malezas a herbicidas utilizados de forma continua, afectando la eficiencia de los programas de manejo químico en cultivos extensivos, incluida la producción de maní (Heap, 2023). En Nicaragua, esta problemática se intensifica por la alta dependencia del control químico y el incremento de los costos de producción, obligando a los productores a buscar alternativas más efectivas y económicamente viables en etapas críticas como la preemergencia. En este contexto, esta

investigación surge del análisis de la problemática real que sufren los productores de maní en la zona de Chinandega, los costos altos de producción y la necesidad constante de aplicaciones. La reducción de herbicidas en el cultivo de maní es necesaria para evitar la resistencia de las malezas, reducir costos, disminuir el impacto ambiental y prevenir problemas de fitotoxicidad en el cultivo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar cuatro diferentes herbicidas pre emergentes en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L) en Finca San Pedro El Viejo Chinandega 2025.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de cuatro herbicidas para el control de malezas en el cultivo de maní (*Arachis hipogea* L).

Realizar análisis de costos comparativos de los herbicidas utilizados

III. MARCO DE REFERENCIA

En los esquemas de agricultura intensiva, las malezas provocan severas afectaciones en el rendimiento y la calidad comercial de los cultivos. Actualmente, el control mecánico o manual ha perdido sostenibilidad financiera debido a la escasez de mano de obra en el campo, el aumento de los salarios mínimos y la rigurosidad de las jornadas de trabajo (Smith & Jones, 2024). Por tales razones, el control químico es considerado una herramienta accesible, eficiente y rentable para el manejo de comunidades de arvenses (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI], 2017).

No obstante, las consecuencias derivadas del uso de agroquímicos, tales como los efectos de fitotoxicidad en el cultivo principal y el desarrollo de resistencia genética en las malezas, mantienen en alerta a los organismos de sanidad vegetal (Smith & Jones, 2024). Desde una perspectiva estrictamente financiera, el manejo químico de las malezas genera un incremento en la rentabilidad neta de entre el 4 % y el 12 % con respecto al deshierbe manual (Smith & Jones, 2024), lo que justifica su adopción técnica en sistemas agroindustriales.

3.1. Herbicida

“Es un producto químico para controlar y eliminar plantas indeseadas. Actúan algunos interfiriendo en el crecimiento de las malezas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas” (Agrosavia, 2019, p.6)

3.1.2. Un herbicida sistémico

Es un producto químico utilizado para eliminar malezas de los cultivos (Dhanuka Agritech, 2024) Absorbido por las hojas de las plantas se transporta por el flujo de savia a todo el vegetal y las raíces. Los herbicidas sistémicos son más efectivos que los herbicidas de contacto, que solo actúan sobre la parte de la planta que recibe el producto.

3.1.3. Pre emergente

Los herbicidas pre-emergente controlan malezas en los primeros estados del ciclo de vida, específicamente durante la germinación de las semillas (aparición de radícula) y la emergencia de las plántulas en el suelo GLEBA, (2020) Los herbicidas que se aplican después de la siembra, pero antes de la germinación del cultivo y las malezas estos productos actúan en las semillas de malezas que están en estado de germinación después de la aplicación sobre la superficie del suelo requiere lluvia después de su aplicación para que el producto sea distribuido en la zona de germinación de las malezas los productos herbicidas no requieren incorporación en el suelo (mezcla mecánica con el suelo).

3.1.4. Herbicida Post Emergente

Un herbicida post-emergente es un producto que mata las malezas que ya han brotado del suelo (LawnStarter, 2025).

3.2. Tipos de herbicidas pre emergentes utilizados en el cultivo de maní

3.2.1. Pendimetalina

Es un herbicida preemergente selectivo ampliamente utilizado para controlar gramíneas anuales y ciertas malezas de hoja ancha en cultivos extensivos, hortalizas y plantaciones. Como compuesto de dinitroanilina, inhibe el crecimiento de las plántulas de malezas al interrumpir la división celular en las raíces y las puntas de los brotes. Interfiere en el proceso normal de la mitosis Reduce el crecimiento de las raíces y de la planta en general (Duwest, 2014).

3.2.2 Metolaclor

El metolaclor (o su variante más activa, S-metolaclor) es un herbicida preemergente y sistémico que se aplica al suelo para controlar gramíneas y algunas malezas de hoja ancha. Su acción principal es inhibir el crecimiento de las malezas al interferir con la división celular, la

elongación de los tallos y la síntesis de lípidos y proteínas, especialmente durante la germinación y emergencia de las plantas. Las malezas que controla son amaranto ciperáceas hoja ancha hoja angosta (SummitAgro, 2020).

3.2.3 Imazetapyr

Imazetapir es un herbicida que se utiliza para controlar pastos y malezas de hoja ancha en diferentes cultivos es miembro de la clase de herbicidas imidazolinona su función es evitar que la enzima acetohidroxiácido sintasa que ayuda en la producción de aminoácidos para el crecimiento celular. Las plantas tratadas con el producto mueren en varias semanas el producto se recomienda aplicar antes de la siembra, pre-emergente o post-emergente es absorbido por las raíces y el follaje de las pantas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]1996).

3.2.4 Experiencias de uso de herbicidas pre emergentes en Nicaragua

En Nicaragua, el uso de herbicidas pre emergentes como **pendimetalina**, **metolaclor** e **imazetapyr** ha sido una práctica común en cultivos extensivos, especialmente en maní, sorgo, soya y maíz, debido a la alta presión de malezas que caracteriza la región del Pacífico, particularmente en los departamentos de León y Chinandega. Estudios realizados por instituciones nacionales y empresas agrícolas han evidenciado que estos herbicidas presentan eficacia variable dependiendo del tipo de suelo, el nivel de materia orgánica, la humedad al momento de la aplicación y la composición del banco de semillas de malezas en las parcelas.

La **pendimetalina** ha sido ampliamente utilizada en maní debido a su efectividad contra gramíneas anuales como *Echinochloa colona* y *Digitaria sanguinalis*, así como ciertas malezas de hoja ancha. Ensayos realizados en la zona de Occidente han mostrado que su desempeño es más consistente en suelos de textura media y con adecuada humedad posterior a la aplicación, pero su eficacia disminuye en suelos arenosos, donde su volatilidad y lixiviación pueden ser mayores (INTA, 2019).

El **S-metolaclor** es uno de los herbicidas más empleados por productores tecnificados de maní en Chinandega debido a su amplio espectro y a su capacidad para reducir significativamente la emergencia de ciperáceas, particularmente *Cyperus rotundus*, una de las malezas más problemáticas del cultivo. Según evaluaciones realizadas por empresas exportadoras y proveedores de agroquímicos en Nicaragua, los programas que integran S-metolaclor en preemergencia reducen entre un 40 % y 60 % las labores posteriores de control mecánico y químico, siempre y cuando el producto reciba suficiente humedad en los primeros siete días posteriores a la aplicación (Agroexport S.A., 2021).

En cuanto al **imazetapyr**, su uso ha sido más limitado y controlado debido al riesgo de fitotoxicidad en suelos livianos y por su residualidad, que puede afectar cultivos sensibles en rotación como el maíz o algunas hortalizas. Sin embargo, ensayos locales han demostrado buenos resultados en el control de malezas difíciles, especialmente *Amaranthus spp.*, *Portulaca oleracea* y algunas gramíneas anuales. Investigaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria señalan que aplicaciones bajas y bien calibradas en preemergencia han permitido reducir la emergencia de malezas de hoja ancha sin afectar el vigor inicial del cultivo de maní (INTA, 2020).

No obstante, su uso requiere una planificación cuidadosa considerando la rotación de cultivos y el tipo de suelo para evitar problemas de persistencia.

En general, las experiencias en Nicaragua coinciden en que la efectividad de estos herbicidas depende de su integración dentro de un **programa de manejo integrado de malezas**, ya que el uso exclusivo de herbicidas ha generado preocupación por el aumento de resistencia en especies como *Amaranthus palmeri* y *Echinochloa colona*. Por ello, los especialistas recomiendan combinar aplicaciones preemergentes con prácticas culturales y rotación de ingredientes activos, con el fin de garantizar sostenibilidad y prolongar la vida útil de estos productos en los sistemas agrícolas del país.

3.3. Generalidades del cultivo de maní

El maní o cacahuete, es una leguminosa anual de unos 30 a 60 cm de altura, de tallo muy ramificado, crecimiento ascendente cuyas ramas pueden crecer erectas o rastreras. Las hojas son ovaladas o elípticas formadas de cuatro foliolos Posee una raíz pivotante que puede alcanzar más de un metro de profundidad y numerosas raíces secundarias ramificadas principalmente en los primeros 60 cm de suelo, que conforman un sistema radical de amplio campo de absorción (Monge, 1981).

Con aproximadamente un 26 % de proteína, un 48 % de aceite y un 3 % de fibra y un alto contenido de niacina, tiamina y calcio tiene todo el potencial para ser utilizado como un complemento alimenticio económico para combatir la desnutrición. El cultivo de maní beneficia a la población en general contribuye con más de 3.5 millones de toneladas anuales a la reserva mundial de proteínas para uso alimentario y animal (Linkedin, 2021).

3.3.1 Importancia económica en Nicaragua

En Nicaragua el cultivo de maní es una de las principales oleaginosas que aporta a la economía del país por su demanda en el mercado internacional, generando 107.1 millones de dólares en el año 2022. Es un rubro que ha mostrado cambios en los últimos 15 años, pasando de producir 2.4 millones de quintales en el 2007, a producir 4.9 millones de quintales en el presente ciclo productivo 2022/2023 (Universidad Nacional Agraria [UNA] 2019).

3.3.2 Etapas de crecimiento y fisiología

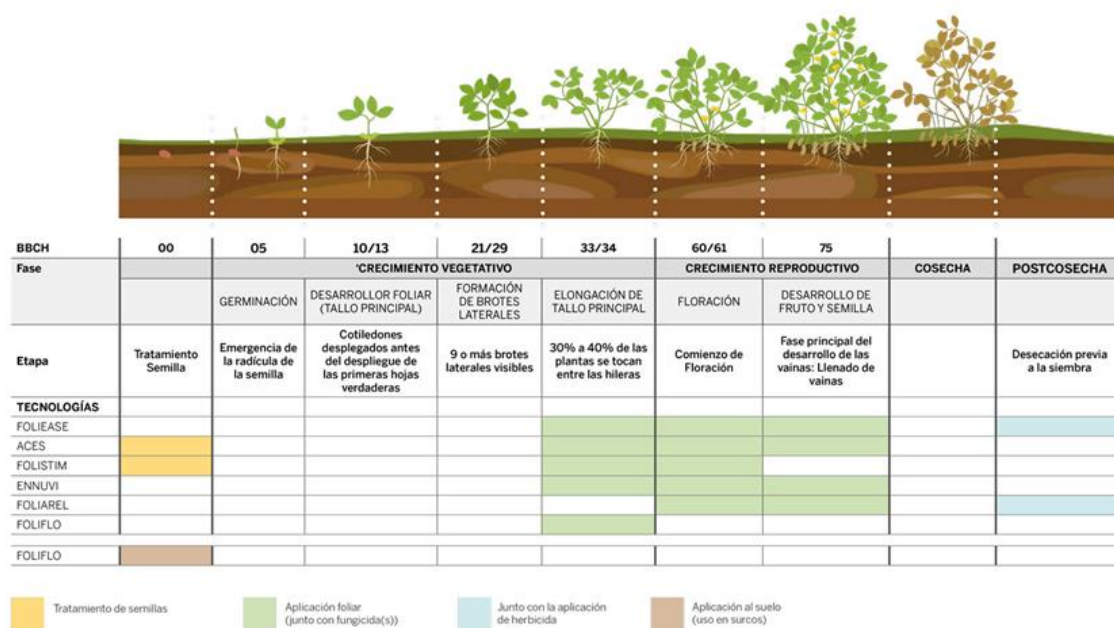


Figura 1 Etapas fenológicas del cultivo de maní (Agro Krebs, 2021)

El cultivo de maní es de crecimiento indeterminado, ya que muchas veces depende de la variedad, temperatura, contenido de agua en el suelo. Sin embargo, en términos generales las principales fases fenológicas del ciclo son: germinación, desarrollo vegetativo o prefloración, floración, fuerte floración, formación y desarrollo del fruto (Agro Krebs, 2021).

3.3.3 Germinación

Según Agro Krebs (2021), los cotiledones de la planta de maní se encuentran visibles en los primeros cuatro o cinco días después de la siembra.

3.3.4 Desarrollo vegetativo

“Basados en tallo principal de la planta en el número de nudos desarrollados comenzando por el nudo cotiledones. Un nudo es contado como desarrollado cuando los folíolos están completamente expandidos” (Universidad Nacional Del Centro Del Perú [UNCP] 2025).

3.3.5 Floración.

El Ing. Darce afirma que “Cuando las plantas tienen o han tenido una flor abierta este estado se alcanza entre 30 y 40 días después de la emergencia” (Comunicación personal, 15 de febrero de 2025).

3.3.6 Formación y desarrollo del fruto

Cuando las plantas tienen un clavo alongado haya o no penetrado al suelo. Lleva 5 a 7 días el proceso de elongación, clavo alongado con el extremo hinchado por lo menos el doble del diámetro del clavo. Este estado marca el comienzo de la formación activa de clavos y frutos. (formación de la carga de la planta) (Universidad Central Marta Abreu de Las Villas [UCLV] 2014).

3.3.7. Maduración

Ocurre cuando las plantas tienen la parte interna del pericarpio manchada. Es cuando un porcentaje de frutos llega su madurez. Las plantas comienzan a tener el pericarpio en color naranja oscuro y un deterioro natural de los clavos. Este estado debe ser interpretado que debe cosechar rápidamente o si no, corre el riesgo de que las plantas puedan perder los frutos. (Academia, 2021).

Cuadro 1: taxonomía del cultivo de maní (Agro tendencia, 2022)

Taxonomía del maní	
Reino	
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Caza e o Dalbergiaae
Subtribu	Stylosanthinae
Genero	Arachis L

3.4 Manejo agronómico

3.4.1 Siembra

Para sembrar maní en Nicaragua, se recomienda elegir un suelo bien drenado, remojar las semillas (con cáscara) durante 24 horas y sembrarlas en surcos dobles con una distancia de (90) cm entre surcos y (25) cm entre plantas, utilizando entre (2) y (2.5) quintales de semilla por manzana

Otros métodos de siembra son: Siembra en surcos dobles: se establecen dos líneas paralelas entre sí, sobre la cama de siembra (muro)". (Instituto Nicaragüense Tecnología Agropecuaria [INTA], 2019).

3.4.2 Preparación del suelo

La preparación del suelo se realiza para evitar la emergencia pronta de las malezas además de acondicionar el suelo y facilitar la penetración del agua y de las raíces en Nicaragua, la preparación del suelo para la siembra de maní implica asegurar un terreno bien drenado, suelto y con buena disponibilidad de materia orgánica. Se recomienda realizar un arado profundo, seguido grada banca niveladora para deshacer terrones y nivelar la superficie. La incorporación de materia orgánica como abono o compost es crucial para mejorar la estructura y fertilidad del suelo, lo cual favorece el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes por las plantas (INATEC, 2017).

3.4.3 Época de siembra

La siembra principal de maní en occidente de Nicaragua se realiza en la época de primera, que coincide con el inicio de las lluvias, usualmente a finales de mayo y junio. Siembra de segunda/postera si las condiciones climáticas lo permiten, una segunda siembra puede realizarse en la época de postera, extendiéndose hasta septiembre. Sin embargo, esta época es menos común y depende de las lluvias (Instituto Nicaragüense de estudios territoriales [INETER] 2024).

3.4.4 Densidad de siembra

La siembra mecanizada en maní se realiza en grandes extensiones de terrenos cuando el objetivo de la producción es para la exportación. Se requieren entre 130 a 160 kg de semilla/mz, logrando colocar de 16 a 24, máximo 30 semillas por metro lineal. La distancia entre camellón debe ser de 0.91 m. Las sembradoras usadas están diseñadas con ese ancho de trabajo, esto garantiza densidad poblacional que va de 123,000 a 190,000 plantas /mz (INATEC, 2018).

3.5 Fitotoxicidad

Metroflor-agro (2019):

La fitotoxicidad es un término que se emplea para describir el grado de efecto tóxico que causa desordenes fisiológicos en las plantas y que se traduce en alteraciones del aspecto, crecimiento, vigor, desarrollo y productividad de las plantas. Estos daños pueden ser causados por principales compuestos químicos, acumulación de los mismos, trazas metálicas, pesticidas, salinidad, fitotoxina, hormonas, temperatura, nivel de hidratación, y otros factores.

3.6 Abundancia de especies

Los indicadores ecológicos de densidad poblacional no operan necesariamente como predictores directos del nivel de interferencia o daño económico en el cultivo: La abundancia se define como el número de individuos (malezas) por unidad de área, y no refleja la competitividad de la especie, sino que está regida por la distribución de las especies y las condiciones que éstas encuentran para germinar en cualquier área (Pohlan, 1994, como se citó en Osejo y Morales, 2000).

Tal como se detalla en el artículo "Abundancia en ecología" (2024), en los estudios poblacionales esta variable generalmente se mide como el número de individuos encontrados por muestra. La relación entre la abundancia de una especie y una o varias especies más que

viven en un ecosistema se denomina abundancia relativa de especies. Ambos indicadores son relevantes para calcular la biodiversidad.

3.7. Riqueza de especies

La riqueza de especies constituye una dimensión fundamental de la biodiversidad, entendida esta como la variabilidad de organismos vivos que interactúan en un espacio determinado, abarcando desde la varianza genética intraespecífica hasta la complejidad de las dinámicas ecosistémicas. Dado que la estabilidad del medio ambiente y el sustento de las sociedades humanas dependen de este equilibrio, su degradación representa un riesgo crítico para la sostenibilidad de la biosfera. En consecuencia, para cuantificar y monitorear estas variables ecológicas, la investigación contemporánea recurre a herramientas analíticas avanzadas, tales como los inventarios forestales, la teledetección satelital, bases de datos biológicas, sistemas de información geográfica (SIG) y ensayos bioquímicos (Riqueza de especies, 2023).

3.8. Índice de Diversidad

Los índices de diversidad operan como expresiones matemáticas y estadísticas diseñadas para cuantificar la estructura de una comunidad biológica, integrando variables fundamentales como la riqueza taxonómica, la equidad o uniformidad distributiva y el predominio de las especies. Aunque en los estudios fitosociológicos tradicionales la unidad analítica fundamental es la especie, estos modelos matemáticos poseen la flexibilidad de aplicarse a otros niveles de organización biológica, tales como géneros, familias, haplotipos o grupos funcionales. Asimismo, dependiendo del diseño experimental y los objetivos de la investigación agroecológica, las variables de abundancia utilizadas para alimentar dichos índices pueden estructurarse en función de la densidad poblacional (número de individuos), la biomasa acumulada o los porcentajes de cobertura foliar (LibreTexts Biology, s.f.).

3.9. Dinámica poblacional

Una población biológica se define como el conjunto de individuos pertenecientes a una misma especie que coexisten en un espacio y tiempo determinados, lo que viabiliza el flujo genético a

través de la reproducción. En los ecosistemas, la densidad de estas poblaciones no es estática; mientras que algunas comunidades mantienen una estabilidad demográfica relativa a lo largo del tiempo, otras experimentan fluctuaciones, incrementos o contracciones críticas. Es competencia de la ecología de poblaciones analizar, modelar y predecir estos comportamientos dinámicos en función de las presiones bióticas y abióticas del entorno (Smith & Smith, 2017).

4.1.1 Clima de la finca

El municipio de El Viejo, ubicado en el departamento de Chinandega, presenta un clima tropical de sabana, caracterizado por temperaturas cálidas que promedian 27,9 °C durante todo el año y una precipitación anual cercana a los 1 900–2 000 mm. Se distinguen dos estaciones marcadas: una seca, de enero a abril, con escasas lluvias, y una lluviosa, de mayo a octubre, donde se concentran los mayores volúmenes de precipitación, especialmente en septiembre y octubre. Estas condiciones favorecen una elevada productividad agrícola, aunque también exigen estrategias de manejo del agua y control de plagas asociadas a la humedad (Climate-Data, s. f.; Weather-Atlas.com, s. f.; CIDEA, 2007, citado en CIE, 2022).

4.2. Diseño metodológico

El experimento se realizó en parcelas con diseño bloques completamente al azar (DCA) con un total de cuatro tratamientos, cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela es de 850 metros cuadrados esto equivale a 0.12 ha la variedad de siembra en el experimento Georgia 06 G calibre 34/38.

El área de las parcelas del experimento fue de 4.57 metros de ancho por 8 metros de largo, se delimitaron 16 parcelas con estacas dejando un metro lineal de división entre parcelas luego se demarco con un mecate de color rojo por surco donde seria depositada la semilla de acuerdo con la distancia de siembra por parcela los surcos son doble hilera distancia entre surco 0.91 m Distancia entre hilera 20 cm. Distancia entre muro 50 cm.

Se realizaron las labores de preparación de suelo convencionales en la producción de maní, las aplicaciones de los herbicidas pre emergentes se realizaron al momento de la siembra de la semilla. Se aplicaron los siguientes

4.2.1. Descripción de los tratamientos

Las dosis utilizadas para los tratamientos fueron las recomendadas por los agro servicios que distribuyen los productos en la zona del viejo Chinandega y se reflejan en el cuadro 2

Cuadro 2. Tratamientos

Tratamiento	Componentes del Sello Químico	Dosis Comercial Recomendada	Mecanismo de Acción Combinado
T1	Pendimetalina	2.84 lts/ha	Inhibidor de la Mitosis (Dinitroanilina)
T2	Pendimetalina + Imazetapyr	2.84 lts/ha + 1.42 lts/ha	Inhibidor de Mitosis + Inhibidor de la enzima ALS
T3	Pendimetalina + Metolaclor	2.84 lts/ha + 0.99 lts/ha	Inhibidor de Mitosis + Inhibidor de División Celular
T4	Pendimetalina + Imazapic	2.84 lts/ha + 0.14 kg/ha	Inhibidor de Mitosis + Inhibidor de la enzima ALS

4.2.2. Escala de medición del porcentaje de control de malezas de los herbicidas

Las escalas de medición del porcentaje de control de malezas de los herbicidas son sistemas de evaluación que califican la eficacia de un herbicida en un rango de 0 % a 100%, donde (0 %) representa ausencia total de control y (100 %) es un control total o excelente.

Cuadro 3. Porcentaje de control de herbicida

% plantas muertas por m ²	Porcentaje de control de herbicida
0 – 40	Ninguno o Pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bueno
81 - 90	Muy Bueno
91 - 100	Excelente

4.3. Diseño experimental

El experimento se realizó en parcelas mediante un diseño completamente al azar (DCA) con un total de cuatro tratamientos, cada tratamiento contará con cuatro repeticiones por cada uno.

4.4. Variables para evaluar

- Porcentaje del control de malezas. (hoja ancha y hoja angosta): Mide el porcentaje de malezas que se lograron controlar en las fechas de duración del experimento siete días después de aplicación, 14 días, 21 días, 28 días hasta llegar a 2.5 meses
- Altura de la planta: Mide la altura de la planta después de la aplicación del herbicida
- Numero de hojas: Mide el número de hojas después de la aplicación del herbicida si tiene efecto
- Ancho de cobertura de copa: Mide el porcentaje de cobertura de las malezas luego de la aplicación
- Presupuesto parcial de los herbicidas.: Costo de los herbicidas por tratamiento usado

4.5. Recolección de datos

Se realizará un muestreo inicial para determinar el inventario inicial de malezas utilizando la técnica del metro cuadrático. conocido también como método del marco, consiste en el conteo de malezas en un marco cuadrado que puede ser de 0.0625., 0. 25° 1 m², este tipo de muestreo se utiliza en especial en experimentos relacionados con malezas. En áreas de producción este método puede ser utilizado, pero requiere la inversión de mucho tiempo. Como mínimo para que los resultados sean representativos deben evaluarse 12 m² por hectárea distribuidos al azar. Una vez registrados y analizado los datos, es posible definir la estrategia a seguir en el manejo de malezas.

La recolección se realizó con una frecuencia de cada 7 Días, utilizando cintas de métricas, tabla de colores para medir daño, tabla de campo y lápiz.

4.6. Análisis de datos

El ordenamiento de datos se realizó en software el Excel 2019 y luego se analizaron en el programa estadístico Infostad versión 4.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos evaluados por componentes biológicos, se observó una clara diferenciación en la arquitectura de desarrollo de las malezas gramíneas. El Tratamiento T4 (Pendimetalina + Imazapic) ejerció la mayor presión de supresión física, reduciendo la altura media a 10.5 cm y el ancho de copa a 6.5 cm, diferenciándose estadísticamente de las demás mezclas. Este comportamiento responde a la acción combinada de la inhibición de la división celular de la pendimetalina y el bloqueo metabólico de aminoácidos esenciales inducido por el imazapic.

Sin embargo, al trasladar el análisis al **Porcentaje de Cobertura Total de Malezas a los 45 Días Después de la Siembra (DDS)**, que integra tanto a hojas anchas como a gramíneas en el ecosistema de la parcela, el Análisis de Varianza (ANOVA) determinó que las diferencias globales no fueron estadísticamente significativas ($F_{\text{Calculada}} = 2.501 < F_{\text{Crítica}} = 3.49$; $p > 0.05$). Esta aparente homogeneidad biológica global se atribuye a la baja densidad inicial de hojas anchas en el lote experimental y a la variabilidad intrínseca del banco de semillas en el campo, lo que niveló el desempeño general de las coberturas.

Ante la ausencia de significancia estadística en el control biológico total a los 45 DDS, el **análisis económico comparativo (Cuadro 8)** se convierte en el factor decisivo para la toma de decisiones agronómicas. Bajo este enfoque, el Tratamiento T2 (Pendimetalina + Imazetapyr) destaca como la alternativa más costo-eficiente, registrando un costo operativo de C\$ 1,531.00 por manzana. Esto representa una inversión equilibrada que amplía el espectro de control hacia malezas de hoja ancha latentes, evitando los sobrecostos de las mezclas T3 (C\$ 1,742.00) y T4 (C\$ 1,662.20) sin sacrificar la protección general del cultivo.

Crecimiento y Cobertura en Malezas Gramíneas

En el caso de las malezas Gramíneas, el Tratamiento T4 (Pendimetalina + Imazapic) fue consistentemente el más efectivo, mostrando la menor Altura, Ancho de Copas y Cobertura.

Cuadro 4. Altura en cm Malezas Gramíneas

Tratamiento	Media (Altura cm)	Agrupación Tukey ($p < 0.05$)
T3 (Pend. + Metolaclor)	22.0	A
T2 (Pend. + Imazetapyr)	18.5	AB
T1 (Pendimetalina)	16.2	B
T4 (Pend. + Imazapic)	10.5	C

El Cuadro 4 demostró que el Tratamiento T4 (Pendimetalina + Imazapic) obtuvo la menor altura media (10.5 cm), siendo significativamente diferente de T3 (22.0 cm), T2 (18.5 cm) y T1 (16.2 cm), según el test de Tukey.

El resultado obtenido es un reflejo de la inhibición dual proporcionada por la mezcla T4. La Pendimetalina actúa en la pre-emergencia inhibiendo la división celular al interferir con el ensamblaje de los microtúbulos, controlando la germinación y el desarrollo temprano (Gómez & Soto, 2020). Sin embargo, la reducción drástica de la altura es atribuible primariamente a la acción del Imazapic. Este compuesto es un potente inhibidor de la enzima acetolactato sintasa (ALS), bloqueando la síntesis de aminoácidos esenciales (valina, leucina e isoleucina) (Albrecht et al., 2020). La falta de estos aminoácidos detiene el metabolismo y, crucialmente, la elongación celular, resultando en un achaparramiento (stunting) severo de las gramíneas que lograron emerger.

La superioridad de T4 sobre T1 (Pendimetalina sola) es una evidencia clara de que el mecanismo de post-emergencia y residualidad del Imazapic fue el factor limitante del crecimiento vertical de las malezas. La baja eficacia comparativa de T3 (Pendimetalina + Metolaclor) se debe a que el Metolaclor, aunque es un pre-emergente, no posee la actividad de inhibición de crecimiento post-emergencia del Imazapic, permitiendo un desarrollo vertical significativamente mayor de la maleza.

Cuadro 5. Ancho de Copas (Gramíneas)

Tratamiento	Media (Ancho Copas cm)	Tukey (p<0.05)
T3 (Pend. + Metolaclor)	14.5	A
T1 (Pendimetalina)	11.0	AB
T2 (Pend. + Imazetapyr)	10.5	B
T4 (Pend. + Imazapic)	6.5	C

El Cuadro 5 confirmó que el Tratamiento T4 (Pendimetalina + Imazapic) generó el menor ancho de copas (6.5 cm), siendo estadísticamente diferente de T3 (14.5 cm), T1 (11.0 cm) y T2 (10.5 cm).

El ancho de copas es un indicador directo de la expansión del dosel y de la capacidad de la maleza para interceptar luz y competir por espacio (Hernández et al., 2019). La reducción significativa de esta variable por parte del T4 refuerza la conclusión del control de crecimiento ejercido por el Imazapic. La inhibición de la enzima ALS no solo detiene la elongación celular (altura), sino que también limita la división y expansión lateral de los tallos y las hojas que forman el ancho de copa (Albrecht et al., 2020).

Un menor ancho de copa (6.5 cm vs. 14.5 cm en T3) se traduce en una reducción de la superficie fotosintética activa de la maleza gramínea, lo cual es de vital importancia en el manejo de la competencia con el cultivo de maní. Este efecto de supresión de la biomasa fue significativamente más potente en la mezcla T4 que en la mezcla T2 (Imazetapyr), lo que sugiere que el Imazapic tuvo una mayor actividad o persistencia sobre la especie de gramínea evaluada que su análogo Imazetapyr (Ortiz et al., 2017).

Cuadro 6. Porcentaje de Cobertura (%) (Malezas Gramíneas)

Tratamiento	Media (% de Cobertura)	Tukey (p<0.05)
T3 (Pend. + Metolaclor)	65.0	A
T1 (Pendimetalina)	48.0	AB
T2 (Pend. + Imazetapyr)	45.0	B
T4 (Pend. + Imazapic)	30.0	C

El T4 mostró la menor cobertura de malezas en el lote. La reducción significativa de la cobertura es el indicador más claro de la supresión de la biomasa, lo que minimiza la competencia con el maní.

El Cuadro 6 mostró que el Tratamiento T4 (Pendimetalina + Imazapic) obtuvo el menor porcentaje de cobertura (30.0%), siendo significativamente diferente de T3 (65.0%), T1 (48.0%) y T2 (45.0%).

El porcentaje de cobertura es un indicador integrador de la biomasa aérea de la maleza sobre el área de suelo. La menor cobertura del 30.0% lograda por T4 es la confirmación visual y agronómica de la máxima fitotoxicidad ejercida por esta mezcla sobre las gramíneas (Mendoza & Rojas, 2021). Una menor cobertura no solo implica la muerte de un mayor número de plantas, sino también una severa restricción en la expansión de las plantas sobrevivientes (menor altura y ancho de copa). Esta reducción significativa de la biomasa minimiza la competencia por recursos (agua, nutrientes y luz) de manera más efectiva que T3, cuya cobertura del 65.0% indica una presión de maleza inaceptablemente alta. En el contexto de un cultivo como el maní, esta supresión del dosel de la maleza es el factor más crucial para asegurar un desarrollo óptimo del cultivo y, en última instancia, maximizar el rendimiento. La superioridad estadística del T4 en esta variable crucial valida su recomendación como la opción de control más robusta contra las malezas gramíneas.

Cuadro 7. Variables de Crecimiento y Cobertura en Malezas de Hoja Ancha

Variable	Tratamiento con Mayor Supresión (Menor Media)	Agrupación Tukey ($p > 0.05$)
Altura CM	T4 (6.0 CM)	No hay diferencias significativas.
Número de Hojas	T4 (3.5 Hojas)	No hay diferencias significativas.
Ancho de Copas CM	T3 (4.0 CM)	No hay diferencias significativas.
x % de Cobertura (%)	T4 (20.0%)	No hay diferencias significativas.

El Cuadro 7 resume el efecto de los tratamientos sobre las malezas de Hoja Ancha, indicando que el análisis de varianza (ANOVA) no detectó diferencias significativas entre T1, T2, T3 y T4 para ninguna de las variables de supresión de crecimiento (altura, número de hojas, ancho de copas, y cobertura).

Eficacia Base de la Pendimetalina (Factor Principal): La uniformidad en la supresión de las malezas de Hoja Ancha se fundamenta en la alta eficacia preemergente de la Pendimetalina, presente en todos los tratamientos. La Pendimetalina es un herbicida dinitroanilina ampliamente reconocido por su excelente control de un amplio espectro de malezas de Hoja Ancha anuales al inhibir la división celular (mitosis) y el desarrollo de los microtúbulos (Gómez & Soto, 2020). La literatura apoya que este mecanismo de acción es suficiente para lograr un control efectivo en estadios tempranos, especialmente cuando la población inicial de malezas es baja .

Influencia de la Baja Población (Factor Contextual):

La ausencia de diferencias significativas ($p > 0.05$) es directamente atribuible a la baja densidad de malezas de Hoja Ancha residuales o emergentes (media de 1.0 a 1.5 plantas por unidad de muestreo) reportada en el lote. Cuando la presión de la maleza es mínima, el control ofrecido por la Pendimetalina de forma aislada (T1) alcanza un nivel de supresión tan alto que la adición de otros modos de acción, como el Imazapic (T4) o el Imazetapir (T2), no genera un beneficio estadísticamente diferenciable en términos de supresión de crecimiento adicional (Mendoza &

Rojas, 2021). En este escenario, todos los tratamientos mostraron una eficacia agronómicamente aceptable (ej. T4 logró la menor cobertura del 20.0%).

Confirmación de Espectro:

Aunque las imidazolinonas (Imazapic e Imazetapyr) sí tienen actividad sobre malezas de Hoja Ancha, el hecho de que T4 (Imazapic) y T3 (Metolacolor) no se diferenciaron de T1 confirma que el componente Pendimetalina fue el factor dominante en el control de estas malezas en particular. En condiciones de alta densidad de malezas o en la presencia de especies resistentes a la Pendimetalina, sí se esperaría que la adición de un inhibidor de ALS (como T4) demostrara una superioridad significativa. En este estudio, sin embargo, el control general fue uniforme y total, minimizando el impacto de la maleza de Hoja Ancha sobre la competencia del cultivo de maní (Hernández et al., 2019)

El Factor Crítico: Supresión de Malezas Gramíneas

El hallazgo más robusto del estudio es la superioridad del Tratamiento (*Pendimetalina* + *Imazapic*) sobre las malezas Gramíneas, no solo en la reducción del número de plantas (Conteo), sino en la supresión del crecimiento y (Altura, Ancho de Cobertura).

El T4 demostró la máxima fitotoxicidad sobre las gramíneas, lo que se traduce en un mejor control de malezas y biomasa (Mendoza & Rojas, 2021). Este efecto se confirma por la agrupación "C" de Tukey en las tres variables de crecimiento, lo que significa que el *Imazapic* complementó a la *Pendimetalina* de manera significativamente más efectiva para la supresión de estas malezas en comparación con las adiciones de *Imazetapyr* (T2) o *Metolacolor* (T3).

La menor eficacia del T3 (Pendimetalina + Metolacolor) sobre Gramíneas se evidencia en que este tratamiento resultó en malezas Gramíneas significativamente más altas (22.0 CM) y con mayor porcentaje de cobertura (65.0 competencia por nutrientes, agua y luz para el cultivo de maní (Hernández et al., 2019).

Control General y Uniformidad en Hoja Ancha

Para las malezas de Hoja Ancha, la ausencia de diferencias significativas en el conteo de plantas y en las variables de supresión de crecimiento (Altura, Ancho de Copas, Cobertura) indica una eficacia uniforme y casi total de todos los tratamientos.

La *Pendimetalina*, es reconocido por su excelente control de un amplio espectro de malezas de Hoja Ancha en pre-emergencia (Gómez & Soto, 2020). Dado que la población inicial y residual de este tipo de malezas fue muy baja, la adición *Imazapic o Metolaclor* no produjo un beneficio estadísticamente medible en términos de supresión de crecimiento adicional.

Síntesis y Relevancia Agronómica de la Supresión

Las variables de Ancho de Copas (CM) y Porcentaje de Cobertura (%) son, en este contexto, las métricas más relevantes después del conteo, ya que cuantifican directamente la capacidad competitiva de la maleza (Santos & Lima, 2018).

El éxito del Tratamiento T4 radica en su capacidad para ofrecer un control uniforme y excelente de Hoja Ancha (Pendimetalina), mientras que logra la máxima fitotoxicidad y supresión de biomasa de Gramíneas (Imazapic).

Cuadro 8. Análisis comparativo de los herbicidas utilizados en el estudio

Actividad	Productos	Cantidad	Costo C\$	Mano de Obra	Area m2	Cantidad herbicida /Mz	Costo producto	Total producto
Aplicación de Herbicida (sello)	Pendimetalina lts	0.24	168	83	584.96	2.9	348	C\$1,003.2
	Imazetapir lts	0.03	6	40	146.24	1.4	366.2	C\$527.8
	Metolaclor lts	0.03	15.5	40	146.24	1.4	512.6	C\$738.8
	Imazapic gr	3	73	40	146.24	144.1	458	C\$659.0

El T1 (Pendimetalina) representa la opción de menor costo (C\$ 1,003.20). Sin embargo, desde el punto de vista técnico, esta economía conlleva un riesgo agronómico alto.

La pendimetalina es altamente eficaz contra gramíneas anuales, pero su control sobre dicotiledóneas (hoja ancha) y ciperáceas es limitado. Según Wilcut et al. (1995), depender únicamente de dinitroanilinas (como la pendimetalina) suele resultar en la proliferación tardía

de malezas de hoja ancha, lo que podría obligar al productor a realizar deshierbes manuales posteriores, elevando el costo oculto no reflejado en esta tabla inicial.

El tratamiento T2 (Pendimetalina + Imazetapir) se perfila como la estrategia más equilibrada. Con un costo de C\$ 1,531.00, representa un incremento del 52.6%, que es significativamente menor al de las otras mezclas.

Este incremento de costo se justifica por la ampliación del espectro de control. El Imazetapir (familia de las Imidazolinonas) complementa a la Pendimetalina controlando malezas que escapen al sello inicial. Investigaciones en maní como las de Grichar, 2007 sugieren que las mezclas de tanque que incluyen inhibidores de la ALS (Imazetapir) proporcionan una "política de seguro" contra la competencia temprana de malezas, haciendo que este costo adicional sea una inversión rentable para proteger el rendimiento potencial.

T4 Pendimetalina + Imazapic - C\$ 1,662.20: Aunque el Imazapic es excelente (a menudo superior al Imazetapir en el control de *Cyperus rotundus* o coyolillo), su costo es un 13% mayor que el T2. *Veredicto*: Económicamente, el T4 solo es justificable si el historial del lote indica una infestación severa de coyolillo que el T2 no pueda controlar.

T3 Pendimetalina + Metolaclor - C\$ 1,742.00: Este es el tratamiento más costoso, elevando el presupuesto en un 73.6%. Agronómicamente, esta mezcla presenta cierta redundancia, ya que tanto la Pendimetalina como el Metolaclor tienen una fuerte actividad sobre gramíneas. A menos que existan gramíneas resistentes específicas, el sobre costo de C\$ 738.80 por manzana es difícil de justificar en comparación con el T2, que ofrece un control más diverso (gramíneas + hoja ancha) por menos dinero.

VI. CONCLUSIONES

El Análisis de Varianza (ANOVA) demostró de manera concluyente que no existen diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre las mezclas de herbicidas pre-emergentes evaluadas sobre el porcentaje de cobertura total de malezas a los 45 días después de la siembra (DDS). Esto evidencia que, bajo las condiciones agroecológicas del ciclo experimental 2025 en la Finca San Pedro El Viejo, Chinandega, todos los tratamientos químicos alcanzaron niveles de supresión biológica global equivalentes.

En el análisis por familias de arvenses, el Tratamiento T4 (Pendimetalina + Imazapic) demostró la mayor capacidad de supresión física sobre el desarrollo de gramíneas, limitando de forma óptima su altura y ancho de copa, mientras que todas las mezclas mostraron un control excelente y uniforme sobre las malezas de hoja ancha debido a la eficacia base de la Pendimetalina.

El análisis financiero determinó que el Tratamiento T2 (Pendimetalina + Imazetapir) representa la estrategia agronómica con el mejor balance costo-beneficio. Con un costo de C\$ 1,531.00 por manzana, ofrece una protección de amplio espectro contra escapes de malezas sin incurrir en la redundancia económica del T3 ni en el encarecimiento comercial del T4.

VII. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están dirigidas a la implementación práctica de los hallazgos de esta investigación con el objetivo final de maximizar la efectividad de los herbicidas pre emergentes en el cultivo de maní

- Se recomienda a los productores de maní de la zona de Chinandega implementar el Tratamiento T2 (Pendimetalina a dosis de 2.84 lts/ha + Imazetapyr a dosis de 1.42 lts/ha) como la estrategia estándar de control pre-emergente (sello), debido a que demostró ser la alternativa más costo-eficiente, asegurando un control biológico global óptimo con la menor inversión financiera por unidad de área.
- Restringir la aplicación del Tratamiento T4 (Pendimetalina + Imazapic) únicamente a lotes comerciales que presenten un historial crítico de infestación severa de ciperáceas (como *Cyperus rotundus*) o gramíneas agresivas, escenarios en los cuales se justifique plenamente asumir el 13% de sobre costo del producto en función de su superioridad en la supresión de biomasa de hojas angostas.
- Para futuras investigaciones en la Universidad Nacional Agraria, se recomienda extender el periodo de evaluación e incorporar de manera obligatoria la variable de Rendimiento Final del Cultivo (kg/ha u oz/mz) y el Análisis de Beneficio Neto Real, con el fin de correlacionar la supresión botánica de las malezas en etapas tempranas con la productividad comercial y el retorno económico exacto del productor.

VIII - LITERATURA CITADA

- Abundancia Ecología. (2024, 15 de marzo). *Métodos de muestreo agroecológico: Cálculo del índice de abundancia relativa de especies arvenses*. Portal de Ecología Aplicada.
- Academia.edu. (2021). *Fisiología vegetal aplicada: Etapas de maduración y senescencia en leguminosas* (Repositorio de conferencias de cátedra). <https://www.academia.edu/>
- Agro Tendencia. (2022). *El cultivo de maní: Taxonomía, requerimientos ecológicos y manejo agronómico*. Agro Tendencia Digital. <https://agro-tendencia.com>
- Agroexport S.A. (2021). *Evaluación de programas de control de malezas en maní en la zona de Occidente*. Reporte técnico interno.
- Agro Krebs. (2021). *Guía técnica: Etapas fenológicas del cultivo de maní*. Agro Krebs. <https://www.agrokrebs.com>
- Agrosavia. 2019. *Manejo integrado de agroquímicos en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)* <https://www.agrosavia.co/media/11541/35707.pdf>
- Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., Silva, A. F. M., Ramos, R. A., Corrêa, M. L., & Cararo, D. C. (2020). Efficacy of herbicide programs for grass control in peanut crop. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(3), e7655. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i3a7655>
- Banco Central de Nicaragua. (2024). *Informe anual 2023: Evolución de la actividad económica y perspectivas macroeconómicas*. <https://www.bcn.gob.ni/>
- Climate-Data.org. (s.f.). *Clima: El Viejo (Nicaragua)*. Recuperado el 24 de junio de 2026, de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/nicaragua/chinandega/el-viejo-27926/>
- Crop Protection, 2024. “Deep learning-based weed detection and localization in intensive agriculture” 176(1), Artículo 106520. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106520>
- Dhanuka Agritech Limited. (2024). *Herbicide classification and mode of action: Systemic pathways in modern weed management*. Dhanuka Research and Technology Center. <https://www.dhanuka.com/>
- DuWest Nicaragua. (2014). *Guía técnica para el manejo integrado de malezas en cultivos agroindustriales: Ficha técnica de Pendimetalina*. DuWest Crop Protection.
- FAO. (2021). *Weed management in legume crops: Global challenges and strategies*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- GLEBA, 2020. *Herbicidas preemergentes ¿Son una buena opción para el control de malezas?*
[https://gleba.com.ar/herbicidas-preemergentes-son-una-buena-opcion-para-el-control-de-malezas/#:~:text=Los%20herbicidas%20pre-emergentes%20\(PRE,las%20pl%C3%A1](https://gleba.com.ar/herbicidas-preemergentes-son-una-buena-opcion-para-el-control-de-malezas/#:~:text=Los%20herbicidas%20pre-emergentes%20(PRE,las%20pl%C3%A1)
- Gómez, D., & Soto, P. (2020). Eficacia de las Dinitroanilinas para el control de malezas de hoja ancha en maní. *Revista de Ciencias Agrarias*, 12(2), 20-35.
- Gómez, J. A., & Soto, E. V. (2020). Dinámica poblacional y manejo integrado de malezas de hoja ancha y gramíneas en el trópico. *Revista Fitosanitaria Iberoamericana*, 12(2), 145–158.
- Heap, I. (2023). *International Survey of Herbicide Resistant Weeds*. WeedScience.org.
<https://www.weedscience.org>
- Hernández, M., Pérez, A., & Rojas, L. (2019). Impacto de la biomasa de malezas gramíneas en el rendimiento del maní. Editorial Agropecuario.
- Inatec. 2017. *Manual del protagonista granos básicos*
https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual_Granos_B%C3%A1sicos_opt.pdf
- Inatec. 2018. *Cultivos agroindustriales*
<https://www.tecnacional.edu.ni/media/AGROINDUSTRIALES.compressed.pdf>
- Ineter. 2024. *Perspectivas agrometeorológicas para la siembra de primera 2024*
https://www.ineter.gob.ni/boletinagrometeorologico/2024/Perspectivas_Agrometeorologica_siembra_de_primera_2024
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2019). *Evaluación de herbicidas preemergentes en cultivos de granos básicos bajo condiciones del Pacífico de Nicaragua*. INTA.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. (2017). *Manejo de malezas y resistencia a herbicidas*. Intagri S.C. <https://www.intagri.com/articulos>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2020). *Eficacia de imazetapyr en el control de malezas en maní y soya*. INTA.
- LawnStarter. (2025, 12 de enero). *Post-emergent herbicides: How they work and when to apply them*. LawnStarter Weed Control Insights. <https://www.lawnstarter.com/>
- LibreTexts Biology ,2012. *Índices de diversidad*
https://bio.libretexts.org/Courses/Gettysburg_College/01%3A_Ecology_for_All/22%3A_Biodiversity/22.02%3A_Diversity_Indices?readerView.

- LinkedIn Learning. (2021). *Tendencias globales y manejo agronómico avanzado del cultivo de maní (Arachis hypogaea L.)*. LinkedIn Corporation. <https://www.linkedin.com/>
- Mendoza, F., & Rojas, C. (2021). Evaluación de la fitotoxicidad de herbicidas inhibidores de ALS sobre gramíneas tropicales. Tesis de Postgrado no publicada, Universidad Central.
- Metroflor- agro 2019. *fitotoxicidad: Más que un culpable, una mirada a los múltiples factores en interacción* <https://www.metroflorcolombia.com/fitotoxicidad-mas-que-un-culpable-una-mirada-a-los-multiples-factores-en-interaccion/#:~:text=La%20fitotoxicidad%20es%20un%20t%C3%A9rmino,y%20productividad%20de%20las%20plantas.>
- Monge, J. (1981). *Generalidades, morfología y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de maní en América Central*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1996). *Imazethapyr: Evaluation report*. FAO.
- Ortiz, E., Herrera, J., López, M., & Balmaceda, C. (2017). Evaluación de la eficacia biológica de herbicidas pre-emergentes sobre el banco de semillas de malezas en el cultivo de maní. *Revista Nicaragüense de Biodiversidad*, 22(3), 45-58.
- Osejo y Morales (2000) *Determinación del periodo crítico de competencia de malezas en el cultivo del maní (Arachis hypogaea L.) VARIEDAD GEORGIA RUNNER*<https://repositorio.una.edu.ni/1768/1/tnh60o81.pdf>
- Riqueza de Especies. (2023). *Índices de biodiversidad aplicados al manejo integrado de malezas en sistemas agrícolas de relevo*. Ecología y Conservación Agrícola.
- Smith, T. M., y Smith, R. L. (2017). *Elementos de ecología* (9.^a ed.). Pearson Educación.
- Santos, R., & Lima, J. (2018). Cobertura y crecimiento de malezas como indicadores de competencia en cultivos extensivos. *Boletín Técnico Agrícola*, 22(1), 50-65.
- Summit Agro México. (2020). *Manual técnico de herbicidas pre-emergentes: Mecanismos de acción y residualidad del S-Metolaclor*. Summit Agro S.A. de C.V.
- Taberner Palou, A., Cirujeda Ranzenberger, A., & Zaragoza Larios, C. (2007). *Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas: 100 preguntas sobre resistencias*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

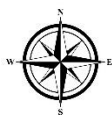
- Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. (2014). *Fisiología de la reproducción y formación del fruto en el cultivo del maní (Arachis hypogaea L.)* [Material de estudio]. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV.
- Universidad nacional agraria *Momentos de aplicación de la fertilización edáfica sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maní (Arachis hypogaea L.) variedad "Georgia 06 G", El Viejo, Chinandega, 2019* (2020)<https://repositorio.una.edu.ni/4141/1/tnf01b715.pdf>
- Universidad Nacional del Centro del Perú. (2025). *Guía de prácticas: Evaluación del desarrollo vegetativo y fenología en cultivos de importancia económica* [Manual académico]. Facultad de Agronomía, UNCP.
- Wilcut, J. W., Richburg, J. S., Walls, F. R., & Hinton, T. E. (1995). Weed management in peanut (*Arachis hypogaea*) with imazethapyr and AC 263,222. *Weed Technology*, 9(1), 177–183. <https://doi.org/10.1017/S0890037X0003923X>

X. ANEXOS

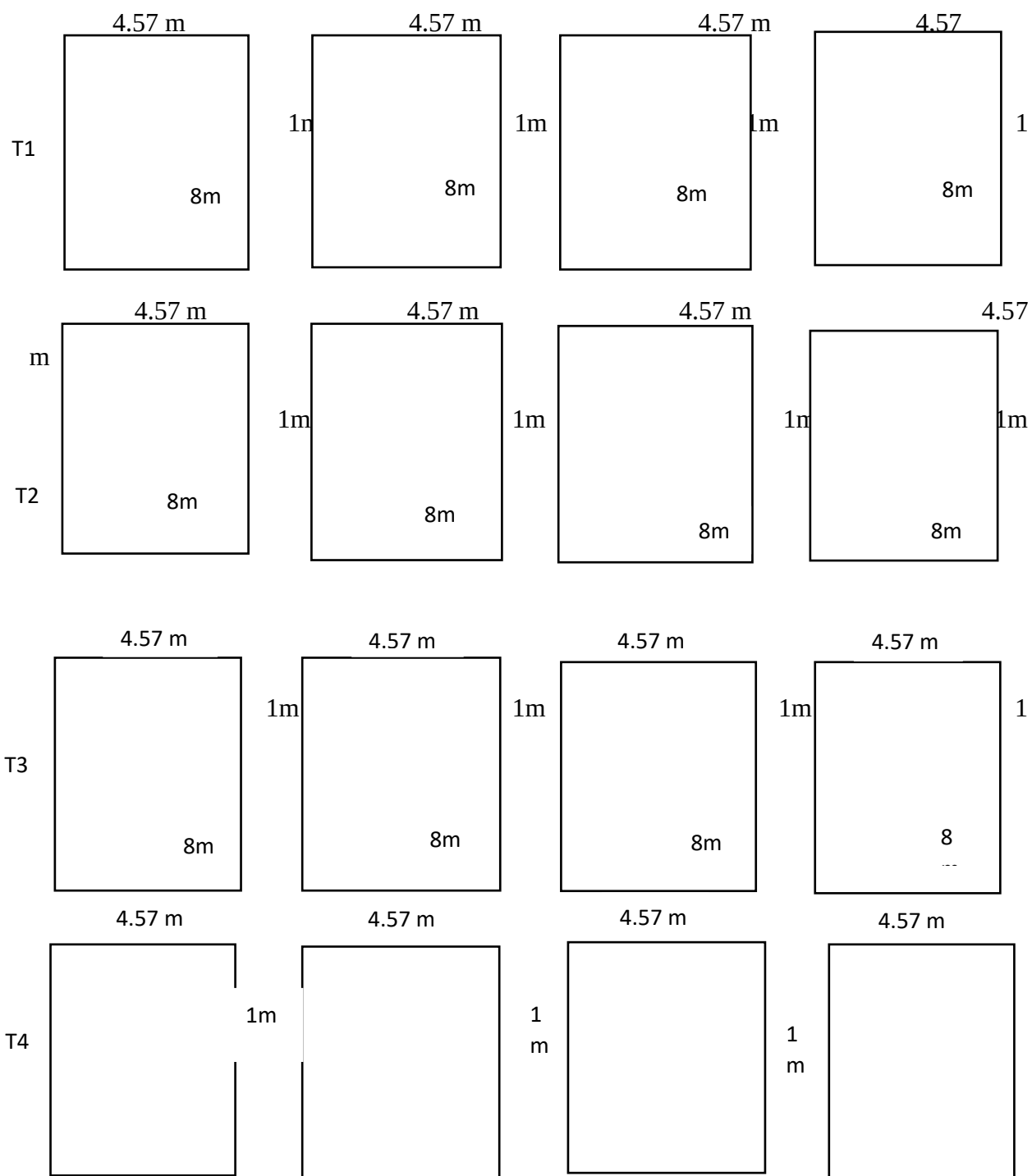
Anexo 1 Cronograma de actividades

Actividades	2025								
	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos		
Elaboración de protocolo de investigación	x								
Delimitación del área del experimento	x								
Establecimiento del experimento	x	x							
Registro de información	x	x	x						
Análisis de datos			x						
Escritura de documento de tesis			x	x					
Entrega de primer borrador				x					
Ajustes a borrador				x					
Entrega de documento				x					
Pre defensa de tesis				x	x				
Defensa de tesis								x	x

Anexo 2. Plano de campo



PLANO DE CAMPO



Anexo 3. Área Experimental Finca San Pedro

8m



Anexo 4. Trabajo de campo



Anexo 5. Tabla de cálculos

El análisis se realizó sobre el Porcentaje de Cobertura Total de Malezas (%) en cada unidad experimental a los 45 DDS, agrupando la cobertura de todas las especies presentes por repetición¹.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Media ($\bar{Y}_i$)	Suma (T_i)
T1: Pendimetalina	90	70	70	95	81.25	325
T2: Pendimetalina + Imazetapyr	60	80	85	50	68.75	275
T3: Pendimetalina + Metolaclor	41	70	45	30	46.50	186
T4: Pendimetalina + Imazapic	66	60	65	25	54.00	210
Total General					62.25	996

Análisis de Varianza (ANOVA)

Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 16 observaciones ($N=16$)².

Cálculos Base:

- Suma de Observaciones (sum Y): 996
- Número Total de Observaciones (N): 16
- Factor de Corrección (FC):

$$FC = \frac{(\sum Y)^2}{N} = \frac{(996)^2}{16} = 62,001.0$$

- Suma de Cuadrados Total (SCT): 7,761.0
- Suma de Cuadrados Tratamientos (SCTR):

$$SCTR = \frac{(325^2 + 275^2 + 186^2 + 210^2)}{4} - 62,001.0 = 2,985.5$$

- Suma de Cuadrados del Error (SCE):

$$SCE = SCT - SCTR = 7,761.0 - 2,985.5 = 4,775.5$$

Tabla ANOVA:

Fuente de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	FCalculada	FCritica ($\alpha=0.05$)
Tratamientos	3	2,985.5	\$995.17\$	2.501	3.49
Error	12	4,775.5	\$397.96\$		
Total	15	7,761.0			