

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



Efecto de diferentes métodos de control sobre *Senecio inaequidens* en pastizales de la Localidad de Barrio de Santa Cruz, Tonayán, Veracruz, México

Por:

DIANA LIZETH VÁZQUEZ PÉREZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para
obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Efecto de diferentes métodos de control sobre *Senecio inaequidens* en pastizales
de la Localidad de Barrio de Santa Cruz, Tonayán, Veracruz, México

Por:

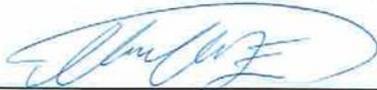
DIANA LIZETH VÁZQUEZ PÉREZ

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado exterminador como requisito para
obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



Dr. José Javier Ochoa Espinoza
Asesor Principal Interno



Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor



Dr. Alejandro García Salas
Coasesor



MC. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre, 2023

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o el autor original (corta y pega); reproducir texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos del Autor.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Diana Lizeth Vázquez Pérez

Asesor Principal



Dr. José Javier Ochoa Espinoza

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por darme vida, guiarme, darme la oportunidad de disfrutar a mis seres queridos y por tener en quien creer cuando las situaciones me resultan complicadas.

A MI FAMILIA: Por permitirme llegar hasta este punto crucial de mi vida, por apoyarme siempre e incondicionalmente en cada una de mis decisiones durante mi trayectoria, por las enseñanzas brindadas, por inculcarme sus valores y por esos sabios consejos que me han dado hasta hoy en día.

A la Alma Terra Mater: Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme en el sector agropecuario y por, permitirme conocer personas que dejaron grandes aprendizajes.

A Dra. Miriam Sánchez Vega: Por darme la oportunidad de colaborar y realizar este trabajo, por el apoyo ofrecido desde un principio y por permitirme desarrollarme en este nuevo ámbito.

A mis Asesores de tesis: Dr. José Javier Ochoa Espinoza y Dr. Armando Hernández Pérez, por su tiempo, dedicación y disposición brindada.

A mis amigos: Yare y Fernando, por permitirme compartir tantos momentos gratos, por sus consejos y apoyo real que me ofrecieron ante las diversas circunstancias y por ayudarme a continuar. A Vera por sus enseñanzas y su ayuda proporcionada.

A aquellos, que se han cruzado en el camino y me han ofrecido tantas enseñanzas y apoyo sin esperar nada a cambio, y que, han contribuido sin duda alguna en mi formación personal y profesional.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Diana y Miguel, que han permitido que esto sea posible, que con su cariño y ejemplo me han dado tanto, por enseñarme el valor de las cosas y mostrarme que cada una de ellas se gana con esfuerzo y perseverancia, esto es para ustedes con mucho amor.

A MI HERMANA: Por creer siempre y no dudar nunca de mí, por motivarme cada vez que recurría a ti. Nunca olvides que eres parte de esto y que puedes lograr todas aquellas cosas que te propongas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivo General	2
1.2.1 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Antecedentes de la especie	4
2.2 Maleza.....	5
2.2.1 Definición.....	5
2.2.2 Importancia de la maleza.....	6
2.2.3 Clasificación de la maleza	6
2.2.4 Daños por maleza.....	7
2.3 Descripción de la especie en estudio.....	8
2.3.1 Nombres comunes que recibe la especie.....	8
2.3.2 Clasificación taxonómica	8
2.3.3 Descripción botánica	8
2.3.4 Reproducción de <i>Senecio</i>	11
2.4 Distribución de <i>Senecio inaequidens</i>	12
2.5 Dispersión de la maleza	13
2.6 Generalidades de la planta	14
2.7 Daños ocasionados por <i>Senecio inaequidens</i>	15
2.7.1 Daños ecológicos	15
2.7.2 Alkaloides de pirrolizidina	16
2.7.3 Daños en la economía.....	18

2.8	Manejo Integrado de Malezas	18
2.9	Métodos de control de malezas	19
2.10	Importancia de los pastizales	21
2.10.1	Producción y superficie nacional	22
2.10.2	Características de los pastizales	23
2.10.3	Sistemas de producción	23
2.11	Efecto de la maleza en potreros.....	25
2.12	Importancia de los nutrientes en el suelo	26
2.13	Nutrición y/o fertilización de pastizales.....	27
2.14	Efectos de la interferencia por la maleza en sistemas productivos	28
2.14.1	Competencia.....	29
2.14.2	Alelopatía.....	30
2.14.3	Parasitismo	30
2.14.4	Interferencia maleza-pasto	31
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1	Área de Estudio.....	32
3.1.1	Clima	32
3.1.2	Suelo	33
3.1.3	Vegetación.....	34
3.2	Diseño Experimental	34
3.3	Tratamientos	36
3.4	Variables a Evaluar	38
3.4.1	Cobertura de pasto y maleza.....	38
3.4.2	Densidad de maleza	38
3.4.3	Daños ocasionados por herbicidas.....	39
3.5	Análisis Estadístico	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1	Porcentaje de cobertura del pasto	41
4.1.1	Análisis de varianza.....	41
4.1.2	Comparación de medias entre tratamientos	43
4.1.3	Comparación de medias entre fuentes de K.....	48
4.2	Porcentaje de cobertura de la maleza.....	49

4.2.1	Análisis de varianza.....	49
4.2.2	Comparación de medias entre tratamientos	51
4.2.3	Comparación de medias entre fuentes K.....	55
4.3	Número de individuos de la maleza	56
4.3.1	Análisis de varianza.....	56
4.3.2	Comparación de medias entre tratamientos	59
4.3.3	Comparación de medias entre fuentes K.....	62
4.4	Porcentaje de daño al pasto.....	63
4.4.1	Análisis de varianza.....	63
4.4.2	Comparación de medias entre tratamientos	64
4.4.3	Comparación de medias entre fuentes de K.....	66
4.5	Porcentaje de daño a la maleza.....	67
4.5.1	Análisis de varianza.....	67
4.5.2	Comparación de medias de entre tratamientos	68
4.5.3	Comparación de medias entre fuentes de K.....	69
V.	CONCLUSIONES	73
VI.	LITERATURA CITADA.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados	36
Cuadro 2. Análisis de varianza para el porcentaje de cobertura de pasto bajo el diseño de parcelas divididas en nueve muestreos	42
Cuadro 3. Comparación de medias entre los tratamientos, para cada muestreo con base en el porcentaje de cobertura del pasto	44
Cuadro 4. Comparación de medias correspondientes al porcentaje de cobertura de pasto, después de la aplicación de fertilizante con diferentes fuentes de potasio.....	48
Cuadro 5. Análisis de varianza del porcentaje de cobertura de <i>Senecio inaequidens</i> bajo el diseño de parcelas divididas en nueve muestreos	50
Cuadro 6. Comparación de medias entre tratamientos con base en el porcentaje de cobertura de <i>Senecio inaequidens</i>	52
Cuadro 7. Comparación de medias entre las diferentes fuentes de potasio correspondientes al porcentaje de cobertura de <i>Senecio inaequidens</i>	56
Cuadro 8. Análisis de varianza para número de individuos de <i>Senecio inaequidens</i> bajo el diseño de parcelas divididas en nueve muestreos	58
Cuadro 9. Comparación de medias entre tratamientos con base a el número de individuos de <i>Senecio inaequidens</i>	60
Cuadro 10. Comparación de medias según la fuente de K aplicada con base al número de individuos de <i>Senecio inaequidens</i>	62
Cuadro 11. Análisis de varianza para el porcentaje de daño al pasto bajo el diseño experimental de parcelas divididas, en los tratamientos que solamente se aplicaron herbicidas (biorracional y sintético).....	64
Cuadro 12. Comparación de medias correspondientes a la variable porcentaje de daño al pasto, en la aplicación de herbicidas (biorracional vs químico sintético).....	65
Cuadro 13. Comparación de medias entre las diferentes fuentes de potasio correspondientes al porcentaje de daño al pasto.....	67
Cuadro 14. Análisis de varianza en el porcentaje de daño a <i>Senecio inaequidens</i> bajo el diseño de parcelas divididas en siete muestreos, en la localidad de Barrio de Santacruz, Tonayán, Veracruz, 2021.....	68
Cuadro 15. Comparación de medias correspondientes a la variable porcentaje de daño a la maleza <i>Senecio inaequidens</i> , en la aplicación de herbicidas (biorracional vs químico sintético). 69	
Cuadro 16. Comparación de medias entre las diferentes fuentes de potasio correspondientes al porcentaje de daño sobre <i>Senecio inaequidens</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Individuos de <i>Senecio inaequidens</i> . A) Floración. B) Hojas superiores. C) Hojas y tallo.	9
Figura 2	Capítulos de <i>Senecio inaequidens</i> . A) Capítulo vista frontal. B) Involucro. C) Capítulo mostrando flores liguladas. D) Capítulo maduro con aquenio y vilano.	10
Figura 3	Aquenos de <i>Senecio inaequidens</i> . A) Aquenos maduros e inmaduros. B) Aquenio vista longitudinal. C) Aquenio vista transversal.	11
Figura 4	Temperaturas y precipitación promedio mensuales del área de estudio, 2021.	32
Figura 5	Análisis de suelo del área de estudio. Elaborado por Fertilab julio de 2021. ...	33
Figura 6	Representación y distribución de una parcela grande en el diseño experimental de parcelas divididas implementado en el experimento. P= parcela chica; T= tratamiento (subparcela) y R= repetición.	35
Figura 7	Representación de una subparcela (tratamientos) y unidades experimentales, en el diseño de parcelas divididas implementado en el experimento.	36
Figura 8	Fluctuación de las medias en el porcentaje de la cobertura de pasto por el efecto de los tratamientos.	43
Figura 9	Comparación de medias del porcentaje de cobertura de pasto entre las tres fuentes de potasio utilizadas.	49
Figura 10	Comparación de medias de acuerdo al porcentaje de cobertura de <i>Senecio inaequidens</i> presente entre los tratamientos.	53
Figura 11	Comparación de medias de acuerdo al porcentaje de cobertura de <i>Senecio inaequidens</i> entre las fuentes de potasio utilizadas.	56
Figura 12	Comparación de medias de acuerdo al número de individuos de <i>Senecio inaequidens</i> presente en cada tratamiento.	60
Figura 13	Comparación de medias de la variable número de individuos de maleza entre las diferentes fuentes de potasio aplicadas.	63
Figura 14	Comparación de medias entre tratamientos T1 y T3, realizados con herbicidas (biorracional vs químico sintético) en la variable porcentaje de daño al pasto.	66
Figura 15	Comparación de medias del porcentaje de daño al pasto, para las tres fuentes de potasio aplicadas en el experimento.	67
Figura 16	Comparación de medias entre tratamientos 1 y 3 en porcentaje de daño a la maleza.	69
Figura 17	Comparación de medias según el porcentaje de daño a <i>Senecio inaequidens</i> entre fuentes de potasio aplicadas.	70

RESUMEN

Senecio inaequidens se considera una planta con alto grado de invasión, su distribución se ha extendido en gran medida en la mayoría de los ambientes, principalmente ruderales, llegando a infestar algunas áreas destinadas a la producción. En el Estado de Veracruz oficialmente no se reporta la presencia de la especie en las áreas de producción ganadera, sin embargo, en este estudio se identificó *S. inaequidens* en pastizales de la localidad de Barrio de Santa Cruz, municipio Tonayán, Veracruz, México y se está reflejando alta problemática en la producción de ganado, por terrenos infestados con esta maleza, de tal manera que resulta vital hacer frente a las poblaciones de la especie para controlarla en el área de estudio, tomando en cuenta su grado de invasión, por lo que el objetivo fue evaluar el efecto de los distintos métodos de control hacia *S. inaequidens* en pastizales para la producción de ganado y determinar los métodos de control que suprimen la maleza en campo. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con seis subparcelas las cuales corresponden al número de tratamientos (T1: Herbicida biorracional; T2: Siembra de Trébol blanco; T3: Herbicida químico; T4: Control Manual; T5: Fertilización con K; T6: Testigo) y la unidad experimental consistió en tres repeticiones que fueron muestreadas con cuadrantes de madera de 0.5 m x 0.5 m. Las variables a evaluar fueron: Cobertura de pasto (PP); Cobertura de maleza (PM); Densidad de maleza (IM); Daño hacia el pasto (PDP) y Daño a la maleza (PDM). Los tratamientos que mejor resultaron para la supresión de *S. inaequidens* fueron: 2,4-D + picloram y el control manual, puesto que con ellos se obtiene mayor cobertura de pasto y menor cobertura y densidad de la maleza. La fertilización con fuentes de potasio resultó positiva para incrementar la cobertura del pasto. El tratamiento con herbicida biorracional, causa mayor daño al pasto en comparación con el tratamiento químico, y en el caso de la maleza, ambos tratamientos generan daño fitotóxico a ésta.

Palabras clave: maleza cuarentenada, pastizales, producción ganadera, supresión de maleza.

I.INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las principales actividades primarias que se llevan a cabo en muchos países y México no es la excepción, ya que este se coloca en el 11° lugar a nivel mundial en ganadería primaria (SIAP, 2023). Dentro de esta actividad, la mayor parte de la alimentación de los animales es a través de los pastizales, pues el área destinada a ello en el país es de 22,769,641 ha, de las cuales 13,750 ha corresponden a pastizales inducidos (SEMARNAT, 2018). En lo que respecta a Veracruz, es el estado con mayor población ganadera en cuanto a bovinos, destina alrededor del 50% de su territorio para dicha actividad, de ahí su importancia social, cultural (Salazar *et al.*, 2013) y económica, tomando en cuenta que, contribuye con el 40% del valor nacional de la producción en el sector primario, siendo el sustento económico de muchas familias mexicanas, pues se estima que aproximadamente 892,000 personas se alimentan y se dedican al cuidado de la población ganadera (SIAP, 2023).

No obstante, a lo largo del tiempo estas superficies se han visto perjudicadas por la infestación de maleza, considerando que, las malas hierbas hospedan plagas y enfermedades, dificultan las labores de cosecha, además de contaminar el sabor y/o apariencia de las demás especies, debido a que, algunas de ellas pueden resultar venenosas (Frick, 2005), como es el caso de la especie en estudio, pues, el género *Senecio* presenta distribución mundial y la mayoría de las especies se conocen por sus alcaloides de pirrolizidina (PA) lo cuales son tóxicos y son los responsables de matar más ganado en pastoreo en comparación con algunas otras plantas venenosas juntas (Jeffrey, 1977). Estas especies toxicas pueden hallarse en los pastizales perturbados en forma de maleza (Milton, 2009), por lo cual, si no logran controlarse en tiempo y forma, complican el pastoreo, a causa de la competencia con los pastos, disminuyen el área de pastoreo, rendimiento y la calidad del forraje, así como también aumentan los costos relacionados al manejo de las hierbas que no se desean tener en el lugar de pastoreo y de la producción misma del ganado (Esqueda-Esquivel & Tosquy-Valle, 2007).

Por lo anterior, resulta de vital importancia hacer frente para controlar las poblaciones de *S. inaequidens* establecidas en la zona, tomando en cuenta su grado de invasión y considerar que, para el Estado de Veracruz no hay reportes oficiales de la presencia de esta maleza, por lo que este estudio se considera una de las primeras investigaciones en las que se reporta la presencia de la especie en la región y queda como antecedente en el estudio de la supresión de esta maleza en pastizales destinados al pastoreo en la producción ganadera en México.

1.1 Justificación

El área de estudio se encuentra infestada por *S. inaequidens*, cuenta con una superficie de siete hectáreas aproximadamente y su uso es como potrero, para pastoreo de ganado vacuno desde el 2013, por lo que en estos años de explotación ganadera, se ha detectado que el pastizal se ha sobreapacentado y degradado, en su mayoría con cargas animales que no eran las correspondientes a la capacidad del pastizal por lo que, al no tener un manejo adecuado y no proporcionarle un descanso pertinente al pastizal, sumándole que el ganado permaneciera siempre allí, ocasiono una severa perturbación al ecosistema, permitiendo las condiciones para que *S. inaequidens* lograra su invasión.

Se debe considerar que, en el área experimental no se realizaba ningún método de control para combatir a la maleza. Razón por la cual se decidió tomar acción para el control de la especie.

1.2 Objetivo General

- Evaluar el efecto de los distintos métodos de control utilizados para la supresión de *S. inaequidens* en potreros para pastoreo de ganado vacuno, en la localidad de Barrio de Santa Cruz, Tonayán, Veracruz, México.

1.2.1 Objetivos específicos

- Determinar que método(s) de control de maleza es (son) efectivo(s) para la supresión de *S. inaequiens* en pastizales destinados a ganadería.
- Evaluar cuál de los métodos de control utilizados mantiene mayor cobertura de pasto y de maleza en los potreros.
- Valorar los daños fitotóxicos y/o afectaciones que generen los métodos de control empleados para la supresión de la maleza, tanto en el pasto, como en *S. inaequidens*.

1.3 Hipótesis

Senecio inaequiens es suprimido y eliminado con al menos un método de control de maleza, utilizado en el manejo de pastizal destinado a la producción de ganado bovino.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la especie

Senecio inaequidens es considerada como maleza invasora de origen sudafricano, que se presenta actualmente en nuestro país (Rzedowski *et al.*, 2003); pues se encuentra incluida en la lista de EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, por sus siglas en inglés) como especie exótica invasora (EPPO, 2006). Por su parte las especies invasoras se refieren a aquellas que han sido introducidas y que se propagan de manera rápida fuera de su área nativa (Richardson, 2000).

La especie pertenece a la familia Asteraceae la cual abarca alrededor de 1,600 a 2,000 géneros y comprende de 24,000 a 30,000 especies (Heywood, 2009) y se incluye dentro del género *Senecio* (proviene del latín *Senex*, que significa hombre viejo, lo cual hace referencia a las vellosidades blancas del vilano), es un grupo que se compone de plantas anuales, bianuales y perennes, con plantas del tipo herbáceas, trepadoras, arbustos y sus árboles en ocasiones tienen hojas y tallos suculentos; su inflorescencia se presenta con flores radiales presentes o ausentes, de color amarillo, blanco, rojo o púrpura (Guillot *et al.*, 2013). Dicho género fue descrito en 1753 por Linneo en su trabajo *Species Plantarum*, se le considera un género diverso, del cual no se tiene con exactitud el número de especies, debido a que, algunos autores consideran sólo 1,250 mientras que, otros estiman hasta 3,000 especies (Milton, 2009).

Su distribución geográfica es principalmente cosmopolita, puede encontrarse en casi todo tipo de hábitat, pero siendo más diverso en las zonas montañosas frías y templadas del mundo. La distribución a nivel mundial se da, excepto, en las islas del pacífico y en la Antártida, de manera que, la mayoría de las especies de este género se encuentran concentradas en la región montañosa de África, Asia y

América (Montes, 2017). En México *Senecio* se encuentra presente con 63 especies, 43 endémicas y 6 microendémicas (Villaseñor, 2018).

2.2 Maleza

2.2.1 Definición

Se considera como maleza a las plantas que provocan daños perjudiciales a aquellas que resultan útiles, de esta manera se generan pérdidas monetarias y, además, compiten por los recursos del ambiente. Usualmente son denominadas como plantas indeseables, malas hierbas, en algunos casos llegan a conocerse como especies ruderales (aquellas que crecen en ambientes industriales o urbanos), aunque también pueden llegar a referirse a ellas como especies arvenses (aquellas que crecen en terrenos agrícolas afectando las actividades agropecuarias), se desarrollan en las áreas de cultivo, principalmente de manera anual. Además de generar competencia, pueden llegar a ser hospederas de plagas y enfermedades, sin embargo, este tipo de vegetación puede servir de protección para el suelo debido a que proporcionan cobertura a éste (Zavala *et al.*, 2003; SENASICA, 2015). Básicamente son plantas que intervienen en las actividades del hombre, sin embargo, el concepto se puede considerar ambiguo, ya que también algunas especies, pueden generar bienestar al hombre. El humano se vuelve multifacético en la relación que tiene con las plantas, para algunos pueden resultar beneficiosas, pero indeseables para otros, es decir, una planta puede ser de gran valor en comparación con otra (Clements & Darbyshire, 2007).

Algo relevante acerca de las malezas es que funcionan como indicadores de ambientes perturbados y del impacto que ha tenido el hombre hacia el medio ambiente (Hill *et al.*, 2002).

2.2.2 Importancia de la maleza

Generalmente se ve a la maleza como plantas problema que necesitan ser erradicadas, para que la producción agropecuaria sea redituable. No obstante, son también un factor importante en la cadena trófica, pues proveen polen y néctar a un sinfín de insectos, ofrecen semillas a las aves, coadyuvan a la fertilidad del suelo y protegen de la erosión al mismo (EWRS, 2022). En algunos casos estas malas hierbas capturan nutrientes de modo que, los vuelven disponibles para cultivos posteriores, albergan organismos benéficos, aumentan la humedad y proporcionan soporte físico (Frick, 2005). A su vez, la invasión por parte de estas se vuelve determinante, pues repercute en los bajos rendimientos de las áreas cultivadas, lo que se refleja en pérdidas económicas, pues al presentarse estas y estar compitiendo con las demás plantas por diversos recursos a lo largo de su crecimiento y/o desarrollo disminuyen la producción (Jiménez *et al.*, 2020).

2.2.3 Clasificación de la maleza

De acuerdo con Mishra y Gautam (2021), se pueden dividir con base a su ciclo de vida, hábitat, morfología y especificidad.

1) Según su ciclo de vida se presentan:

- a) Anuales: Son aquellas que tiene un ciclo de vida de un año, suelen tener raíces escasamente profundas y se dispersan por medio de semillas.
- b) Bienales: Estas alcanzan su desarrollo en dos años consecutivos, de manera que, hay desarrollo vegetativo durante el primer año y para el segundo producen la semilla y florecen.
- c) Perennes: Son aquellas que tienen un ciclo de vida por más de dos años, de modo que, su reproducción la realizan de forma sexual y asexual.

- 2) Según su hábitat pueden ser: terrestres y acuáticas.

- 3) Por su morfología:
 - a) Hoja ancha: dicotiledóneas
 - b) Hoja angosta: monocotiledóneas

- 4) Por las características de su especificidad: tóxicas, parásitas y acuáticas.

2.2.4 Daños por maleza

De acuerdo a FAO (2007), el daño ocasionado por las malas hierbas afecta directamente los procesos agropecuarios, a causa de:

1. La competencia de los recursos: ya sean agua, luz solar o nutrientes generados hacia los cultivos.
2. La excreción de sustancias tóxicas por medio de raíces y hojas que pueden resultar perjudiciales.
3. Generan un ambiente favorable para el desarrollo de demás plagas (patógenos) al servir de hospedador.
4. Afectan la producción obtenida, además de interferir en el proceso de cosecha.

Estas plagas (malezas) pueden provocar daños en las cosechas que van desde el 5-10% en países desarrollados, hasta pérdidas superiores a 20-30% de la producción obtenida en países en vías de desarrollo (FAO, 2007).

2.3 Descripción de la especie en estudio

2.3.1 Nombres comunes que recibe la especie

La especie *S. inaequidens* llega a nombrarse comúnmente en el mundo de las siguientes formas: hierba cana sudafricana, hierba de hoja pequeña (inglés), botón de oro, Senecio amarillo y flor amarilla de mar del Plata (español) y Senecioine sudafricano (italiano) (USDA, 2005).

2.3.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo a CABI (2023) y CONABIO (2016) la clasificación taxonómica referente a *S. inaequidens* es la siguiente:

Dominio: Eucariota

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Senecio*

Especie: *S. inaequidens* D.C., 1838

2.3.3 Descripción botánica

Las plantas de *S. inaequidens* se consideran herbáceas, leñosas, que usualmente se ramifican desde su base, perennes de longevidad corta, con vida útil de 5 a 10 años, pero que pueden llegar a comportarse como plantas anuales. Llega a florecer el primer año (luego de 6 semanas a 3 meses, dependiendo la zona) y con respecto a heladas fuertes, es sensible a estas (Figura 1). Emerge de una raíz fibrosa que es escasamente profunda y a veces leñosa en la parte baja. Su altura fluctúa entre los

0.15 a 1.00 m; posee tallos erguidos con franjas verticales, los cuales son abundantes y leñosos en su base, estos generalmente carecen de vellosidades, pero pueden presentarlas. Sus hojas se aparecen de forma alterna, en su mayoría son sésiles, aunque hay algunas pecioladas, de coloración verde, forma linear a oblanceolada, con dimensiones que van desde los 3 a 10 mm de ancho y de 10 a 140 mm de largo. La denominación '*inaequidens*' (en latín) hace referencia a 'dientes irregulares' debido a que se hace alusión al borde de la lámina (Rzedowski *et al.*, 2003; USDA, 2005; EPPO, 2006; GISD, 2010).



Fuente: CABI, 2023.

Figura 1 Individuos de *Senecio inaequidens*. A) Floración. B) Hojas superiores. C) Hojas y tallo.

La inflorescencia son cabezuelas dispuestas en racimos, con pedicelos ya sea cortos o largos; con un involucre que posee aproximadamente 20 brácteas de 0.3 a 0.6 cm de largo por 0.1 cm de ancho. Los capítulos o cabezuelas también pueden estar como panículas abiertas corimbosas, que pueden ser axilares o terminales, y presentarse de 80 a 10 por individuo. Estos son radiados y van de los 1.8 cm a 2.5 cm de diámetro de una coloración amarillo limón. En lo que respecta a las flores

liguladas, puede presentar hasta 15 pero, lo común es encontrar 13, poseen una lámina que va de 4 a 10 mm de largo e inclusive pueden llegar a tener 100 flores tubulares de aproximadamente 3 a 5 mm de largo (Figura 2) (Rzedowski *et al.*, 2003; CABI, 2006; EPPO, 2006). El tipo de fruto corresponde a un aquenio que puede medir desde 1.5 hasta 2.5 mm de largo por 0.2 a 0.5 mm de ancho, este es cilíndrico, con pubescencia entre nervaduras, posee una superficie rugosa, por lo regular de coloración café oscuro o claro, aunque en los inmaduros son verdes (Figura 3) (Dimande *et al.*, 2007; CFIA, 2017). Es una planta que se reproduce por autogamia y llega a producir numerosas semillas (Rzedowski *et al.*, 2003). Cada capítulo puede producir alrededor de cien aquenios (López & Maillet, 2005) y estos son dispersados en primera instancia a través del viento (Monty *et al.*, 2008), al igual que el vilano, el cual, al tener un tamaño relativamente largo, de 5.0 mm, también se le confiere la facilidad de transportarse por medio del viento (aparentemente esto resulta ser un factor importante para su dispersión) e impregnarse en diversas estructuras como lo son las pieles de los animales (Figura 2 y 3) (Heger & Böhmer, 2006).



Fuente: CABI, 2023.

Figura 2 Capítulos de *Senecio inaequidens*. A) Capítulo vista frontal. B) Involucro. C) Capítulo mostrando flores liguladas. D) Capítulo maduro con aquenio y vilano.



Fuente: CFIA, 2017.

Figura 3 Aqueños de *Senecio inaequiens*. A) Aqueños maduros e inmaduros. B) Aqueño vista longitudinal. C) Aqueño vista transversal.

2.3.4 Reproducción de *Senecio*

La especie *S. inaequidens* es considerada como planta perenne policárpica, es decir, que varias veces florece. Su reproducción generalmente es del tipo sexual,

pero existe la posibilidad de que los tallos enraícen si tocan el suelo; también es capaz de producir una descendencia autofecundada por medio de la geitonogamia (polinización de distintas flores, pero del mismo individuo). Aunque la especie sea una planta perenne, esta puede llegar a comportarse como anual, de manera que, puede pasar de la germinación hasta la floración en tan solo 80 días (bajo ciertas condiciones). En lo que respecta a la latencia de sus semillas, la especie presenta tres diferentes tipos, lo cual incrementa las posibilidades para germinar: 1) Las semillas maduras en julio tienen una latencia de pocos días pero germinarán de manera fácil, mientras que, 2) Las producidas en diciembre tienen un periodo de latencia prolongado, 3) Semillas enterradas pueden ser viables al menos durante un año, pero las que permanecen en el suelo (superficie) pueden estar viables solo por seis meses, por último; sin embargo, algunos otros autores mencionan que las semillas pueden estar viables en los suelos entre 30-40 años. La germinación se ve facilitada por los suelos compactados y puede llevarse a cabo en todo el año, pero las tasas mayores se presentan en primavera y otoño (Ernst, 1998; USDA, 2005; EPPO, 2006; Heger & Böhmer, 2006).

2.4 Distribución de *Senecio inaequidens*

En sus inicios, *S. inaequidens* llegó a Europa por medio de la lana de ovinos para la industria textil esto a finales del siglo XIX, inicialmente los registros provenían del norte de Alemania entre los años 1889 a 1996, luego se presentó en Francia, para 1922 ya estaba presente en Bélgica, 1998 en Escocia, aparentemente en el año de 1932 en Italia y hasta 1939 en Holanda. Pero fue hasta el año de 1950 que la especie comenzó a expandirse de forma exponencial en todo Europa, principalmente en las vías ferroviarias y autopistas, para después extenderse a lo largo de ambientes abiertos y ruderales. La maleza se ha desplazado a muchos países de Europa, pero también del continente americano, cabe resaltar que la especie está expandiéndose a través de su región nativa de Sudáfrica en los bordes de carreteras, áreas quemadas y dunas costeras. Se ha vuelto una maleza de suma importancia por la cantidad de alcaloides tóxicos que produce, los cuales son

rechazados por parte del ganado. Aunado a ello, forma numerosas poblaciones que van desde los 5 hasta los 15 individuos por metro cuadrado (Rzedowski *et al.*, 2003; Sans *et al.*, 2004).

Actualmente la especie se encuentra presente en los siguientes lugares:

En África de forma nativa en: Botswana, Eswatini, Lesotho, Mozambique, Namibia y Sudáfrica. En Asia de forma presente en Taiwán, donde ocurre muy poco. En Europa se presenta en Andorra, Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Córcega, Alemania, Irlanda, Italia, Países bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Reino Unido, Inglaterra e Irlanda del Norte. En América: en México, Colombia y Argentina. Por último, en Oceanía se presenta de manera introducida en Australia (CABI, 2023).

En México se encuentra presente en altitudes elevadas, cercanas a los 2,000 msnm, en estados como: Estado de México, Michoacán y Querétaro. Específicamente en el municipio de Amealco (sur de Querétaro) la especie abunda en el hábitat ruderal y aparentemente ha permanecido ahí desde hace ya 50 años (Rzedowski *et al.*, 2003; Vibrans, 2009).

2.5 Dispersión de la maleza

La dispersión de manera natural como ya se ha mencionado, principalmente se da a través del viento, de ahí que las semillas también pueden ser transportadas de forma accidental por animales, principalmente aves y mamíferos. En cuanto a prácticas generadas en la agricultura, la especie se favorece por los incendios, de manera que, se recomienda evitar la quema; aunque también pudiera propagarse por medio de la maquinaria agrícola. En la movilización de mercancías, se cree que los contenedores pudieran ser un medio de transporte para la especie, así como

también a través de productos vegetales, pero en sí, no se tiene conocimiento alguno sobre si se venda como planta ornamental (EPPO, 2006; CABI, 2023).

Es de conocimiento que *S. inaequidens* continua sobre las carreteras y líneas ferroviarias logrando de esta manera su invasión, además de que se poliniza por himenópteros, lepidópteros y dípteros (Ernst, 1998). Las semillas de *S. inaequidens* pueden permanecer de 30-40 años viables en el suelo; su germinación puede darse durante todo el año, siempre y cuando las condiciones del ambiente sean favorables, por lo que su persistencia se da a través del tiempo y del espacio (Heger & Böhmer, 2006).

El éxito de invasión por parte de la especie se favorece por algunas propiedades que caracterizan a dicha maleza, como lo es: su longevidad (perenne), participación de los polinizadores, alta producción de semillas y el ciclo reproductivo, el cual es muy extenso (Lafuma & Maurice, 2007); además, de la dispersión favorecida por el viento, pues existe evidencia de que puede llegar a dispersarse en un alcance de 100 m y que la mayoría de los aquenios se colocan a 5.2 m de distancia del individuo parental (CABI, 2023). La especie se traslada a distancias considerables, ello lo logra por medio de las llantas de los transportes, sean por carreteras o líneas ferroviarias (GISD, 2010).

2.6 Generalidades de la planta

Las condiciones climáticas ideales de acuerdo con GISD (2010) para el establecimiento de *S. inaequidens* son:

- 1) Precipitaciones medias anuales entre 500 a 1,000 mm.
- 2) Temperaturas medias anuales entre 10-20°C, con máximas de 30-35°C y mínimas de 0-5°C.

3) Soporta una temperatura mínima absoluta de -15°C

Se supone que la planta no es utilizada para algún fin específico y/o productivo, pero se ha informado que las hojas de esta planta son usadas como fuente de alimento en poblaciones de Sudáfrica y que, se han realizado pruebas antioxidantes, antidiabéticas y citotóxicas, obteniendo resultados que sugieren que los extractos de estas pudieran conferir propiedades antidiabéticas (GISD, 2010). A pesar de ello, bajo ninguna circunstancia se debe de considerar a la especie para su cultivo, a pesar de que demuestre alguna utilidad en el ámbito de la salud (CABI, 2023).

2.7 Daños ocasionados por *Senecio inaequidens*

2.7.1 Daños ecológicos

Habitualmente *S. inaequidens* coloniza hábitats ruderales, viñedos y las orillas del camino (Lafuma, 2003). Pero, de manera reciente ha empezado a presentarse e invadir pastizales empleados en pastoreo intensivo. De modo que, se tiene que poner énfasis en ella por la amenaza que representa en los diversos hábitats refiriéndonos así, al potencial que tiene para invadir las regiones de montaña y específicamente los hábitats que son utilizados para proporcionar alimento a los animales, ya sea través del pastoreo y/o como forraje (Vacchiano *et al.*, 2013). Los pastos que tienen esta hierba producen un forraje de calidad inferior a causa de los alcaloides, por lo que expresa propiedades alelopáticas (Dimande *et al.*, 2007).

Se ha observado que previo a su establecimiento como maleza perjudicial la especie necesita de un periodo de adaptación prolongado hacia las nuevas condiciones del que será su ambiente. Luego de ello, no solo se presentará en entornos ruderales sino que también lo hará en lugares con cobertura vegetal abierta ya sea natural o seminatural (Rzedowski *et al.*, 2003).

2.7.2 Alcaloides de pirrolizidina

Los alcaloides de pirrolizidina (AP) son metabolitos secundarios, los cuales actúan como defensa contra herbívoros, de manera que estos les proporcionan supervivencia a las plantas, este tipo de alcaloides son producidos por el género *Senecio*. “Son ésteres que consisten de una base de necina (alcohol amino) y un ácido néxico con una estructura central de dos anillos de cinco miembros fusionados que comparten un átomo de nitrógeno en la posición 4” (Mattocks, 1986; Crews *et al.*, 2010).

Son característicos por el daño hepatotóxico que provocan a los animales domésticos: los caprinos y ovinos son las especies menos susceptibles, bovinos y equinos tienen susceptibilidad media, mientras que cerdos y aves son los más susceptibles. En referencia a la edad, los animales jóvenes son más susceptibles en comparación con los adultos, pero estos últimos pudieran ser más propensos debido a que suelen estar mayor tiempo a la exposición de individuos del género *Senecio*. En cuanto al sexo, los machos suelen ser más susceptibles en contraste con las hembras, la razón se debe a que la actividad enzimática que activa a los AP en el hígado es mayor en los machos (García, 2017).

Los alcaloides de pirrolizidina han sido estudiados dentro del género *Senecio*, se sabe que son sintetizados en las raíces de las plantas y trasladados a los brotes por medio del floema, a pesar de ser móviles se almacenan en vacuolas y generalmente permanece en la inflorescencia y tallos, dicha alelopatía puede ser factor fundamental en *S. inaequidens* para lograr invadir zonas perturbadas, además de que, al ser evitados en su mayoría por el ganado en pastoreo contribuye de alguna manera al éxito de la maleza en su competencia con demás especies (Pelser *et al.*, 2005; GISD, 2010). Se han registrado seis alcaloides de pirrolizidina dentro de *S. inaequidens*: inaequidenine, integerrimine, petrophine, retrorsine, senecionine y senecivernine (CABI, 2023).

El daño causado al ganado por especies del género *Senecio* puede darse en diferentes escenarios, el primero es que, si la especie es ingerida en un tiempo relativamente corto puede inducir a una intoxicación aguda que conlleva a la muerte, en el caso de ingerir solamente una única dosis (no letal) pero considerable o varias de ellas en cantidades menores, pero en un lapso mayor, puede desencadenar enfermedades crónicas tales como: anorexia, diarrea, signos nerviosos (incoordinación de los miembros posteriores, temblores, deambulación y aparente ceguera), así pues, el daño generado se ha observado en las canales de los animales, presentándose desde ictericias, derrames en cavidades corporales, edema visceral, hasta pliegues de abomaso, epiplón (omentos) y paredes del intestino grueso pronunciadas. Pueden presentarse hemorragias en el tejido subcutáneo, seroso y visceral, el hígado puede estar inflamado y con una coloración moteada. La vesícula biliar puede presentarse con edema en sus paredes y agrandarse por tener exceso de bilis, la cual puede estar con sangre (Dimande *et al.*, 2007). En Francia el envenenamiento de caballos ha sido observado luego de la ingestión de *S. inaequidens* (Passemard & Priymenko, 2007).

Además de resultar tóxicos al ganado los AP generan un problema grave de salud humana debido al consumo de productos derivados de origen animal (Vacchiano *et al.*, 2013), pues la dispersión por parte de la especie a cultivos de cereales como lo es el trigo, puede ser un problema grave, no solamente por la competencia que genera, sino particularmente por resultar venenoso; dicho veneno también se ha encontrado de manera repetida en la leche, aun cuando los animales de pastoreo regularmente evitan consumir a *S. inaequidens* y de ser así, los perjudicaría severamente (Altaee & Mahmood, 1998; Heger & Böhmer, 2006).

En la salud humana, ha habido intoxicaciones mortales a causa de ingerir semillas de la especie que venían como impurezas en la harina de trigo, también puede filtrarse en el pan, de modo que, ya se han registrado casos de intoxicación letal (CONABIO, 2016).

2.7.3 Daños en la economía

En el ámbito económico, la especie no es utilizada de forma alguna; sin embargo, impacta negativamente puesto que se reportan resistencias por parte de la planta hacia los herbicidas en las vías férreas de Alemania (Reinhardt *et al.*, 2003).

En Australia, se han estimado pérdidas económicas que ascienden a los dos millones de dólares por año, debido a que, al resultar ser tóxica para el ganado, principalmente bovino, les causa un daño en el hígado, el cual se asemeja a una cirrosis (Rzedowski *et al.*, 2003).

2.8 Manejo Integrado de Malezas

Se denomina Manejo Integrado de Malezas (MIM) a la diversificación de las operaciones y/o acciones realizadas para controlar las malezas, de forma que la población de estas no pueda adaptarse de manera regular a los disturbios provocados. Dicho manejo resulta ser una herramienta de suma importancia para evitar la resistencia de las malas hierbas. El manejo integral estudia las formas existentes de perturbar el ciclo de vida de la maleza y combina los diversos métodos posibles necesarios para minimizar el número de semillas presentes en el banco de semillas, suprimir las plántulas, disminuir la competencia existente entre los individuos maduros y el cultivo, además de evitar que estos mismos individuos se propaguen y/o esparzan. En primera instancia se acude a los métodos de control mecánico, biológico y culturales, dejando a los métodos químicos como última alternativa de uso si es que los antes mencionados pudieran llegar a fallar (EWRS, 2022).

El manejo integrado tiene como objetivo el control de manera efectiva, utilizar los recursos disponibles, minimizar los costos, maximizar la seguridad humana y disminuir la contaminación del ambiente, enfocándolos a la lucha contra plagas y enfermedades, así como al control de la erosión. El factor importante dentro del

manejo de malezas es el cultivo en sí, este es el principal método de control de las malas hierbas. Así pues, plantas bien establecidas, sanas y con vigor poseen gran competencia lo cual dificultará el establecimiento de las invasoras. La integración de los distintos métodos de control debe enfocarse no solo en eliminar la interferencia por parte de las malezas, sino que también disminuir la producción de diásporas para lograr una reducción de forma gradual en infestaciones futuras (Oliveira *et al.*, 2011).

Debe tomarse en cuenta que, para el control químico es vital incluir la rotación de los grupos de herbicidas, asegurando así que las malas hierbas no muestren resistencia por parte de éstos. El control químico al ofrecer la más mínima planeación como alternativa para el control de malezas y ser una opción “viable” a corto plazo se convierten en los preferidos, en lugar de considerar una rotación completa a largo plazo. De esta manera, debemos puntualizar que el MIM requiere de planificación, registros y monitoreo, más que un enfoque simple por parte del uso de herbicidas (Stephen, 2001).

2.9 Métodos de control de malezas

La ciencia de la maleza es un enfoque integral que va desde la dinámica de poblaciones y la biología (plantas), hasta el manejo de los diversos cultivos, que también comprende a los métodos de control de las malas hierbas. Dichos métodos se engloban bajo los siguientes conceptos: preventivos, culturales, biológicos, físicos, químicos y ya también se considera el control biorracional y el robótico (Cloutier & Leblanc, 2011). Los métodos para el control de malezas suponen un enfoque integrado y holístico, no solamente en el año a cultivar, sino que a ello se le añade la rotación a largo plazo, el uso de bitácoras para contemplar el manejo de años anteriores y dejar establecido las practicas realizadas en un terreno y dar continuidad (Stephen, 2001).

Preventivos: tienen por objetivo evitar que las malas hierbas se establezcan en cualquier área de interés agropecuario, sea cultivo y/o pastizal (OSU, 2023). Principalmente las medidas implementadas para la prevención son las de marco legal (prohíben las movilizaciones y entrada de material con el fin de no contaminar un área determinada), la desinfección herramientas utilizadas en laboreo, evitar usar: semillas, estiércol o algún otro tipo de materia orgánica que pueda estar contaminada con semillas de malezas (FAO, 2007).

Culturales: hace referencia a las prácticas culturales que auxilian en la eliminación de las malezas y a su vez se aumenta la competencia del área cultivada. Dentro de estas medidas se engloba: la preparación del suelo, rotación y asociación de cultivos, cobertura viva, acolchado, época, espacio y densidad de plantación, fertilización del suelo, a esto se le añade el evitar el sobreapacentamiento y utilizar plantas forrajeras competitivas y adaptadas (FAO 2007; Oliveira *et al.*, 2011; OSU, 2023).

Físicos: de acuerdo con la EWRS (European Weed Research Society, por sus siglas en inglés), el control de malezas físico involucra al control mecánico, el control térmico, solarización y control electromagnético de malezas y a la labranza entendiéndose a esta como al cambio efectuado en las condiciones del suelo con el fin de mejorar la producción de los cultivos, así mismo engloba no solo la reducción de la perturbación hacia el suelo, sino que abarca el uso de implementos livianos y una labranza superficial (Frick, 2005; Cloutier & Leblanc, 2011). Otros autores incluyen al fuego e inundación (Carvalho, 2013).

Control mecánico: comprende las técnicas utilizadas para cortar las malezas, tales como: deshierbe o corte manual, siega y el uso de maquinaria, también se considera, la remoción de maleza y suelo (Oliveira *et al.*, 2011).

Químico: se refiere al uso de sustancias químicas denominados comúnmente como herbicidas, que al ser aplicados a las plantas se logra interferir en sus procesos

bioquímicos y fisiológicos, de manera que, retrasan el crecimiento y/o desarrollo vegetal y en otros casos provoca la muerte del individuo (Oliveira *et al.*, 2011).

Biológicos: el objetivo de este tipo de control no es erradicar como tal, sino que busca suprimir y/o controlar la diseminación de las malezas a través de enemigos naturales, es decir, insectos, bacterias, hongos, animales en pastoreo, aunque este último puede generar resultados similares a la siega (Larimer, 2013). Estos agentes naturales son capaces de reducir las poblaciones de las malas hierbas (Carvalho, 2013).

Algunos agentes considerados como enemigos naturales de *S. inaequidens* han sido estudiados, los cuales van desde los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), hasta escarabajos como es el caso de *Longitarsus jacobaeae* y el pulgón *Aphis jacobaeae*, los cuales muestran alimentarse de la planta. Otros como la mosca *Ensina hyalipennis* y la polilla *Homoeosoma oconequensis* parecen alimentarse de semillas de *S. inaequidens*. Por último, *Puccinia lagenophorae* muestra ser específica del género (*Senecio*) y se ha encontrado a *Leptosphaeria derasa* también en la planta (CABI, 2023).

A la fecha se han encontrado 62 insectos fitófagos que se alimentan de esta planta en Europa (Schmitz & Werner, 2000). Sin embargo, el impacto por parte de los insectos fitófagos en el crecimiento de *S. inaequidens* resulta ser insignificante, lo cual puede atribuirse a la capacidad que tiene la especie de producir alcaloides (Ernst, 1998).

2.10 Importancia de los pastizales

Los pastizales son el pilar para la alimentación de los animales domésticos, principalmente de los rumiantes, pues ofrecen el alimento de forma natural y sin altos costos y resultan una fuente de forraje útil en superficies que no tienen valor para establecer algún cultivo. Tomando en cuenta que de ellos se obtienen

productos de origen animal, sean carne y leche, y considerar la demanda de estos por la población en el sector agroalimentario, resultan ser muy importantes. Estos ecosistemas también fungen como hábitat en la vida silvestre, proporcionan protección al ambiente a través de la captura de agua y carbono, desempeñan un papel en el control de la erosión del suelo, además de contribuir a mantener la composición de ciertos gases en la atmósfera (CONABIO 2006; Sala & Paruelo, 1997; León *et al.*, 2018; García, 2021).

En lo que respecta al Estado de Veracruz, la ganadería basada en pastoreo representa la actividad principal del sector pecuario, pues más del 50% de su territorio se destina para dicha actividad, de ahí su importancia social, cultural y ambiental (Salazar *et al.*, 2013).

2.10.1 Producción y superficie nacional

El cambio de áreas naturales por ganaderas se originó a partir de 1940, para así ocupar el 60% de la superficie del país. Hablando sobre la misma, esta contribuye como la fuente principal de proteína para la población en México, también, es la forma más extendida del uso de suelo y tiene gran relevancia en el ámbito económico, social y ambiental (Huerta, 2016; Vásquez, 2017). De este modo, México se coloca en el 11° lugar a nivel mundial en ganadería primaria. La actividad contribuye con el 40% del valor nacional de la producción en el sector primario, siendo el sustento económico de muchas familias mexicanas, pues se estima que aproximadamente 892,000 personas se alimentan y se dedican al cuidado de la actividad ganadera (SIAP, 2023).

En cuanto a la producción registrada en el país, se sabe que para 2021 la producción a nivel nacional fue de 4,078,383.12 toneladas, considerando a bovinos (carne y leche), ovinos y caprinos. Para este mismo año el inventario nacional ascendía a 53,551,590 cabezas de ganado, tomando en cuenta a las mismas especies; para ello Veracruz resulta ser el Estado con mayor población ganadera

en cuanto a bovinos (carne y leche), pues la cifra llega a 4,549,067 cabezas, representado así el 12.6% del total nacional (SIAP, 2021).

De 198 millones de hectáreas que abarca la superficie del país, 115 millones de corresponden a agostaderos destinados a la producción ganadera lo cual comprende el 58% del territorio mexicano (Torres & Rojas, 2019). Por su parte, la superficie del Estado de Veracruz aporta 7,000,281.5 ha de estas, 3,600,000 corresponden a superficie ganadera, entendiendo esta como el área ocupada por agostaderos y praderas destinadas a la cría de ganado en condiciones de pastoreo (SEMARNAT, 1999; Herrera, 2005).

2.10.2 Características de los pastizales

Los pastizales son ecosistemas donde predomina la vegetación herbácea, sobre todo las poaceae que se encuentran en diferentes climas. La mayoría de los pastizales del país son utilizados para la producción de ganado, generalmente con gran intensidad. Los pastizales inducidos eran bosques o matorrales, pero la acción del fuego y el ganado hacen que permanezcan de forma alterada (SEMARNAT, 2014).

De acuerdo a COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero) la superficie ocupada por pastizales es de 22,769,641 ha, de la cual 13,750 ha corresponden a pastizales inducidos (SEMARNAT, 2018).

2.10.3 Sistemas de producción

El término de sistema se engloba a diversos componentes que se relacionan entre sí para lograr un objetivo específico, a su vez tienen entradas y salidas, de modo que, responden como un todo ante estímulos del entorno (Pereira *et al.*, 2011).

Con respecto al sistema de producción animal se entiende como al conjunto de plantas y animales que en un ambiente (suelo y clima) manejado por el humano a través de técnicas y/o herramientas, influyen de manera directa para la obtención de productos (Simón, 1993).

Los sistemas de producción animal según el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA, 2020) se agrupan de acuerdo a la función de tecnología empleada, áreas geográficas donde son desarrolladas, fin productivo, recursos disponibles, por mencionar algunos. Pero en términos generales existen sistemas de producción extensiva e intensiva.

Sistema intensivo: es caracterizado por criar animales de forma estabulada con alta productividad bajo condiciones controladas a un alto costo, pues se necesita gran infraestructura y se depende mayormente de la elaboración de alimentos, siendo principalmente los concentrados (CEDRSSA, 2020).

Sistemas extensivos: se caracterizan por alimentar al ganado a base del forraje presente en los agostaderos, los animales son criados en potreros por lo que, estos deben desplazarse en busca de su propio alimento y agua, lo cual representa mayor consumo (CEDRSSA, 2020).

Sistemas semi intensivos: se refiere al sistema intermedio entre el intensivo y extensivo, en el cual la alimentación está basada en el pastoreo y suplementación, por lo que, la implementación de tecnología, administración e infraestructura conlleva a un mejor manejo sanitario y genético, así como del ganado y del pastizal (Acapa *et al.*, 2012).

En cuanto a fin productivo según el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA, 2020) se tienen sistemas de producción de carne, leche y doble propósito (carne y leche).

Sistema de producción de leche: se refiere al sistema de ganado lechero cuyo objetivo comprende la cría, reproducción y gestión de los animales con enfoque de producir leche. Este tipo de sistema se puede clasificar de acuerdo al tipo de intensificación (intensivo, extensivo y semi intensivo), de manera que el tipo de alimentación, raza, manejo e infraestructura utilizada serán diferentes en cada uno de ellos (Blanco 2005; OMSA, 2014).

Sistema de producción de carne: este sistema tiene como propósito ofertar productos cárnicos al mercado, es desarrollado bajo diversos enfoques, el primero está dado por el fin productivo: animales para abasto, exportación y producción de pie de cría, el segundo va de acuerdo al tipo de explotación, en el país los principales son el intensivo o comúnmente llamando engorda en corral y el extensivo que es a base de pastoreo ya sea en praderas y/o agostaderos (Sánchez, 2005).

Sistemas de doble propósito: el objeto productivo incluye la producción de leche y carne, este tipo de sistema se lleva a cabo principalmente en las zonas tropicales del país; la alimentación del ganado está dada en primera instancia por el pastizal, teniendo en cuenta que este aún se encuentra representado en su mayoría por especies nativas de pobre valor forrajero que generalmente son manejadas de forma inapropiada. En ocasiones pueden ofrecerse subproductos de las agroindustrias (López, 2000; Alonso & Loza, 2005).

2.11 Efecto de la maleza en potreros

La productividad de los pastizales en México se ve limitada por el establecimiento de las poblaciones de maleza, siendo estas principalmente las dicotiledóneas. De modo que, si éstas no logran controlarse en tiempo y forma, complican el pastoreo, debido a que hay competencia con los pastos, disminuyen el área de pastoreo, rendimiento y la calidad del forraje, así como también aumentan los costos

relacionados al manejo de las malas hierbas y de la producción misma del ganado, además de que algunas de ellas resultan ser tóxicas (Esqueda-Esquivel & Tosquy-Valle, 2007). La competencia dada por parte de las malezas puede afectar la calidad y la productividad de las pasturas (Robert *et al.*, 2003). Así mismo, se aumentan los costos de manejo en el pastizal y se reduce el valor de la tierra agotando recursos como lo son el suelo y agua, también tienen implicaciones en la diversidad de animales y plantas de la región donde se encuentren (DiTomaso, 2000).

Otra de las limitantes por parte de la interferencia por la maleza, es que esta resulta ser la responsable de la reducción en la capacidad de carga por la disminución en la producción de forraje. Por su parte se menciona que una carga inadecuada en las superficies donde pastorea el ganado causa la infestación por malas hierbas, puesto que, en épocas de escasez el pastoreo retrasa la pronta recuperación del pastizal, reduciendo así el forraje y dando la oportunidad de infestación por parte de la maleza debido a que, los pastos no expresan vigorosidad y no representan gran competencia, con la presencia de este tipo de plantas (Arrieta, 2004).

2.12 Importancia de los nutrientes en el suelo

Se considera que alrededor del 95% de los alimentos se obtienen directa e indirectamente de los suelos, de este modo representan gran relevancia en el sector agroalimentario, pues son el medio en el que se desarrollan las plantas, mismas que favorecen a la población animal y humana. En realidad, la calidad de los suelos se relaciona estrechamente con la cantidad y calidad de los alimentos producidos (FAO, 2015).

A través del suelo se suministran los minerales para las plantas (Rincón *et al.*, 2012), la cosecha directa del forraje generado por pastizales y praderas provee la mayor proporción de nutrientes minerales en la cual se sustenta parte de la ganadería (Agnusdei *et al.*, 2001). Es importante recalcar que el contenido de minerales en el tejido de las plantas se ve limitado por la baja disponibilidad de los nutrientes

minerales que hay en el suelo (Salamanca, 2010) y que ello se encuentra estrechamente relacionado con la obtención del forraje, pues en ellos deben estar disponibles los minerales para poder cubrir las necesidades fisiológicas de los animales (Bernardis *et al.*, 2005).

2.13 Nutrición y/o fertilización de pastizales

Los minerales esenciales consumidos por las plantas son mayormente de origen edáfico, además de la simbiosis generada, pues en la mayoría de las veces se encuentran en la corteza y atmosfera terrestre. De esta manera, el agua y aire proporcionan cantidades considerables de carbono, oxígeno, hidrogeno e incluso nitrógeno. Por el otro lado, la capa superficial de la tierra es principalmente la que provee de otros minerales tales como, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro y níquel (Rincón *et al.*, 2012).

En general, estos nutrientes no cubren las demandas por parte de las plantas ocasionando así, diversos desbalances en diferentes épocas del año, aunado a ello el clima impacta en el crecimiento de plantas, el consumo de los minerales y sobre las reservas disponibles de los mismos para el siguiente ciclo productivo, además, la disponibilidad de los nutrientes se ve limitada por el manejo del suelo, pues la labranza cambia las propiedades del suelo (físico-químicas) auxiliando la mineralización de la materia orgánica (Marino & Agnusdei, 2009).

Sin embargo, la devolución de nutrientes hacia el suelo, resulta poco frecuente o en caso de que esta se dé, es menor a las cantidades necesarias, por lo que, se genera una degradación en la fertilidad de los suelos (García, 2001). Por su parte la restitución de minerales puede darse a través de: meteorización de minerales, residuos de corral (estiércol) y de animales sólidos, biosólidos, residuos vegetales y a base de fertilizantes. Cabe destacar que la aplicación de fertilizantes para subsanar las deficiencias naturales de algunos minerales, debe calcularse con base a un análisis químico del suelo en donde se desea establecer cualquier tipo de

producción y que esto coincida con los requerimientos nutrimentales de los pastos. Un punto destacable es la fertilización orgánica, principalmente por estiércol, estos aportan elementos minerales, además de proporcionar las bacterias al suelo. de modo que, en ocasiones logran que muchos de los minerales que no son aprovechables por las plantas puedan ser asimilados y también contribuyen incrementando la población y/o actividad de microorganismos del suelo (Rincón *et al.*, 2012).

2.14 Efectos de la interferencia por la maleza en sistemas productivos

La interferencia hacia las plantas puede ser desde factores bióticos como abióticos, en el primer caso se incluye a las plagas, pudiendo ser malezas, parásitos y comensalismo en el segundo caso se menciona al clima y al suelo (Lorenzi, 2008).

El termino de interferencia es definido como el conjunto de acciones que causan efectos perjudiciales sobre alguna actividad, sean estas de cualquier ámbito: agricultura, ganadería, silvicultura, ambientación, entre otras, a causa de la maleza en determinado entorno. De esta manera, se tienen diversas interacciones que conforman a la interferencia: competencia, alelopatía, parasitismo, agente huésped de otras plagas, enfermedades, por mencionar algunas. Es importante resaltar que, la interferencia siempre tendrá un agente causal y un agente que recibe el efecto. La interferencia que provocan las malezas pueden ser de forma directa o indirecta. La interferencia directa incluye a la competencia, alelopatía y parasitismo. En cuanto a interferencia indirecta, la maleza puede actuar como hospedera de otras plagas, enfermedades (virales) y nematodos (Carvalho, 2013).

La maleza puede servir de alojamiento para diversos microorganismos fitopatógenos que pueden resultar en plagas y enfermedades potenciales en las áreas cultivadas, algunos de ellos pueden ser: insectos, ácaros, nematodos, hongos, bacterias y virus (Carvalho, 2013). En el grado de interferencia de las malas hierbas intervienen factores relacionados con: la comunidad de la maleza (composición específica,

densidad y distribución de estas), el área cultivada (espacio, densidad, agua, luz, nutrientes) y los factores edafo-climáticos (Pitelli, 2004). Finalmente, las interferencias por parte de las malezas hacia las áreas cultivadas generan daños directos al sector agrícola provocando pérdidas de 30-40% en la producción alimentaria (Lorenzi, 2008).

2.14.1 Competencia

La competencia dada entre dos especies se presenta cuando estas comparten uno o más recursos no renovables entre sí y que además no son suficientes para abastecerlas. De este modo, se entiende que los recursos son sustancias que coadyuvan al crecimiento de los individuos y que la disponibilidad de los mismos por demás consumidores puede verse afectada en consecuencia de su uso (Abrams, 2022).

Competencia por nutrientes en pasto-maleza. El efecto de mantener los pastos sin deficiencias nutricionales, es el adelanto de la producción de forraje, pues se podrá ofrecer antes (Marino & Agnusdei, 2009). Pasturas bien nutridas permiten tener mayor eficiencia en cuanto a la utilización del forraje y un aumento en la conversión en la producción animal (Agnusdei & Marino, 2009).

La ausencia o deficiencia de los minerales ocasionan baja productividad en las plantas, en relación directa con los animales, estos también se verán afectados por dicha situación, de modo que, se reflejará en bajos rendimientos y producción, debido a que en muchos lugares la alimentación del ganado es a base de pastos (Rincón *et al.*, 2012). De manera general el crecimiento de forrajes de especies en pastoreo resulta por el aumento luego de corregir deficiencias nutricionales en el suelo (Agnusdei *et al.*, 2001). Pero también, se debe tomar en cuenta que la acumulación de minerales en las plantas puede producir intoxicaciones a los animales cuando estas son consumidas, como es el caso de la elevada absorción

de nitratos y nitritos en la planta que no logran transformarse a amonio u otros compuestos nitrogenados orgánicos (Rincón *et al.*, 2012).

2.14.2 Alelopatía

Es entendida como “Cualquier proceso que involucra metabolitos secundarios producidos por plantas y microorganismos que influyen en el crecimiento y desarrollo de sistemas agrícolas y biológicos (incluidos los animales)”, forma parte de los factores que están involucrados en la interferencia (Carvalho, 2013).

La excreción de sustancias activas también puede darse por medio de los residuos de la planta misma (FAO, 2007). Así pues, los efectos alelopáticos por parte de las plantas no solo afectan a otras plantas, sino que también pueden ser utilizadas para atraer agentes polinizadores, protegerse contra herbívoros y patógeno, algunos llegan a ser tóxicos para los animales de esta manera actúan como repelentes de sus enemigos naturales. En el caso de intoxicación, hay algunas especies que resultan tóxicas hacia el hombre y/o al ganado, pueden provocar inhibición del hambre, enfermedades, disminuir la cantidad del producto, conferir mal sabor a productos derivados de animales (carne y leche); por lo tanto, la alelopatía hace referencia a una interferencia directa (Carvalho, 2013).

2.14.3 Parasitismo

El parasitismo es otro de los factores que son considerados que influyen en la interferencia y se refiere a una interacción entre dos individuos vegetales, de modo que uno de ellos se beneficia del otro sin llegar a eliminarlo. Las plantas parásitas no poseen hojas y raíces, pero se fijan a la otra planta por medio de órganos “haustorios”, permitiendo así sustraer la humedad y nutrientes necesarios (FAO, 2007).

2.14.4 Interferencia maleza-pasto

De acuerdo a Tozer *et al.* (2011) en un sistema de maleza-pasturas cuando los individuos que constituyen a las pasturas no resultan capaces de disminuir el establecimiento de la maleza con las cuales compiten, seguramente estas últimas dominaran la comunidad. Tres elementos son clave para el establecimiento de la maleza:

- 1) Más habilidad competitiva
- 2) Capacidad de colonizar áreas perturbadas
- 3) Producción masiva de diásporas contra las pasturas

La alta propagación de maleza afecta de manera directa en la producción de las especies deseables, además de reducir la densidad de los macollos. En estos mismos sistemas la competencia se da desde la siembra y repercute en la dinámica de poblaciones de las especies que interaccionan, incluyendo así a la germinación, emergencia, reclutamiento, fecundidad, mortalidad y fenología (Kemp *et al.*, 2001).

Ahora bien, la competencia dada entre la maleza y otras plantas sucede cuando algún factor indispensable como es: el agua, luz solar, nutrientes y espacio está restringido ante las necesidades entre los individuos en convivencia, aunque también puede haber limitación entre estas de gases (dióxido de carbono y oxígeno). Algunas especies pueden interferir excretando sustancias alelopáticas (Pitelli, 2004; Carvalho, 2013).

El uso de fertilizantes puede contribuir con la competencia entre pastizal y maleza, favoreciendo a los individuos del pastizal, puesto que, se logra un cambio en la composición y densidad de la maleza, debido al aporte de nutrientes que propicia diversos resultados en las especies (Silva *et al.*, 2015).

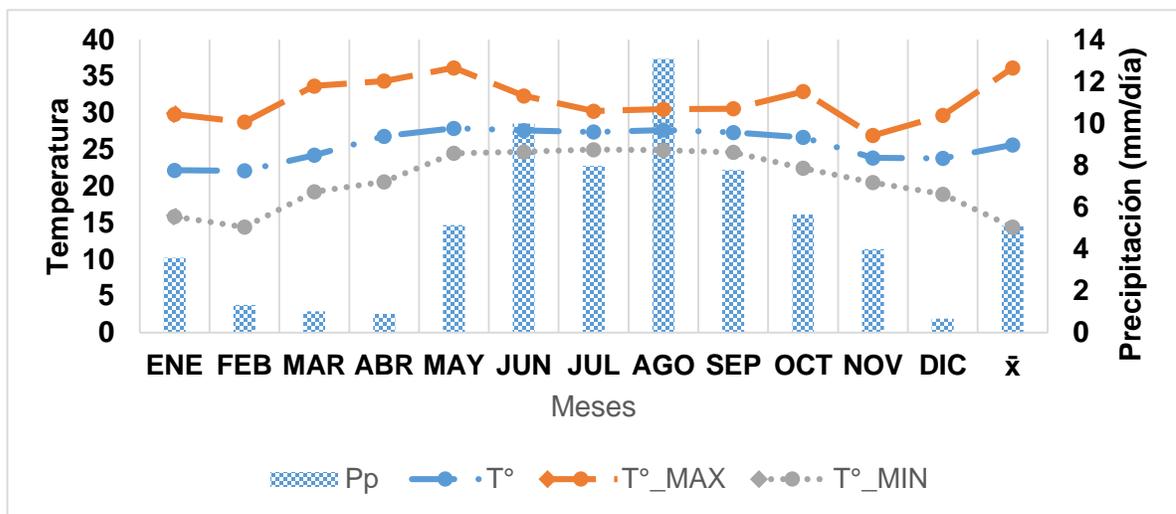
III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

El experimento se estableció el 02 de agosto de 2021 y concluyó en noviembre del mismo año, en un potrero con superficie de siete hectáreas y alta infestación por parte de la maleza *S. inaequidens* en la localidad Barrio de Santa Cruz, municipio de Tonayán, Veracruz, México. Las coordenadas del sitio corresponden a 19° 43' 40" latitud norte y 96°54' 54" longitud oeste a una altitud de 2,077 msnm.

3.1.1 Clima

De acuerdo a INEGI (2023) y a la carta de climatología, la localidad presenta un clima clasificado como templado-húmedo. Para el año de estudio el promedio de temperatura fue de 26°C, con una máxima de 36°C y una mínima 14°C y una precipitación anual de 1,864 mm (Figura 4; POWER, 2023).



Fuente: POWER, 2023.

Figura 4 Temperaturas y precipitación promedio mensuales del área de estudio, 2021.

3.1.2 Suelo

Previo al establecimiento del experimento se realizó un análisis de suelo de la superficie en estudio indicando que, corresponde a: un suelo franco, con una densidad aparente de $0.93 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, una capacidad de intercambio catiónico (CIC) igual a $7.46 \text{ meq}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ y un $\text{pH} = 6.99$; la proporción de los nutrientes y/o minerales en el suelo (Figura 5) fue muy deficiente para la mayoría de ellos.

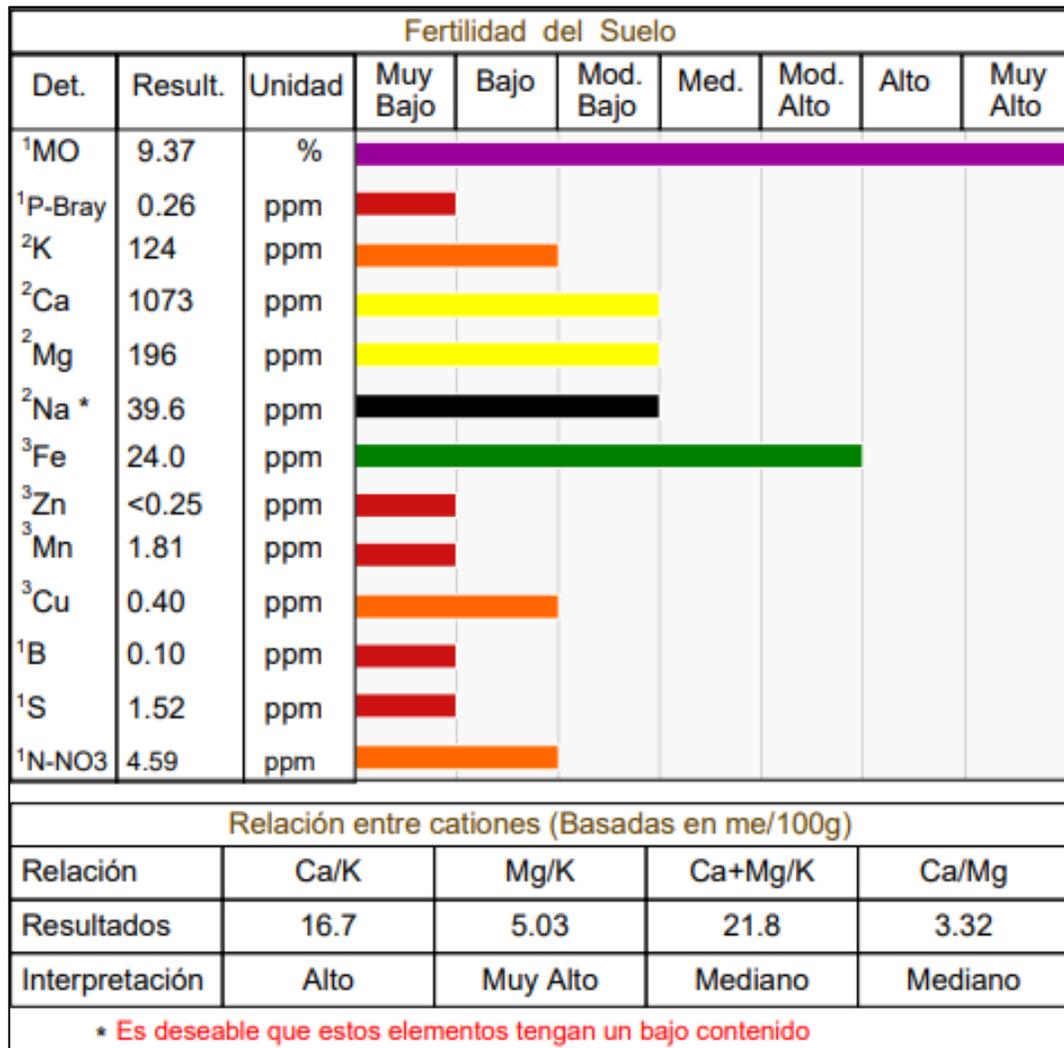


Figura 5 Análisis de suelo del área de estudio. Elaborado por Fertilib julio de 2021.

3.1.3 Vegetación

De acuerdo a la clasificación florística de Rzedowski (2006), el área de estudio se incluye en la comunidad biótica del reino neotropical, región caribea con provincia costa del golfo de México; donde, debido a las condiciones climáticas y de altitud, la vegetación original debió consistir en bosques con presencia de encinos y pinos. En el mismo sentido González-Medrano (2003) define dos provincias fisiográficas referentes al área: llanura costera del golfo norte en transición con la sierra volcánica transversal. Sin embargo, debido a las actividades productivas de hoy en día, tal es el caso de la ganadería, la zona se ha visto sujeta a cambios en el uso del suelo, por lo cual, la vegetación actual del área corresponde a la de un pastizal cultivado según lo reportado por la carta de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2023). Por su parte, los géneros más representativos que se pueden encontrar dentro del potrero son: *Digitaria*, *Dichondra*, *Cirsium* y *Solanum*.

Es importante mencionar que en años anteriores (2018) el manejo realizado en el potrero era a través del pastoreo continuo, y que para el año previo al establecimiento del experimento se realizaron descansos intermitentes de aproximadamente 20 días y periodos de pastoreo (ocupación) de 2 a 3 meses en el área de estudio, con una carga animal relativamente baja, esto asemejaría un sistema de pastoreo de baja intensidad y frecuencia.

3.2 Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas, con dos factores de estudio: altitud y porcentaje de infestación. Se distribuyeron cuatro parcelas en todo el pastizal infestado por *S. inaequidens*, cada una de las parcelas se dividió en seis subparcelas las cuales corresponden al número de tratamientos. La superficie de las parcelas experimentales fue de 70.0 m² (7.0 m de ancho x 10.0 m de largo) cada una, dentro de las cuales cada subparcela tenía un área de 4.0 m² (2.0 m x 2.0 m) con una distribución aleatoria, la separación entre cada tratamiento fue de 1.0 m,

respectivamente (Figura 6), por lo cual se obtuvieron cuatro sitios y/o repeticiones (6 X 4= 24).

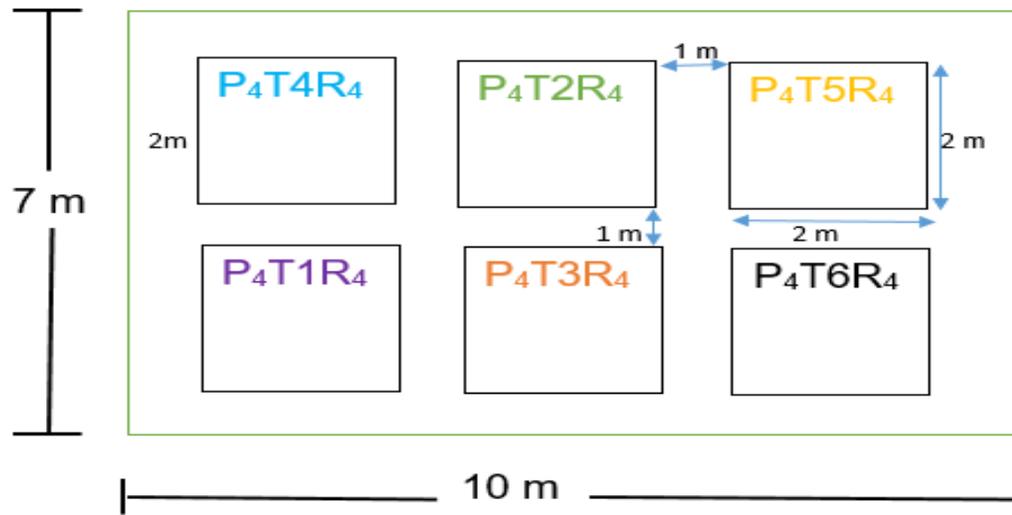


Figura 6 Representación y distribución de una parcela grande en el diseño experimental de parcelas divididas implementado en el experimento. P= parcela chica; T= tratamiento (subparcela) y R= repetición.

Las parcelas fueron delimitadas con postes de madera con una altura de 1.40 m y con tres tiras de alambre de púas, cada subparcela fue marcada en sus cuatro esquinas con estacas que sobresalían de 1.0 a 1.20 m, estas se delimitaron con rafia de colores de acuerdo al tratamiento correspondiente. La unidad experimental consistió de tres repeticiones que fueron muestreadas con cuadrantes de madera de 0.5 m x 0.5 m, los cuales se medían en cada una de las subparcelas (Figura 7). El total de unidades experimentales a muestrear fue de 72 (4 x 6 x 3).

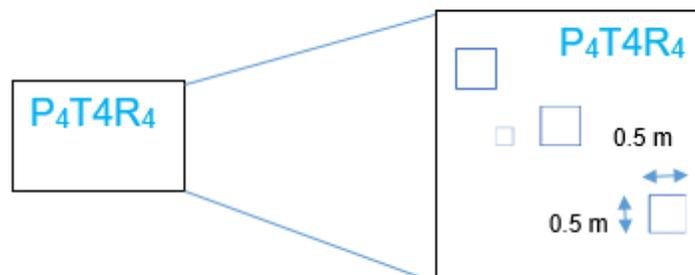


Figura 7 Representación de una subparcela (tratamientos) y unidades experimentales, en el diseño de parcelas divididas implementado en el experimento.

3.3 Tratamientos

Se evaluaron seis tratamientos considerando al testigo (Cuadro 1) estos se distribuyeron en el terreno de acuerdo al diseño experimental de parcelas divididas. Posterior al establecimiento se muestreo semana tras semana cada uno de ellos.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados

No.	Tratamiento	Descripción	Dosis
1	Bioherbicida	Sec Natural®+ coadyuvante	15 mL·L ⁻¹ + 10 mL·L ⁻¹ de agua
2	Siembra	Trebol blanco	5 Kg·ha ⁻¹
3	Herbicida Crosser™	Mezcla (picloram + 2,4-D) ^{Pβ} + coadyuvante ^{Pβ}	10 mL·L ⁻¹ de agua
4	Corte Manual	Extracción de <i>S. inaequidens</i>	N/A
5	Fertilización a base de fuentes de potasio ^δ	KNO ₃ , K ₂ SO ₄ y KCL [¥]	8.03, 7.09 y 6.02 g·L ⁻¹ de agua
6	Testigo	Pasto + maleza	N/A

^P 1° Aplicación: Crosser™ (10 ml) + Green Oil® (12 ml).

^β 2° Aplicación: Crosser™ (7.5 ml) + Green Oil® (10 ml) + δ.

^δ Aplicación: Muestreo cinco, Green Oil® (10 ml) + fuentes potásicas en todos los tratamientos, excepto en el testigo.

[¥] Aplicación hasta el Muestreo cinco, para todos los tratamientos excepto el testigo.

N/A: No aplica.

Algunas de las consideraciones que se tomaron en cuenta para el establecimiento de los tratamientos fue lo siguiente, en el caso del tratamiento 2, previo a la siembra, se procedió a deshierbar el área correspondiente para que no hubiera competencia y así se otorgará mayor oportunidad al trébol blanco (*Trifolium repens*) para establecerse. La maleza de las parcelas referentes a control manual (Tratamiento 4) fueron removidas totalmente desde la raíz, en lo que respecta al testigo (Tratamiento 6), se permitió el crecimiento y/o desarrollo completo por parte de la maleza y el pasto. Para la aplicación de mezclas formuladas de herbicidas y fertilización con potasio (Tratamientos 1, 3 y 5) se utilizó una bomba de mochila manual con capacidad de 20 L, con una boquilla de abanico (8002) para lo cual se hizo una previa calibración.

- Calibración: Se realizó a través de un desplazamiento en línea recta y se midió la distancia de este (punto inicial-punto final) y el ancho de mojado de la boquilla, para así obtener el área de mojado con base a ello, se determinó el gasto y extrapolo a la superficie a aplicar en cada tratamiento con la dosis correspondiente, también a cada formulación.

En cuanto a las sustancias químicas utilizadas, las formulas se describen a continuación:

***Sec Natural®**: se describe como un bioherbicida (orgánico), de contacto, sistémico, para el control de malezas de hoja ancha, el cual tiene como ingrediente activo:

- Aceite de coníferas40.0%
- Extracto de *Datura stramonium*10.0%
- Extracto de plantas alelopáticas42.0%
- Metabolitos de *Puccinia ssp*2.0%
- Aceite de coco no hidrogenado6.0%

***Crosser™**: es un herbicida selectivo y sistémico para el control de hoja ancha, con los siguientes ingredientes activos:

- 2,4-D: Sal triisopropanolamina de ácido 2,4-Diclorofenoxiacético. No menos de 26.11%
- Picloram: Sal triisopropanolamina de ácido 4, amino 3, 5, 6- tricloporicolínico No menos de 2.51%
- Ingredientes inertes: Neutralizante, surfactante, solventes, secuestrante e impurezas asociadas con los ingredientes activos. No más de 71.38%

***Green Oil®**: es un coadyuvante-encapsulador, el cual contiene una mezcla de dos aceites de origen vegetal, los cuales actúan como protectores químicos de moléculas inorgánicas u orgánicas contenidas como activos en los productos y

contiene agentes surfactantes que actúan como agentes tenso-activos, mejorando la dispersión y adherencia de los productos (Green Corp, 2023).

3.4 Variables a Evaluar

3.4.1 Cobertura de pasto y maleza

La cobertura de pasto y de maleza fueron estimadas de forma visual a través del cuadrante de la unidad experimental con dimensiones de 0.5 x 0.5 m en tres ocasiones (submuestras con cuadrantes de 0.25 m², Figura 7) colocados dentro de los tratamientos en las parcelas experimentales. Las coberturas tanto de pasto como de maleza se determinaron como porcentajes de acuerdo al área cubierta de la superficie según la metodología de Alemán (2004) modificado. Estas variables se denotan en el análisis estadístico como porcentaje de pasto (PP) y porcentaje de maleza (PM). Lo anterior se realizó previo al inicio del experimento y posteriormente cada semana hasta conseguir nueve muestreos.

3.4.2 Densidad de maleza

La densidad de población se refiere al número de individuos presentes de *S. inaequidens* (IM), la cual se determinó en 10 ocasiones, la primera fue previo al establecimiento del experimento para tener una base de referencia de la población de la maleza existente y posteriormente evaluarla con el efecto de los tratamientos aplicados, luego del establecimiento se determinó la densidad de la maleza a la semana y así sucesivamente, hasta realizar el resto de los nueve muestreos. Se utilizó como referencia la metodología de conteos de cuadrantes recomendada por Burrell *et al.* (1997). En toda ocasión se efectuó el conteo de los individuos de la maleza en cualquiera de sus etapas fenológicas, esto al interior de la unidad experimental de 0.5 x 0.5 m en tres ocasiones (submuestras, Figura 7) dentro de cada uno de los tratamientos de las parcelas experimentales.

3.4.3 Daños ocasionados por herbicidas

El daño efectuado en la cobertura del pasto y maleza se evaluó visualmente con el cuadrante de cada unidad experimental (Figura 7) y se consideró como porcentaje, utilizando escalas (0-100%), dónde cero significa que el pasto y maleza no fueron afectados en lo absoluto y el 100% hace referencia a que hubo muerte total por parte de las plantas, en el caso de porcentajes intermedios indica que se presentaron efectos fitotóxicos como: clorosis de las hojas de forma total o parcial, necrosis y hojas quemadas. La determinación del daño se muestra en el análisis estadístico como porcentaje de daño al pasto (PDP) y porcentaje de daño a la maleza (PDM). Para ello las estimaciones se realizaron en siete ocasiones al cabo de una semana del establecimiento del experimento y posteriormente de forma semanal hasta el muestreo siete.

3.5 Análisis Estadístico

Los datos que se registraron de porcentajes se transformaron a su valor de logaritmo y el número de individuos de maleza a su valor de raíz cuadrada. Para ello se realizó un análisis de varianza (ANVA) con un diseño experimental de parcelas divididas a través del paquete estadístico SAS para Windows versión 9.0. Además, se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$), para lo cual se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + \varepsilon_{ij} + S_k + (TS)_{jk} + e_{ijk}$$

Dónde:

B = Número de bloques

T = Número de tratamientos

S = Número de subtratamientos

Y_{ijk} = Respuesta obtenida para el j -ésimo tratamiento y k -ésimo subtratamiento ubicado en el i -ésimo bloque

μ = Efecto medio general

B_i = Efecto del i -ésimo bloque

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio en la parcela grande

S_k = Efecto del k -ésimo subtratamiento

$(TS)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el j -ésimo tratamiento y el k -ésimo subtratamiento

e_{ijk} = Error aleatorio en la parcela chica

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de cobertura del pasto

4.1.1 Análisis de varianza

Se observaron diferencias significativas para los tratamientos en todos los muestreos (Cuadro 2). Para el muestreo cero se tuvieron solo diferencias significativas ($P \leq 0.1$), esto por la diferencia de cobertura que tuvo el pasto en las diferentes subparcelas previo al establecimiento de los tratamientos; es decir, que se consideró el crecimiento natural que tenía el zacate, con la intervención del ganado y este varió según la localización de cada parcela en el predio, ya que estas fueron elegidas al azar en zonas altas, medias y bajas del terreno, por tanto las subparcelas estuvieron en igual condición.

Del muestreo uno al nueve, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$), debido a los distintos efectos que provocó la aplicación de cada uno de los tratamientos, esto se reflejó en los porcentajes de cobertura del pasto (Cuadro 2).

En cuanto a la fuente aplicada de potasio, se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.1$) únicamente en el muestreo nueve, esto pudo deberse a la aportación de fertilización que se dio al suelo y con ello se favoreció la cobertura y producción del pasto, sin embargo, este efecto fue notorio posterior a la aplicación debido a la solubilidad de los fertilizantes en el suelo, a la disponibilidad y aprovechamiento de éstos por plantas. Tang *et al.* (2014), mencionan que un tratamiento de fertilización equilibrado (de N, P y K) promovería el crecimiento y/o desarrollo de los cultivos, lo cual conseguiría rodales cerrados y limitación de luz para las poblaciones de malezas que crecen por debajo, afectando así la diversidad de malezas.

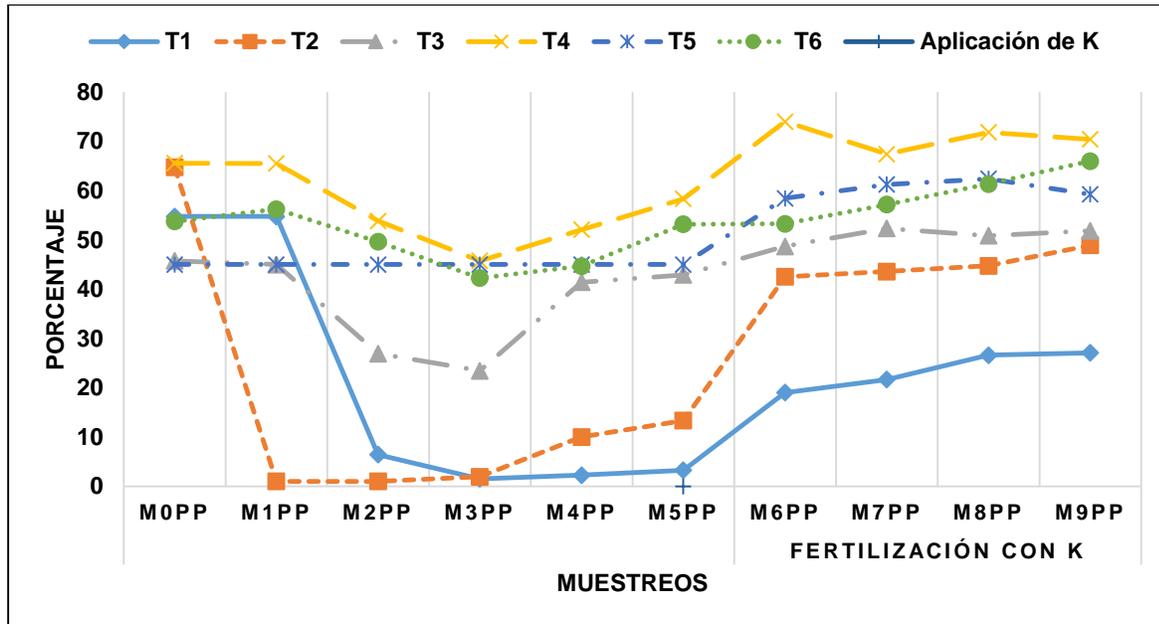
Cuadro 2. Análisis de varianza para el porcentaje de cobertura de pasto bajo el diseño de parcelas divididas en nueve muestreos

Fuente de Variación	gl	Porcentaje de pasto									
		M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Tratamiento (PG)	5	0.09*	5.29***	5.15***	5.43***	3.65***	3.07***	0.87***	0.52***	0.37***	0.36***
Fuente de K (PC)	2	0.03 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.07*
Sitios	3	3.29***	2.43***	2.17***	1.31***	0.85***	0.51***	0.32**	0.39***	0.43***	0.59***
PG*Sitios	15	0.03 ^{ns}	0.12***	0.26***	0.10*	0.16***	0.17***	0.11 ^{ns}	0.09**	0.04 ^{ns}	0.04*
PG*PC	10	0.05 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Error	36	0.04	0.02	0.06	0.05	0.04	0.02	0.07	0.04	0.03	0.02
Total Corregido	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²		0.88	0.98	0.94	0.94	0.93	0.94	0.75	0.77	0.75	0.83
CV%		12.56	10.68	23.65	23.88	18.01	13.22	17.58	13.61	11.82	9.89
Media		56.94	47.43	29.11	24.28	30.2	33.63	49.3	50.56	52.95	53.91

PG: parcela grande; PC: parcela chica; M0-9: número de muestreos; ***: significancia con una confiabilidad del 99% (P≤0.01); **: significancia con una confiabilidad del 95%(P≤0.05); *significancia con una confiabilidad del 90%(P≤0.1); ns: no significativo; gl: grados libertad; Fuente de K: fuente de potasio; R²: coeficiente de determinación; CV%: porcentaje de coeficiente de variación.

4.1.2 Comparación de medias entre tratamientos

Los tratamientos muestran diversa cobertura de pasto desde el muestreo cero (Figura 8; Cuadro 3), lo que nos indica, que antes del establecimiento de los tratamientos, las parcelas (sitios) eran muy heterogéneas. Para el muestreo uno, la mayoría de tratamientos se comportaron de manera similar, excepto el tratamiento dos el cual se vio afectado por la disminución casi nula del pasto, puesto que, dicho tratamiento implicó la remoción total de éste, debido a la introducción del trébol como una nueva especie para el pastoreo del ganado vacuno que se explota en la parcela.



M0-9: número de muestreos; T1-6= número de tratamientos; PP: Porcentaje de pasto.

Figura 8 Fluctuación de las medias en el porcentaje de la cobertura de pasto por el efecto de los tratamientos.

Cuadro 3. Comparación de medias entre los tratamientos, para cada muestreo con base en el porcentaje de cobertura del pasto

Tratamientos	Porcentaje de cobertura de pasto (PP)									
	Tratamientos					Fertilización con K				
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
T1	54.75 ^{ab}	54.75 ^a	6.41 ^{bc}	1.52 ^b	2.25 ^b	3.25 ^c	19 ^b	21.67 ^b	26.58 ^b	27.08 ^b
T2	64.75 ^{ab}	1 ^b	1 ^c	1.92 ^b	10 ^b	13.33 ^b	42.5 ^a	43.58 ^{ab}	44.7 ^{ab}	48.92 ^a
T3	45.75 ^b	45 ^a	26.92 ^{ab}	23.42 ^a	41.42 ^a	42.92 ^a	48.67 ^a	52.33 ^a	50.83 ^a	51.83 ^a
T4	65.58 ^a	65.5 ^a	53.83 ^a	45.75 ^a	52.08 ^a	58.33 ^a	74 ^a	67.42 ^a	71.83 ^a	70.42 ^a
T5	45.00 ^{ab}	45.00 ^a	45.00 ^a	45.00 ^a	45.00 ^a	45.00 ^{ab}	58.42 ^a	61.25 ^a	62.42 ^a	59.25 ^a
T6	53.75 ^{ab}	56.25 ^a	49.62 ^a	42.25 ^a	44.67 ^a	53.17 ^a	53.25 ^a	57.17 ^a	61.33 ^a	66 ^a

M0-9: número de muestreos; T1-6= número de tratamientos.

En el muestreo dos, se observan menores porcentajes de pasto en los tratamientos: T1, T2 y T3, esto debido al efecto que provocaron los herbicidas en el pasto tanto el biorracional (T1), como el químico (T3) y por otro lado a la falta del pasto por la siembra que se realizó del trébol (T2). Esta misma tendencia mantuvieron principalmente los tratamientos T1 y T2 en los muestreos del tres al cinco, principalmente por el disturbio ocasionado hacia el pasto, solo que, para el muestreo cinco el tratamiento T2 tiene mayor porcentaje, debido a que, la cobertura del pasto fue recuperándose, probablemente por la aplicación de K, considerando que el suministro de este se dio a partir del muestreo cinco. El tratamiento T1 mantuvo la presencia del pasto escasa durante todo el experimento, esto se entiende, ya que el herbicida biorracional (Sec Natural[®]) que se aplicó es un herbicida total y con efectos sistémicos y no por el hecho de tratarse de un producto de origen natural quiere decir que va a proteger al pasto o algún cultivo de interés, es importante mencionar que la aplicación se realizó de forma total en cada parcela y no dirigida a la maleza, lo cual nos indica que el efecto provocado hacia el pasto generó un gran disturbio y pudiera ser muy agresivo y por ello, la recuperación de este se presenta de manera paulatina y lenta, cuando se analiza el comportamiento de la variable hasta los últimos muestreos (M5 al M9) (Cuadro 3; Figura 8).

Del muestreo seis en adelante, fue notorio el incremento de la cobertura del pasto para todos los tratamientos incluso se rebaso la cobertura inicial en algunos tratamientos como en el T4, esta recuperación se debe principalmente al efecto de la fertilización que se dio en el M5.

Al respecto, Delory *et al.* (2019), bajo un experimento en invernadero de *S. inaequidens* y competencia generada con demás especies (principalmente gramíneas y también leguminosas) encontraron que, cuando las especies nativas se establecieron tres semanas antes que *Senecio*, éstas producían más biomasa en comparación cuando se establecían en el mismo tiempo que la maleza; esto mismo se apreció en esta investigación ya que puedo observarse que el porcentaje

de la cobertura de pasto en el T4, en el cual se asemeja el establecimiento temprano de las especies nativas, debido al manejo manual de la maleza, por lo que en este tratamiento se obtuvo mayor producción de pasto, en comparación con los T1 y T2, que representarían el establecimiento y/o llegada al mismo tiempo que la maleza, mostrando así valores menores para dicha variable.

Por su parte Esqueda-Esquivel y Tosquy-Valle (2007), en un estudio que se realizó en potreros de pasto pángola (*Digitaria decumbens*) sobre control de maleza en el Estado de Veracruz, mostraron que la cobertura del pasto incrementó hasta en un 98% con el tratamiento químico (2,4-D+picloram) mientras que, el control manual (que incluía chapeo con machete) solo lo hizo en un 50% hasta los 154 días después de la aplicación (DDA). Esto resultó ser algo contrastante con los resultados obtenidos aquí, considerando que el control manual alcanzó el mayor porcentaje de pasto y por debajo de ello se obtuvo al control químico, incluso con el uso de los mismos ingredientes activos, que en la investigación de estos dos autores. Aunque también, podemos considerar que, para el control manual, el porcentaje de pasto inicial era mayor antes de establecerse el experimento, en relación al control químico, lo que pudo haber influido en los resultados finales; también, la duración de los experimentos fueron diferentes, 154 DDA contra ± 100 días que duró el estudio presentado, y que, el control manual llevado a cabo en este experimento implicó la remoción total de la maleza; además, que la maleza a controlar no fueron las mismas y considerar que el grado de invasión de *S. inaequidens* en el área de estudio es alto.

Así mismo, Wijayabandara *et al.* (2023) han informado que, en Australia, la amina 2,4-D ($3.2 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y la sal de sodio 2,4-D ($2 \text{ a } 4 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) tienen un buen control sobre *S. inaequidens* sin dañar especies de pasto, como *Digitaria didactyla*, *Imperata cylindrica* y *Trifolium repens*.

De esta forma, el efecto generado luego de realizar la fertilización potásica muestra ser positivo para los pastos de la región, tomando en cuenta que, del muestreo cinco

al seis se nota un incremento considerable en la cobertura de pasto, principalmente en los T2 y T5, con un incremento de 29.17% y 27.59%, respectivamente seguidos de T1 (15.75%), T4 (15.67%), T3 (5.75%) y T6 (0.08%), cabe resaltar que con el manejo que se dio en todos los tratamientos estos valores fueron superiores al final de la toma de datos, después de la aplicación de las fuentes de potasio, siguiendo la misma tendencia T2, T5, T1, T6, T4 y T3 con 35.59, 28.42, 23.83, 12.83, 12.09 y 8.91% de incremento en la cobertura de pasto respectivamente. Sin embargo, si se considera hacer un análisis desde el inicio hasta finalizar el experimento, se puede apreciar que el T1 y T2, presentaron la mayor afectación al pasto, ya que no tuvo la misma tasa de regeneración o cobertura en la parcela el pasto con una pérdida total de -27.67 y -15.83, respectivamente; mientras que el tratamiento testigo (T6), presento la misma tendencia manteniéndose la cobertura del pasto en la misma tasa de crecimiento. Para los tratamientos T3, T4 y T5, las tasas de crecimiento en la cobertura del pasto, desde el inicio del establecimiento del experimento, hasta el final fueron bajas pero positivas expresando la mayor tasa el T3, seguida del T4 y T2 (6.08, 4.84 y 2.17%, respectivamente), por lo que a largo plazo y con estos datos estos tres tratamientos o su combinación pueden ser una alternativa para el manejo de esta maleza en la región.

Algunos autores han encontrado resultados en cuanto a la adición, niveles y fuentes de fertilización, específicamente con fertilización potásica, como es el caso de Sindel y Michael (1992), que en condiciones de invernadero al cultivar *Senecio madagascariensis* junto a *Avena strigosa*, esta última tuvo un peor desempeño que cultivada sola cuando se aumentaban los niveles de N y P, lo cual puede indicar que los cambios en las composiciones de los pastos puede estar dada por la aplicación de fertilizantes. Resultados similares son mostrados por Ugen *et al.* (2002), ellos al realizar un estudio sobre frijol en Uganda, obtuvieron que el K tuvo más efecto que el N o el P sobre el crecimiento, desarrollo y competencia del frijol, mientras que el P tuvo un efecto mayor sobre la maleza.

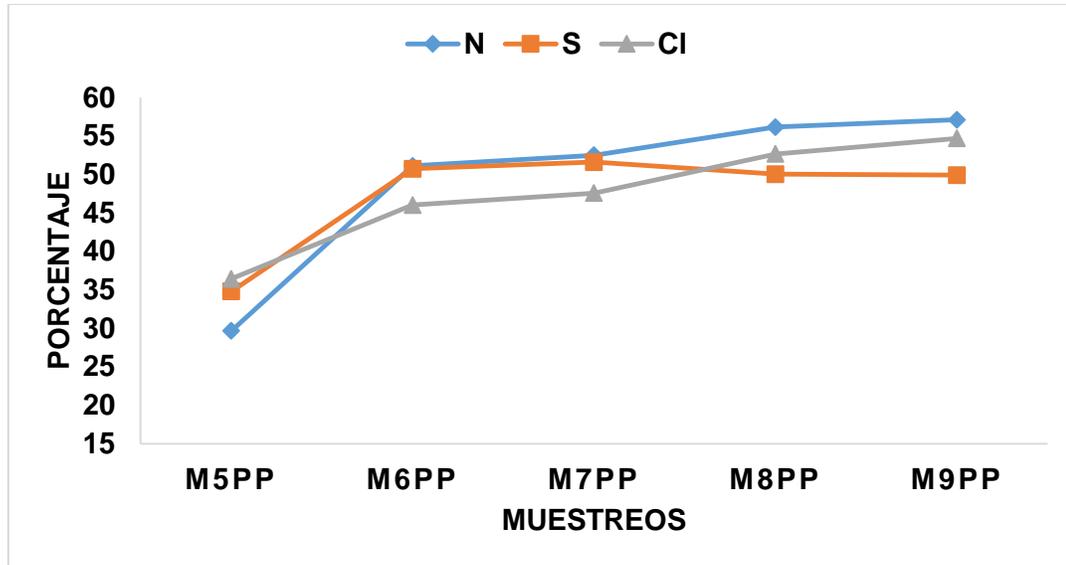
4.1.3 Comparación de medias entre fuentes de K

Es notable que, con la aplicación de K y el efecto provocado por los tratamientos, se obtienen mayores valores para la cobertura de pasto (Cuadro 4; Figura 9), en comparación de cuando no se aplica fertilización alguna, ya que como se puede observar en el tratamientos testigo (T6), el comportamiento del crecimiento del pasto no tienen mucha variación y se mantiene constante (Figura 8); cada uno de los tratamientos provocaron un estrés en el pasto y este fue subsanado con la fertilización, por lo tanto hay un incremento en la cobertura del pasto, lo que se entiende que con el paso del tiempo si se mantienen un manejo integral en el pastizal, los beneficios se podrán apreciar de mejor forma. Por su parte, el nitrato de potasio (KNO_3), resulta ser la mejor fuente a utilizar dado que, con esta, las cifras registradas son mayores, en contraste con sulfato y cloruro de potasio, aunque en el análisis de comparación de medias no se expresaran diferencias entre los valores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias correspondientes al porcentaje de cobertura de pasto, después de la aplicación de fertilizante con diferentes fuentes de potasio

Fuente de Potasio	Porcentaje de cobertura de pasto (PP)				
	M5	M6	M7	M8	M9
KNO_3	29.67 ^a	51.13^a	52.50^a	56.17^a	57.13^a
K_2SO_4	34.81 ^a	50.75 ^a	51.63 ^a	50.04 ^a	49.92 ^a
KCl	36.44 ^a	46.04 ^a	47.58 ^a	52.67 ^a	54.70 ^a

M5-9: número de muestreos; valores con letra igual, no presentan diferencias estadísticas significativas.



M5-9: número de muestreos; N= Nitrato de potasio (KNO_3); S= Sulfato de potasio (K_2SO_4); Cl= Cloruro de potasio (KCl); PP: Porcentaje de cobertura del pasto.

Figura 9 Comparación de medias del porcentaje de cobertura de pasto entre las tres fuentes de potasio utilizadas.

4.2 Porcentaje de cobertura de la maleza

4.2.1 Análisis de varianza

Se aprecian diferencias altamente significativas para tratamientos ($P \leq 0.01$) después del muestreo uno (Cuadro 5), es decir, una semana luego de la aplicación de éstos, lo que indica que el comportamiento fue diferencial por el disturbio o efecto que se ocasionó sobre *S. inaequidens* en cada tratamiento. Con respecto a la fuente de potasio, no se mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$), sobre el crecimiento y cobertura de la maleza en las parcelas donde se realizó la fertilización (Cuadro 5). Sin embargo, como vimos en resultados anteriores existió beneficio en los pastos de interés para el ganado, por lo tanto, fue favorable que la maleza no haya reaccionado al efecto del fertilizante, de esta forma el aprovechamiento de los nutrientes, lo realizó el pasto.

Cuadro 5. Análisis de varianza del porcentaje de cobertura de *Senecio inaequidens* bajo el diseño de parcelas divididas en nueve muestreos

Fuente de Variación	gl	Porcentaje de cobertura de maleza (PM)									
		M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Tratamiento (PG)	5	0.2 ^{ns}	5.66***	3.79***	3.68***	3.36***	4.47***	2.33***	2.29***	2.88***	3.13***
Fuente de K (PC)	2	0.12 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.12 ^{ns}
Sitios	3	0.73***	0.18 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.41***	0.86***	0.27***	2.00***	1.67***	2.04***	1.98***
PG*Sitios	15	0.25 ^{ns}	0.21**	0.23**	0.18**	0.21***	0.25***	0.52***	0.65***	0.4***	0.47***
PG*PC	10	0.11 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.18**	0.15 ^{ns}	0.19*
Error	36	0.16	0.11	0.09	0.08	0.04	0.03	0.15	0.06	0.1	0.11
Total Corregido	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R2		0.58	0.89	0.86	0.87	0.92	0.95	0.82	0.92	0.88	0.88
CV%		32.14	37.58	42.41	46.33	38.71	36.47	49.82	29.81	39.7	40.28
Media		25.9	19.47	12.02	10.39	9.31	9.34	15.41	16.16	16.02	18.38

PG: Parcela Grande; PC: Parcela Chica; M0-9: número de muestreos; ***: significancia con una confiabilidad del 99% ($P \leq 0.01$); **significancia con una confiabilidad del 95% ($P \leq 0.05$); *significancia con una confiabilidad del 90% ($P \leq 0.1$); ns: no significativo; gl: grados libertad; Fuente de K: fuente de potasio; R²: coeficiente de determinación; CV%: porcentaje de coeficiente de variación.

Dentro del mismo análisis de varianza (Cuadro 5), se encontraron diferencias significativas, entre los sitios de ubicación del experimento, debido a la localización de cada uno, esto influyó en la cobertura de la maleza, pues en cada sitio evaluado la maleza presentó diferente respuesta en la variable, ocasionada por la cantidad de humedad y tipo de suelo que predominó en cada parcela grande y también al mismo disturbio que el ganado genera en el predio; estos resultados se sustentan, también, con la fuente de variación de la interacción entre las parcelas grandes y los sitios del análisis de varianza. Para la segunda interacción entre parcelas grandes con parcelas chicas del mismo análisis de varianza, no fue posible observar diferencias estadísticas, debido al efecto anidamiento que se dio dentro de éstas (Cuadro 5).

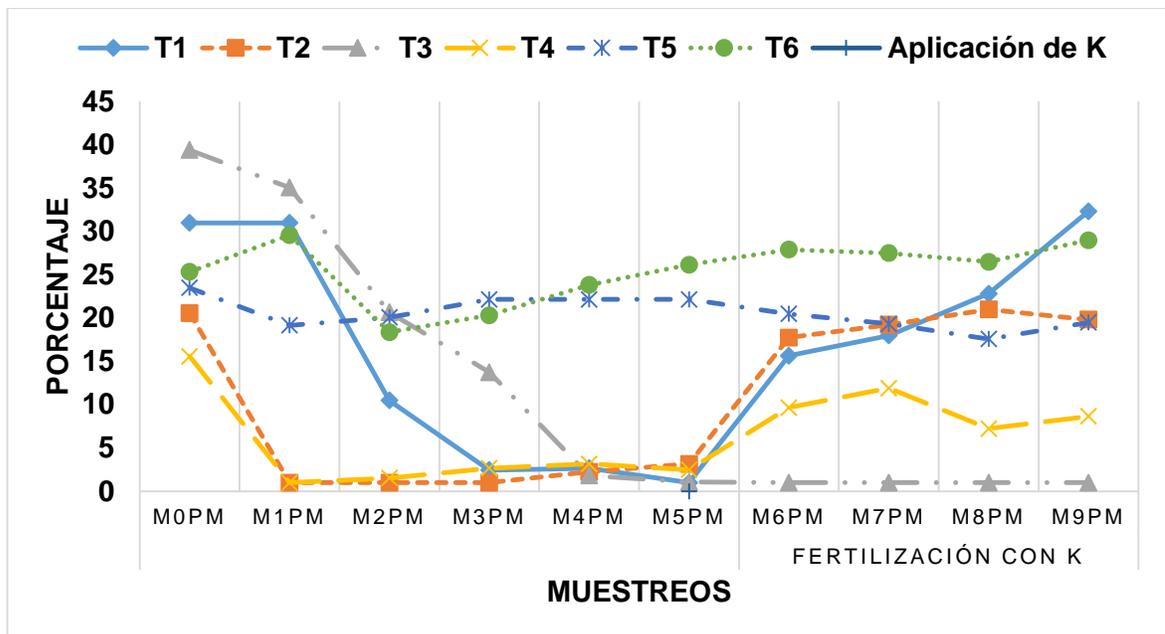
4.2.2 Comparación de medias entre tratamientos

Se señala que a partir del muestreo uno (M01), hubo efecto por parte de los tratamientos aplicados para suprimir a la especie de maleza *S. inaequidens* en el pastizal empleado para pastoreo de ganado vacuno (Cuadro 6; Figura 10). En los tratamientos, donde *S. inaequidens* fue removido en su totalidad (T2 y T4) se aprecia su tendencia de bajo crecimiento, durante las primeras evaluaciones, sin embargo, cuando se aplicó el T5, relacionado con el suministro de fertilizantes ricos en potasio (K), en los dos tratamientos se reestableció la maleza entre un 30 y 40% de cobertura, en el caso del T2, el trébol que se estableció no fue competente con la maleza, por lo que se puede considerar como una especie de lento crecimiento, no apta como una opción para combatir a corto plazo el problema que se tienen en campo. En el caso del T4, la remoción manual puede dar muchas ventajas al terreno, ya que además de eliminar la maleza, nos da la oportunidad de airear los suelos y darle ventaja competitiva al pasto; sin embargo, es una labor que requiere mucha mano de obra y de alto costo en la región, además que debe ser constante, para lograr los resultados idóneos en el predio, ya que es una maleza que se establece muy rápido y las altas densidades, dificultan la labor, como se puede ver en los resultados obtenidos en esta investigación (Figura 10).

Cuadro 6. Comparación de medias entre tratamientos con base en el porcentaje de cobertura de *Senecio inaequidens*.

Tratamientos	Porcentaje de cobertura de maleza									
							Fertilización con K			
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
T1	31.00 ^a	31.00 ^a	10.5 ^a	2.46 ^b	2.67 ^b	1.00 ^b	15.67 ^a	18.00 ^a	22.83 ^a	32.33 ^a
T2	20.59 ^a	1.00 ^b	1.00 ^b	1.00 ^b	2.25 ^b	3.17 ^b	17.75 ^a	19.25 ^a	21.00 ^a	19.83 ^a
T3	39.42 ^a	35.08 ^a	20.67 ^a	13.75 ^a	1.83 ^b	1.08 ^b	1.00 ^b	1.00 ^b	1.00 ^b	1.00 ^b
T4	15.58 ^a	1.00 ^b	1.54 ^b	2.67 ^b	3.17 ^b	2.5 ^b	9.67 ^{ab}	11.92 ^{ab}	7.25 ^{ab}	8.67 ^{ab}
T5	23.50 ^a	19.17 ^a	20.08 ^a	22.17 ^a	22.17 ^a	22.17 ^a	20.5 ^a	19.33 ^{ab}	17.58 ^a	19.50 ^a
T6	25.33 ^a	29.60 ^a	18.38 ^a	20.33 ^a	23.83 ^a	26.17 ^a	27.92 ^a	27.50 ^a	26.50 ^a	29.00 ^a

M0-9: número de muestreos; T1-6= número de tratamientos.



M0-9: número de muestreos; T1-6= número de tratamientos; PM: Porcentaje de maleza.

Figura 10 Comparación de medias de acuerdo al porcentaje de cobertura de *Senecio inaequidens* presente entre los tratamientos.

En el caso de los tratamientos T1 y T3, donde se aplicaron herbicidas, la maleza se controló en las primeras semanas de igual modo, para los dos tratamientos. Pero en el caso del T1, donde se empleó un herbicida de origen natural o de uso biorracional (Sec Natural®), la maleza se recuperó después de la aplicación de las fuentes de fertilizantes potásicos, hasta en un 30% y cabe destacar que este fue uno de los tratamientos que más perjudicó en la cobertura del pasto; sin embargo, en el caso del T3, el control de la maleza se mantuvo bajo sin recuperación de ésta, por lo que se puede considerar que fue el mejor tratamiento para suprimir a *S. inaequidens* (Figura 10).

Para los tratamientos T5 y T6 que se refieren a la aplicación de las fuentes de potasio como fertilizantes y el testigo, respectivamente, la cobertura de la maleza, se mantuvo constante desde un inicio, fluctuando entre un 25 a 30%, sin cambios drásticos. En el caso del T6, este sería el comportamiento que seguiría esta maleza de forma normal en la parcela, si no se llevara ningún tipo de manejo que afecte su crecimiento (Figura 10), pero que a corto tiempo esta puede incrementar su densidad en campo, por la capacidad competitiva de esta especie.

Por su parte, Delory *et al.* (2019) encontraron que la especie tiene mejor desempeño, es decir, mayor producción de biomasa cuando es la primera en llegar a la comunidad, en comparación cuando esta es sembrada al mismo tiempo que algunas especies nativas solo llega a representar el 40%, lo cual coincide con el experimento realizado, pues, solo alcanzó el mayor porcentaje en los tratamientos T1 y T2 con valores menores a los reportados por estos autores.

Medina *et al.* (2021), mencionan que el bioherbicida Sec Natural® tuvo un control deficiente en maleza de hoja ancha (77.78%) cuando el cultivo establecido fue maíz, esto en la Región del Bajío, de México. Por tanto, estos resultados concuerdan con lo obtenido en este experimento, afectando a *S. inaequidens*; sin embargo, este herbicida biorracional, también afecto al pasto. Además, los resultados obtenidos en el presente experimento también tienen similitud, con lo presentado por García y Orozco (2021), quienes trabajaron el control de maleza en el cultivo de limón en Colima, pues muestran que, el mismo bioherbicida a diferentes concentraciones, tiene algún control sobre la maleza en los primeros 15 días luego de haber sido aplicado, pero conforme aumentan los DDA el control hacia la maleza disminuye notoriamente.

De manera que, los tratamientos que actúan contra la maleza de manera persistente son el T3 y T4. Resultados similares fueron descritos por Esqueda-Esquivel y Tosquy-Valle (2007) en un potrero de pasto pángola con alta infestación de maleza, donde la cobertura de éstas plantas, en las parcelas aplicadas disminuyó con herbicida de ingrediente activo picloram + 2,4-D al final del experimento (154 DDA) obteniendo valores menores al 2%, con respecto a la cobertura de la que se obtuvo en el T4 (control manual), donde este tratamiento, al finalizar el experimento, consiguió un 47% de cobertura de la maleza, esto señala la gran necesidad de controlar las malezas que se presentan en los pastizales para evitar la reducción y/o pérdida de la materia seca de pasto. A su vez, puede considerarse el efecto que se tiene con el T5, dado que, luego de suministrar K (M5), la cobertura de la maleza disminuyó moderadamente en esos tratamientos (T3 y T4), aunque esto pareciera

insignificante, logró mantener suprimida a la especie a *S. inaequidens*, en vez de estimularla. Sindel y Michael (1992), también notaron que el crecimiento de *S. madagascariensis* aumentó significativamente con la adición de N y P ($P < 0.001$), pero no con la de K ($P > 0.05$).

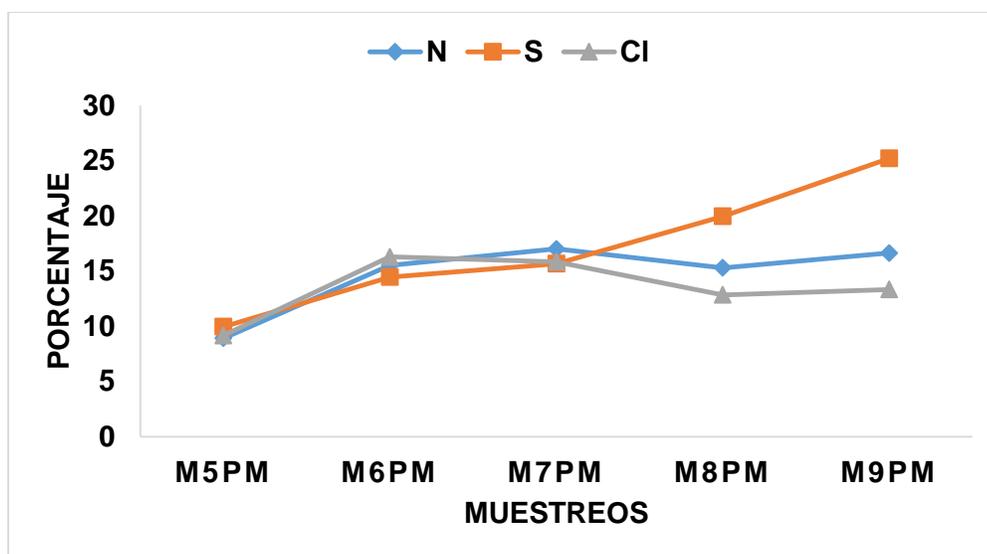
4.2.3 Comparación de medias entre fuentes K

Desde el punto de vista numérico, para el muestreo seis, el suministro de K en conjunto con los tratamientos, muestran efecto al promover ligeramente la cobertura de la maleza (Cuadro 7; Figura 11) y, hacia el final del experimento, la fuente de potasio que más favorece a la maleza está dada por el sulfato de potasio (K_2SO_4), pues obtiene valores por encima de nitrato (KNO_3) y cloruro de potasio (KCl), los cuales luego de tres semanas de aplicados, presentan menor efecto sobre *S. inaequidens*. Dada la importancia de ésta investigación, las tres fuentes de fertilización impactan sobre la cobertura del pasto (Figura 8) y no tienen tanto efecto sobre la maleza, que era lo que se esperaba; sin embargo, el efecto de cada tipo de fertilizante sobre el crecimiento de las plantas en el predio, puede dar un parámetro para la elección del fertilizante en un futuro como una propuesta de manejo cultural del pastizal, como se mencionó el K_2SO_4 es el fertilizante que no presentó disminución en la cobertura de maleza y este tampoco favoreció en la cobertura del pasto, por tanto no sería tan recomendable utilizar esta fuente, en este sentido las tendencias en las variables de cobertura con mejor efecto tanto positivo, como negativo, sobre pasto y maleza, respectivamente son las otras dos fuentes, por tanto los fertilizantes que se pueden emplear con mejor éxito para incrementar la cobertura de pasto y suprimir a la maleza con menor cobertura de esta en el predio son KNO_3 y KCl.

Cuadro 7. Comparación de medias entre las diferentes fuentes de potasio correspondientes al porcentaje de cobertura de *Senecio inaequidens*.

Fuente de K	Porcentaje de Cobertura de la Maleza				
	M5	M6	M7	M8	M9
KNO₃	8.9 ^a	15.5 ^a	17.0 ^a	15.3 ^a	16.6 ^a
K₂SO₄	10.0 ^a	14.5^a	15.7^a	20.0 ^a	25.2 ^a
KCl	9.2 ^a	16.3 ^a	15.8 ^a	12.8^a	13.3^a

M5-9: número de muestreos; valores con letra igual, no presentan diferencias estadísticas significativas.



M5-9: número de muestreos; N= Nitrate de potasio; S= Sulfato de potasio; Cl= Cloruro de potasio; PM: Porcentaje de maleza.

Figura 11 Comparación de medias de acuerdo al porcentaje de cobertura de *Senecio inaequidens* entre las fuentes de potasio utilizadas.

4.3 Número de individuos de la maleza

4.3.1 Análisis de varianza

De las cinco fuentes de variación que se establecieron en el análisis de varianza (Tratamientos (PG), Fuentes de K (PC), Sitio y las interacciones que fueron PG*Sitios y PG*PC), para los diez muestreos (M0-M9), en la variable de número de

individuos de la maleza (IM), se aprecian diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en el 52% de los datos, y no significativas el 28%, la mayoría en la fuente de variación relacionada a la fertilización en la parcela con K, el resto de los datos tuvieron significancia baja ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.10$; Cuadro 8); estos resultados indican que la fertilización no tienen influencia sobre la germinación y el establecimiento de plantas nuevas de maleza en los predios, pero si sobre el crecimiento de la maleza ya establecida, como se pudo apreciar en la variable de cobertura de la maleza (Cuadro 7, Figura 11).

Cuadro 8. Análisis de varianza para número de individuos de *Senecio inaequidens* bajo el diseño de parcelas divididas en nueve muestreos

Fuente de Variación	gl	Número de Individuos de Maleza									
		M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Tratamiento (PG)	5	2.35***	3.31***	2.54***	3.52***	56.38***	51.73***	11.30***	12.31***	19.78***	17.26***
Fuente de K (PC)	2	0.03 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.30 ^{ns}	1.23 ^{ns}	1.59 ^{ns}	1.25 ^{ns}	2.15 ^{ns}	1.39*	1.66 ^{ns}
Sitios	3	1.27***	1.59***	2.78***	3.10***	1.46 ^{ns}	3.77**	6.50***	6.35***	7.17***	9.25***
PG*Sitios	15	1.46***	1.20***	0.23 ^{ns}	0.52**	3.44**	4.33***	1.47**	1.40 ^{ns}	1.06*	1.74**
PG*PC	10	0.37***	0.35***	0.30*	0.15 ^{ns}	2.83*	2.14*	0.81 ^{ns}	0.73 ^{ns}	1.27**	1.18 ^{ns}
Error	36	0.10	0.10	0.16	0.25	1.37	1.18	0.65	0.93	0.55	0.77
Total Corregido	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²		0.92	0.91	0.82	0.8	0.88	0.89	0.82	0.77	0.88	0.84
CV%		21.12	22.44	30.23	36.39	40.26	38.54	43.11	47.19	34.18	40.16
Media		2.73	2.61	2.08	2.37	14.16	13.38	5.19	6.09	6.98	7.16

PG: Parcela Grande; PC: Parcela Chica; M0-9: número de muestreos; ***: significancia con una confiabilidad del 99% ($P \leq 0.01$); **significancia con una confiabilidad del 95% ($P \leq 0.05$); *significancia con una confiabilidad del 90% ($P \leq 0.1$); ns: no significativo; gl: grados libertad; Fuente de K: fuente de potasio; R²: coeficiente de determinación; CV%: porcentaje de coeficiente de variación.

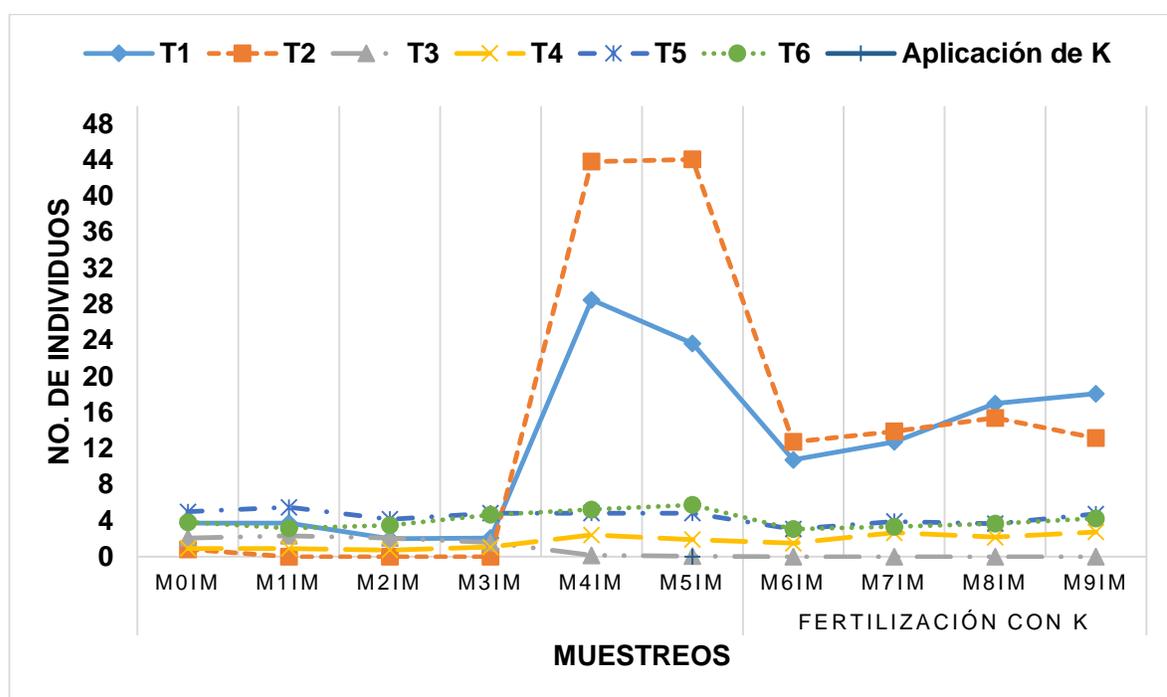
4.3.2 Comparación de medias entre tratamientos

Debido a que los datos fueron transformados en el análisis de varianza (Cuadro 8), se aprecian altas diferencias estadísticas, sin embargo al realizar el análisis de comparación de medias con las medias originales, esto ya no se aprecia, solo para los muestreos M0 y M1, esto debido a que el efecto de los tratamientos aun no eran evidentes, y se entiende que el número de individuos en cada parcela era homogéneo y no fue hasta el muestreo M2 en adelante, donde se apreciaran estas diferencias entre los diferentes tratamientos, es decir que se notan mayormente los efectos de los tratamientos (Cuadro 9; Figura 12). Los tratamientos que destacaron en esta variable fueron el T1 y T2, ya que presentaron el mayor número de individuos, aun por encima del testigo, sobre todo en los muestreos M3 al M6, esto significa que el efecto que ocasionaron estos dos tratamientos, provocó que la maleza tuviera mayor capacidad de respuesta y rebrote, ya sea por semilla o por vía asexual (esta evaluación no se realizó), y que se estableciera y recuperará de los efectos de los tratamientos; aunque es también fácil de apreciar que al momento de la aplicación de los fertilizantes potásicos disminuye el número de individuos en estos dos tratamientos, pero no suprime en su totalidad a todos los individuos, solo disminuyen la población como en un 40% aproximadamente, pero se mantiene alto el número de individuos con respecto a los otros tratamientos, esto refleja claramente que el manejo que se de en el pastizal va a influir en la maleza, por lo que se sugiere llevar a cabo estrategias de manejo integrado para el control de esta especie y recuperación pronta de la fertilidad de los suelos.

Cuadro 9. Comparación de medias entre tratamientos con base a el número de individuos de *Senecio inaequidens*.

Tratamientos	Número de Individuos de Maleza									
	Tratamientos					Fertilización con K				
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
T1	3.75 ^a	3.70 ^a	2.00 ^{ab}	2.08 ^{ab}	28.50 ^a	23.67 ^{ab}	10.75 ^a	12.7 ^{ab}	17.00 ^a	18.08 ^a
T2	0.83 ^a	0.00 ^a	0.00 ^c	0.00 ^b	43.83 ^a	44.08 ^a	12.75 ^a	13.92 ^a	15.42 ^a	13.17 ^{ab}
T3	2.08 ^a	2.30 ^a	2.08 ^{ab}	1.58 ^{ab}	0.17 ^b	0.08 ^c	0.00 ^b	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^c
T4	0.92 ^a	0.90 ^a	0.75 ^{bc}	1.08 ^b	2.42 ^b	1.92 ^c	1.50 ^b	2.67 ^{bc}	2.17 ^b	2.75 ^c
T5	5.00 ^a	5.50 ^a	4.17 ^a	4.83 ^a	4.83 ^b	4.83 ^{bc}	3.08 ^{ab}	3.90 ^{abc}	3.67 ^b	4.75 ^{bc}
T6	3.83 ^a	3.17 ^a	3.50 ^a	4.67 ^a	5.25 ^b	5.75 ^{bc}	3.08 ^{ab}	3.33 ^{bc}	3.67 ^b	4.25 ^{bc}

M0-9: número de muestreos; T1-6= número de tratamientos.



M0-9: número de muestreos; T1-6= número de tratamientos; IM: Individuos de maleza.

Figura 12 Comparación de medias de acuerdo al número de individuos de *Senecio inaequidens* presente en cada tratamiento.

Los tratamientos que obtuvieron mayor densidad de maleza (T1 y T2) pueden relacionarse a lo presentado por Scherber *et al.* (2003) y su estudio realizado en praderas con pobre cantidad de especies, realizado en Londres, mencionan que, las superficies perturbadas por eliminación de la vegetación y la baja competencia ante *S. inaequidens*, muestran una mayor densidad de la maleza en comparación con áreas donde el pasto significa una competencia por espacio. En este caso la

perturbación vendría dada por: 1) la remoción total de la vegetación del área de estudio en el T2, y 2) el efecto causado por el bioherbicida, sobre la maleza y el pasto. En el caso de la baja competencia hacemos referencia a que, en el tratamiento T2, el trébol al necesitar mayor tiempo de establecimiento, parece no ser competencia suficiente ante la maleza y por ello, la alta proliferación de sus individuos. Por último, estos mismos autores también señalan que, hay una menor densidad de maleza en superficies donde el pasto resulta ser competencia, lo cual es representado por el tratamiento T4, siendo éste, uno de los tratamientos que mejor controla a *S. inaequidens* junto con el tratamiento T3 pues, son los que lograron menores densidades de maleza y nada de afectación al pasto. Así pues, Esqueda-Esquivel y Tosquy-Valle (2007) observaron que con un control manual y químico (picloram+2,4-D) se puede observar un efecto en la densidad de población de la maleza, en potreros con una disminución del 37 y 75.5%, respectivamente.

Continuando sobre los efectos ocasionados por herbicidas a la maleza, en un experimento realizado por Wijayabandara *et al.* (2023) en pastizales de Australia, sobre el control químico en *S. madagascariensis* con pastoreo nulo por 10 meses, mostraron que tres de cuatro herbicidas utilizados (fluroxipir/aminopirialid, metsulfuron-metil y triclopyr/picloram/aminopirialid) logran un control efectivo sobre la maleza con una sola aplicación, pues reducen la densidad y el número de semillas de ésta, considerablemente. Por el contrario, otros herbicidas como bromoxinil, necesita de dos aplicaciones y no resulta ser tan efectivo, además de que fue el único que reducía la biodiversidad de la comunidad de semillas de pastos en comparación del resto de herbicidas utilizados. Lo anterior es importante tomando en cuenta que, el uso de herbicidas de una sola aplicación puede ser conveniente para el control de la maleza de gran poder invasivo como lo son las del género *Senecio*, pues, reducirían la perturbación a la comunidad, lo que implicaría menor capacidad competitiva por parte de la maleza. Sin embargo, en términos de eficacia de herbicidas, el 2,4-D se ha encontrado activo en una o más etapas sobre el crecimiento de *S. madagascariensis* (Wijayabandara *et al.*, 2023).

En cuanto a las densidades encontradas para *S. inaequidens* en este experimento, corresponden a un rango de 4 a 13 individuos·0.25 m⁻² (16 a 52 individuos·m⁻²) entre los diferentes tratamientos, lo cual supera a los datos reportados por Sans *et al.* (2004), ellos mencionan que, dicha maleza forma densas poblaciones que van desde 5 a 15 individuos·m⁻², lo que da referencia a la gravedad del problema por esta maleza en la región de Veracruz, México, donde se llevó a cabo esta investigación y es un foco de alerta para el uso de la tierra en esta zona.

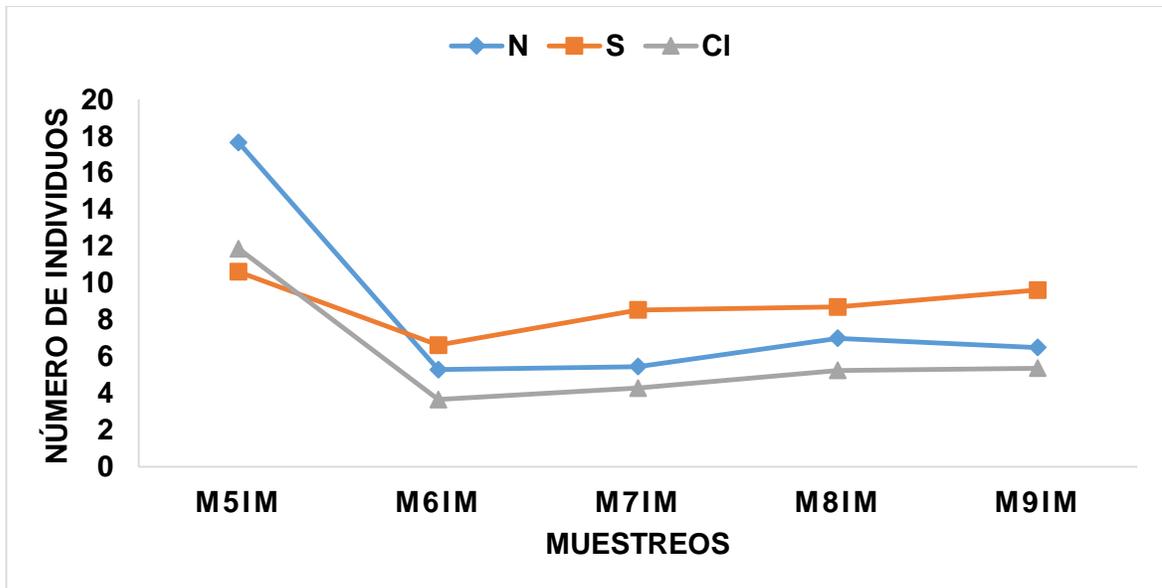
4.3.3 Comparación de medias entre fuentes K

Del muestreo seis al nueve, numéricamente se obtuvo más densidad de maleza con el sulfato de potasio (K₂SO₄), en comparación con el nitrato (KNO₃) y cloruro de potasio (KCl) (Cuadro 10; Figura 13). Por tanto, el K₂SO₄ es la fuente que menos nos beneficia, puesto que, favorece mayormente a la maleza, y por otra, es la que menos influenció en el crecimiento del pasto y no reflejo alto porcentaje de cobertura de éste (Cuadro 4). Sin embargo, en éstas evaluaciones, se registró menor densidad de maleza, es decir, menor número de individuos de la maleza posterior a la aplicación de los tratamientos y fertilización, independientemente de la fuente de K suministrada; por lo que el fertilizante solo va a influir en crecimiento o acumulación de materia vegetal y no en el incremento de individuos.

Cuadro 10. Comparación de medias según la fuente de K aplicada con base al número de individuos de *Senecio inaequidens*.

Fuente de Potasio	Número de Individuos de <i>Senecio inaequidens</i>				
	M5	M6	M7	M8	M9
KNO ₃	17.67 ^a	5.29 ^a	5.46 ^a	7.00 ^a	6.50 ^a
K ₂ SO ₄	10.63 ^a	6.63 ^a	8.54 ^a	8.70 ^a	9.63 ^a
KCl	11.88 ^a	3.67 ^a	4.29 ^a	5.25 ^a	5.38 ^a

M5-9: número de muestreos; valores con letra igual, no presentan diferencias estadísticas significativas.



M5-9: número de muestreos; N= Nitrate de potasio; S= Sulfato de potasio; Cl= Cloruro de potasio; IM: Individuos de maleza.
Figura 13 Comparación de medias de la variable número de individuos de maleza entre las diferentes fuentes de potasio aplicadas.

4.4 Porcentaje de daño al pasto

4.4.1 Análisis de varianza

Para la variable de porcentaje de daño al pasto, solo se realizó la evaluación en los tratamientos T1 y T3 y hasta el muestreo siete (M7), debido a que fueron en los que se aplicaron herbicidas que causan daños o efectos de fitotoxicidad a las plantas y por el periodo en el que se aprecian dichos efectos. En el caso del T1, se empleó un producto biorracional o bioherbicida (Sec Natural®) de acción total, por lo que puede causar daños a las plantas de interés como son los cultivos o como en este caso el pastizal; a diferencia de la aplicación del Crosser™ (picloram+2,4-D) que, a pesar de ser un producto de origen sintético o químico, este herbicida es selectivo al pasto y solo afectará la maleza de hoja ancha, tal es el caso de *S. inaequidens*. En los resultados del análisis de varianza se mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), por efecto de dichos tratamientos (Cuadro 11), lo cual pudo ser más notorio, a partir del muestreo dos (M2). En lo que respecta a la fuente de potasio que se aplicó como parcela chica dentro del mismo análisis, no hubo diferencias significativas, es decir que los fertilizantes no expresaron fitotoxicidad a

las plantas de pasto. En las otras fuentes de variación consideradas en el análisis de varianza (sitios y las interacciones; Cuadro 11), las diferencias estadísticas fueron notorias, esto por el mismo daño que ocasionaron los tratamientos en los pastos, algunos de los efectos fitotóxicos observados fueron: amarillamiento y clorosis intervenal, achaparramiento de plantas, efectos násticos, principalmente epinastia, necrosamientos o quemaduras y muerte total de las plantas. La fitotoxicidad se refiere a la expresión fenológica dada por la afectación a nivel metabólico hacia las plantas por distintos factores, en este caso: químicos, por parte del herbicida, expresándose en diversos órganos de la planta. Suelen presentarse con signos como: quemazón en las hojas, clorosis (parcial o general), deformación, necrosis y defoliación de hojas; hasta provocar retraso, disminución y muerte del individuo (Divito & García, 2017; Pinto, 2021).

Cuadro 11. Análisis de varianza para el porcentaje de daño al pasto bajo el diseño experimental de parcelas divididas, en los tratamientos que solamente se aplicaron herbicidas (biorracional y sintético).

Fuente de Variación	gl	Porcentaje de Daño al Pasto						
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Tratamiento (PG)	1	0.033 ^{ns}	6.118 ^{***}	15.154 ^{***}	7.122 ^{***}	3.164 ^{***}	1.557 ^{***}	23.114 ^{***}
Fuente de K (PC)	2	0.060 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.041 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.041 ^{ns}	0.039 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Sitios	3	1.498 ^{***}	2.642 ^{***}	0.389 ^{***}	0.121 ^{**}	0.475 ^{***}	0.045 ^{ns}	0.008 ^{**}
PG*Sitios	3	2.473 ^{***}	0.763 ^{***}	0.159 ^{***}	0.123 ^{**}	0.479 ^{***}	0.169 [*]	0.008 ^{**}
PG*PC	2	0.047 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.054 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.041 ^{ns}	0.031 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Error	12	0.029	0.002	0.024	0.029	0.027	0.051	0.002
Total Corregido	23	-	-	-	-	-	-	-
R2		0.971	0.990	0.982	0.957	0.949	0.792	0.998
CV%		25.162	5.468	14.068	11.785	10.120	13.342	4.831
Media		15.500	37.83	44.870	54.290	68.000	62.910	47.16

Tratamiento: se refiere al T1 (bioherbicida Sec Natural®) y T3 (herbicida sintético Crosser™); PG: Parcela Grande; PC: Parcela Chica; M1-9: número de muestreos; ***: significancia con una confiabilidad del 99% (P≤0.01); **significancia con una confiabilidad del 95%(P≤0.05); *significancia con una confiabilidad del 90%(P≤0.1); ns: no significativo; gl: grados libertad; Fuente de K: fuente de potasio; R²: coeficiente de determinación; CV%: porcentaje de coeficiente de variación.

4.4.2 Comparación de medias entre tratamientos

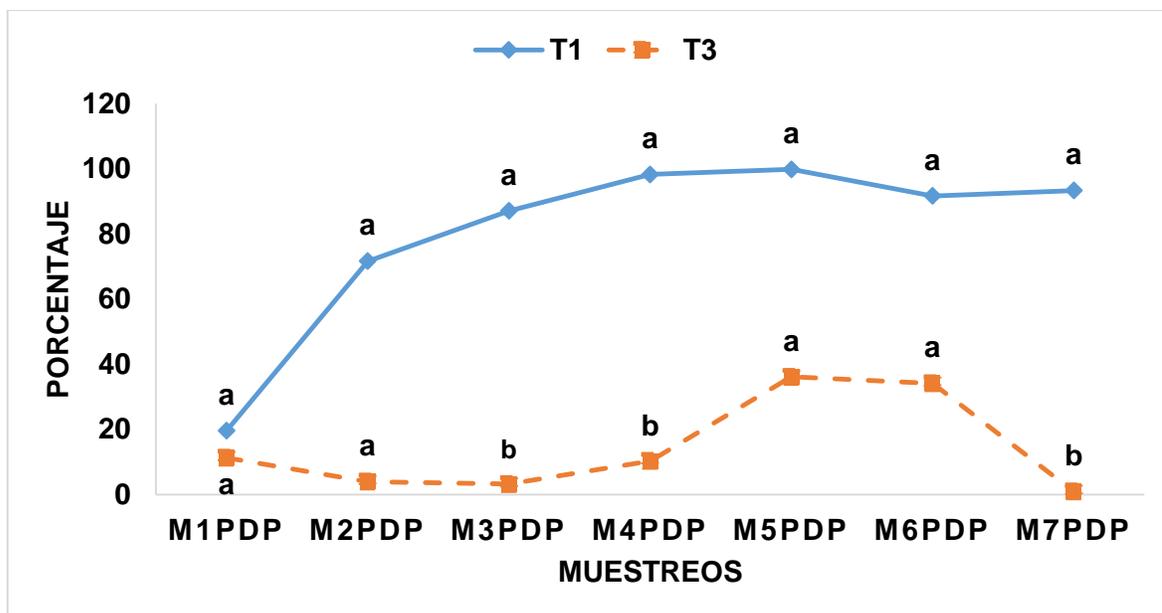
Con la comparación de medias de los dos tratamientos realizados con los herbicidas, se corrobora que el mayor daño al pasto, fue ocasionado con el herbicida biorracional (T1), por tratarse de un herbicida total. Por lo tanto, en los muestreos,

el mayor daño al pasto fue expresado por el Sec Natural®, en comparación con el T3, que es un herbicida selectivo a Poaceae y solo afecta hoja ancha, como es el Crosser™ (Cuadro 12; Figura 14). Los efectos que se mostraron con el bioherbicida (T1), son similares a los de un herbicida sistémico, como los daños que ocasiona glifosato y de la misma manera, se observó que afecta a todo tipo de plantas, tanto hoja ancha como hoja angosta y dichos efectos conducen a la muerte total, para el caso de esta variable, fue claramente observada la pérdida del pasto, al igual que a *S. inaequidens*, de tal forma que se generó un disturbio, que dificultó la rehabilitación del pasto, como ya se mencionó, los efectos como un herbicida sistémico fueron notorios, por lo que afectó también los rizomas del pasto y su crecimiento fue de forma gradual y lento. Por ello, se considera mejor alternativa la aplicación del tratamiento T3 Crosser™ (picloram+2,4-D), ya que este herbicida, no ocasionó daño al pasto. Por lo tanto, puede incluso usarse en su momento alguna formulación de herbicida que contenga 2,4-D, de preferencia, puesto que, el porcentaje de daño generado hacia el pasto, fue menor y de fácil regeneración de éste. Najafi y Ghadiri (2012) destacan que, el efecto de la interacción entre fertilización de N (dosis intermedia y alta) con herbicida 2,4-D (0.36 kg/ha) mostró mayor biomasa de malezas en un cultivo de maíz en Irán, pero para el segundo año de estudio con esta misma interacción N (dosis más baja) y 2,4-D (0.31 kg ha) se registró la biomasa de malezas más baja.

Cuadro 12. Comparación de medias correspondientes a la variable porcentaje de daño al pasto, en la aplicación de herbicidas (biorracional vs químico sintético).

Tratamiento	Porcentaje de Daño al Pasto						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
T1	19.67 ^a	71.67 ^a	86.50 ^a	98.25 ^a	99.8 ^a	91.67 ^a	93.33 ^a
T3	11.33 ^a	4.00 ^a	3.25 ^b	10.33 ^b	36.2 ^a	34.17 ^a	1.00 ^b

M1-7: número de muestreos; T1=Tratamiento1 (Sec Natural®); Tratamiento 3 (Crosser™; picloram+2,4-D).



M1-7: número de muestreos; T1=Tratamiento1; T3=Tratamiento 3; PDP= Porcentaje de Daño al Pasto.

Figura 14 Comparación de medias entre tratamientos T1 y T3, realizados con herbicidas (biorracional vs químico sintético) en la variable porcentaje de daño al pasto.

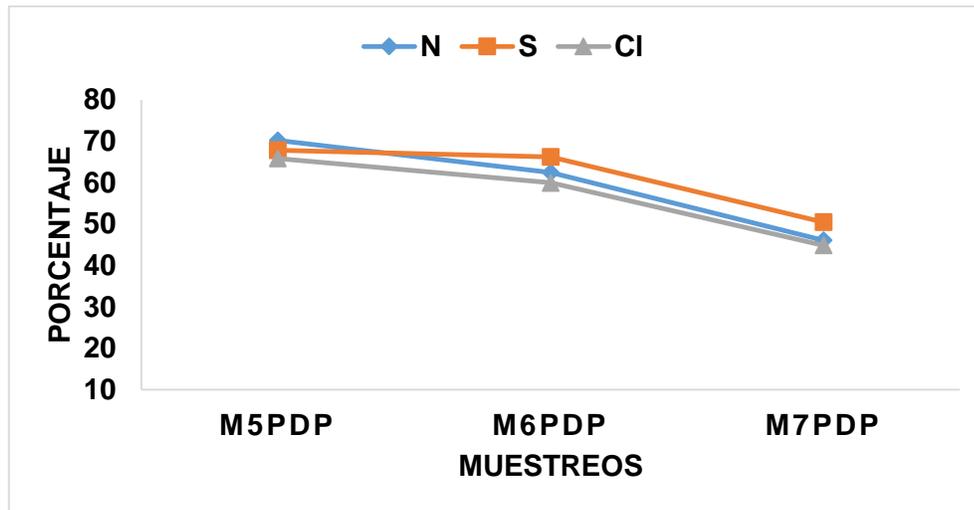
4.4.3 Comparación de medias entre fuentes de K

Para el muestreo seis, luego de aplicar K sobre los tratamientos, se observa que, los efectos provocados por suministrar las diferentes fuentes de potasio, no afectan al pasto (Cuadro 13; Figura 15). Al parecer, cualquiera de las fuentes utilizadas pueden ser empleadas para mejorar el pasto, debido a que, muestran resultados similares, pero, Sin embargo, el efecto de porcentaje de daño en el pasto que se registra, no es a causa de los fertilizantes, si no se debe al efecto que ocasionaron los herbicidas y que la recuperación del pasto se debe a la misma aplicación de las fuentes de potasio. Se puede notar que, con el sulfato de potasio, existió menos recuperación de los pastos o esta fue más lenta que en el caso de los valores numéricos que arrojan los datos obtenidos por la aplicación del nitrato y cloruro de potasio, esto puede ser provocado por la interacción misma que hay con los herbicidas.

Cuadro 13. Comparación de medias entre las diferentes fuentes de potasio correspondientes al porcentaje de daño al pasto.

Fuente de Potasio	Porcentaje de Daño al Pasto		
	M5	M6	M7
KNO_3	70.25 ^a	62.50 ^a	46.12 ^a
K_2SO_4	67.87 ^a	66.25 ^a	50.50 ^a
KCl	65.87 ^a	60.00 ^a	44.87 ^a

M5-7: número de muestreos; KNO_3 = Nitrato de potasio; K_2SO_4 = Sulfato de potasio; KCl= Cloruro de potasio.



M5-7: número de muestreos; N= Nitrato de potasio; S= Sulfato de potasio; Cl= Cloruro de potasio; PDP: Porcentaje de daño al pasto.

Figura 15 Comparación de medias del porcentaje de daño al pasto, para las tres fuentes de potasio aplicadas en el experimento.

4.5 Porcentaje de daño a la maleza

4.5.1 Análisis de varianza

La respuesta de la maleza a los tratamientos aplicados solo con los herbicidas (Sec Natural® y Crosser™) fue variante con respecto a los días de monitoreo (Cuadro 14), debido a que, se muestran diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en el muestreo M3, pero solo significativas para los muestreos M4 y M7 ($P \leq 0.05$; $P \leq 0.10$, respectivamente), el resto de las evaluaciones no mostraron diferencias a ningún nivel de confiabilidad (99, 95 y 90%). Esto pudo deberse, al tiempo en el que se expresó el efecto de los herbicidas en las plantas, por lo que, hubo momentos

determinantes en la evaluación por la aplicación del herbicida químico y la fuente de potasio, tal es el caso de los daños que se apreciaron en el M4 y M7, respectivamente, ya que al inicio de la aplicación de los tratamientos con los plaguicidas, se detectó fuerte daño en las plantas de *Senecio* incluso la muerte de éstas, mientras que al momento de la aplicación de las fuentes de potasio las plantas se vieron favorecidas con su recuperación e incremento en el porcentaje de cobertura en el terreno (Cuadro 6; Figura 10).

Cuadro 14. Análisis de varianza en el porcentaje de daño a *Senecio inaequidens* bajo el diseño de parcelas divididas en siete muestreos, en la localidad de Barrio de Santacruz, Tonayán, Veracruz, 2021.

Fuente de Variación	gl	Porcentaje de daño a la maleza						
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Tratamientos (PG)	1	0.22 ^{ns}	0.08 ^{ns}	2.07 ^{***}	0.00 ^{**}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	1.04 ^{**}
Fuente de K (PC)	2	0.04 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	3.04 ^{***}
Sitios	3	0.56 ^{***}	0.76 ^{**}	1.27 ^{***}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.59 [*]
PG*Sitios	3	0.96 ^{***}	1.32 ^{***}	1.31 ^{***}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.82 ^{**}
PG*PC	2	0.06 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	2.04 ^{***}
Error	12	0.09	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Total Corregido	23	-	-	-	-	-	-	-
R²		0.83	0.78	0.99	0.61	0.48	0.48	0.86
CV%		68.87	26.2	3.75	0.78	0.22	0.22	84.27
Media		6.08	54.91	75.00	97.87	99.79	62.87	26.13

PG: Parcela Grande; PC: Parcela Chica; M1-9: número de muestreos; ***: significancia con una confiabilidad del 99% (P≤0.01); **significancia con una confiabilidad del 95%(P≤0.05); *significancia con una confiabilidad del 90%(P≤0.10); ns: no significativo; gl: grados libertad; Fuente de K: fuente de potasio; R²: coeficiente de determinación; CV%: porcentaje de coeficiente de variación.

4.5.2 Comparación de medias de entre tratamientos

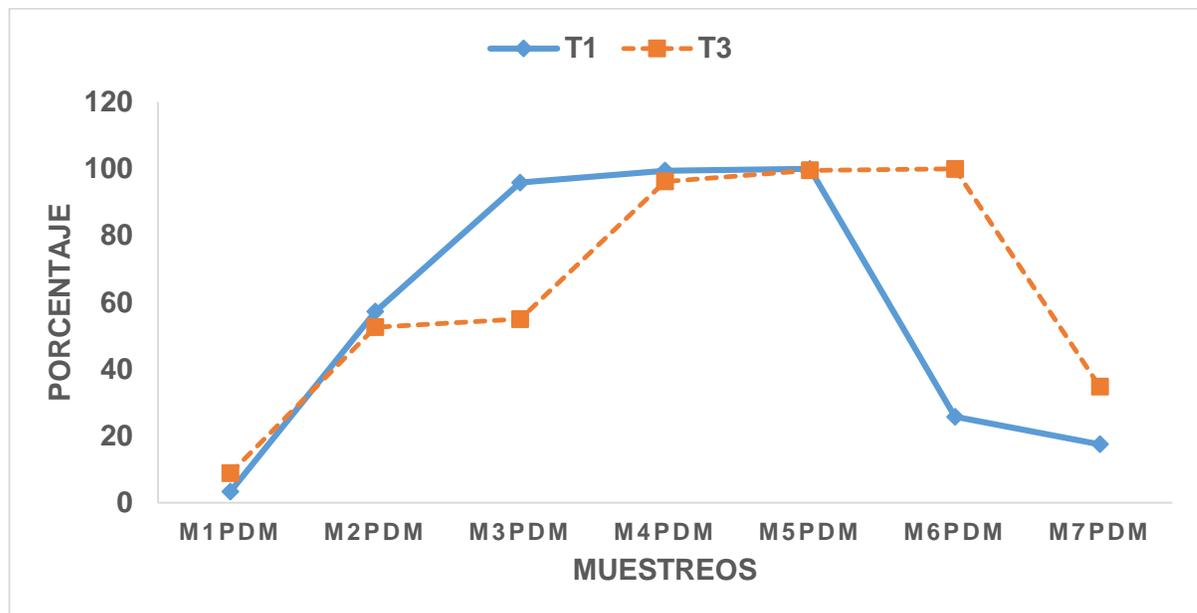
Aparentemente, cualquiera de los dos herbicidas utilizados, afecta a la maleza, pero, desde el punto de vista numérico, podemos apreciar que, se presentó mayor efecto negativo y que fue permanente o que duró más tiempo el daño en la maleza el tratamiento T3 (herbicida químico CrosserTM), que lo que se pudo apreciar por el tratamiento T1 (bioherbicida Sec Natural®; (Cuadro 15 y Figura 16) y como se ha mencionado anteriormente, en cuanto se realizó la aplicación de las fuentes de potasio, el porcentaje de daño en la maleza, disminuyó de forma considerable, por

lo que se podría considerar que las plantas que no mueren, tienen capacidad de recuperarse de forma paulatina.

Cuadro 15. Comparación de medias correspondientes a la variable porcentaje de daño a la maleza *Senecio inaequidens*, en la aplicación de herbicidas (biorracional vs químico sintético).

Tratamiento	Porcentaje de daño a la maleza						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
T1	3.33 ^a	57.25 ^a	95.00 ^a	99.50 ^a	100 ^a	25.75 ^a	17.50 ^a
T3	8.83 ^a	52.58 ^a	55.00 ^a	96.25 ^a	99.58 ^a	100.00 ^a	34.75 ^a

M1-7: número de muestreos; T1=Tratamiento 1 (bioherbicida Sec Natural®); T3=Tratamiento 3 (herbicida químico Crosser™).



M1-7: número de muestreos; T1=Tratamiento 1 (bioherbicida Sec Natural®); T3=Tratamiento 3 (herbicida químico Crosser™); PDM= Porcentaje de Daño a la Maleza.

Figura 16 Comparación de medias entre tratamientos 1 y 3 en porcentaje de daño a la maleza.

4.5.3 Comparación de medias entre fuentes de K

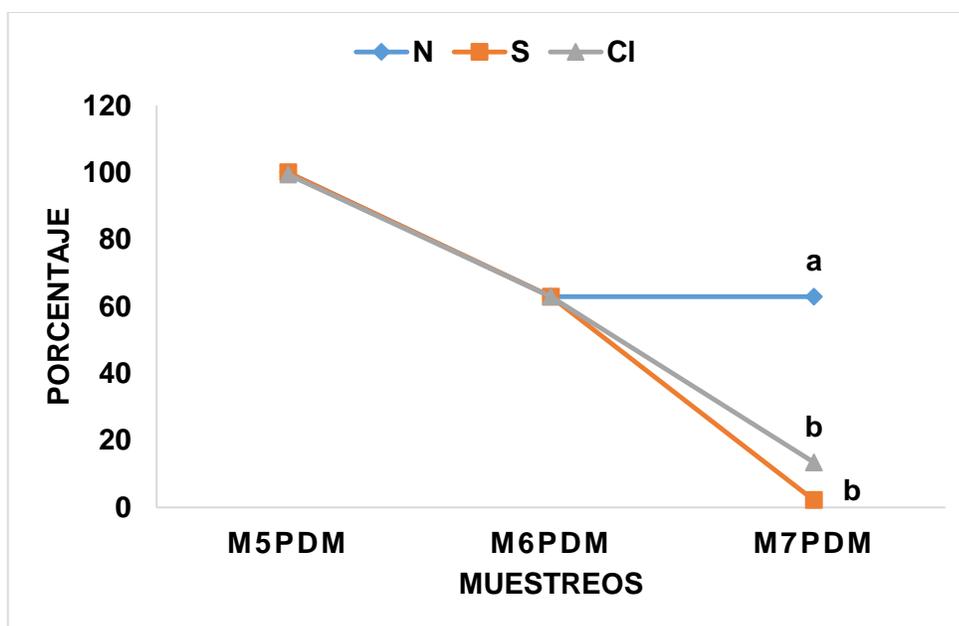
De acuerdo con los valores registrados, la utilización de K para el muestreo seis, reduce parcialmente (Cuadro 16; Figura 17), el daño que se había generado anteriormente con los herbicidas a la maleza, ya sea por, permitirle una recuperación pronta a esta con la adición de fertilizante o, en dado caso, que el efecto nocivo por parte de los herbicidas, disminuyó por el factor tiempo. No obstante, dentro de las fuentes utilizadas, la que mejor resultados nos aporta es

nitrate de potasio, en vista de que, para el último muestreo, se observa un mayor daño hacia *S. inaequidens* en comparación con lo obtenido con sulfato y cloruro de potasio. Al haberse presentado esta diferencia en el último muestreo, no se puede saber con certeza el motivo de variación; además, destacar también que, la nutrición mineral juega un papel importante en la reacción suelo-planta, lo cual puede atribuirse a dicha variación éste factor nutricional.

Cuadro 16. Comparación de medias entre las diferentes fuentes de potasio correspondientes al porcentaje de daño sobre *Senecio inaequidens*.

Fuente de potasio	Porcentaje de daño a la maleza		
	M5	M6	M7
KNO₃	100.00 ^a	62.88 ^a	62.88 ^a
K₂SO₄	100.00 ^a	62.88 ^a	2.13 ^b
KCl	99.37 ^a	62.88 ^a	13.38 ^b

M5-7: número de muestreos; KNO₃= Nitrato de potasio; K₂SO₄= Sulfato de potasio; KCl= Cloruro de potasio.



M5-7: número de muestreos; N= Nitrato de potasio; S= Sulfato de potasio; Cl= Cloruro de potasio; PDM: Porcentaje de Daño a la Maleza

Figura 17 Comparación de medias según el porcentaje de daño a *Senecio inaequidens* entre fuentes de potasio aplicadas.

Con respecto a la aplicación de fertilizantes y la interacción que esto puede generarse con los tratamientos, en especial con los herbicidas, Bin Lukangila (2016) menciona que, la mezcla entre herbicidas y fertilizantes ya sean minerales u orgánicos, pueden no resultar en los efectos esperados sobre la población de la maleza y del cultivo mismo, considerando que, de ello dependen diversos factores como lo son: las propiedades físicas y químicas del suelo, el tiempo de aplicación, composición del fertilizante, compatibilidad entre el fertilizante y el herbicida, tipo de maleza, por mencionar algunos.

Algo destacable e importante sobre la maleza en estudio es lo encontrado por Bossdorf *et al.* (2008), los cuales realizaron un estudio sobre *S. inaequidens* y sus efectos con fertilización, mostrando que hay una mayor biomasa de raíces, pues incrementa en más de tres veces, cuando ésta se realiza con nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), aún más en poblaciones invasoras que en nativas ($P < 0.001$), así mismo encontraron que, el número de cabezas florales aumenta significativamente ($P < 0.01$) cuando hay fertilización, esto en mayor proporción en la población nativa y que, el número de ramas laterales también aumenta considerablemente ($P < 0.01$) en respuesta a la fertilización. Siguiendo con estos mismos autores, consideran que la población invasora de la maleza asigna una mayor proporción de recursos a las raíces, posiblemente esto logra una mayor plasticidad fenotípica en respuesta a la adición de nutrientes; así mismo enfatizan que ello puede conferir a una triple ventaja a la población invasora, como lo es la resistencia a heladas, la absorción de nutrientes y tolerancia a la herbívora.

Lachmuth *et al.* (2011) sugieren que las poblaciones de *S. inaequidens* no deberían manejarse de la misma manera, puesto que, a gran escala esta se comporta de forma neutral y/o constante, en cambio, en una escala menor se muestra con baja competencia, pero tiende a aumentar su habilidad reproductiva, ya que presenta una mayor floración y, por ende, mayor poder de dispersión.

En lo que respecta al tratamiento testigo del experimento, Monty y Mahy (2009) estudiaron la variación clinal de la especie en dos regiones distintas: Bélgica y Francia referente a la altura y biomasa aérea de la maleza y encontraron que estas características son menores en proporción al incremento de la altitud, lo cual coincide con el experimento realizado, dado que el tratamiento T6 mostró que en las partes más bajas (2075 y 2085 msnm) había mayor cobertura de maleza en comparación con la parte alta (2105 msnm), en esta última área la cobertura de pasto fue mayor en comparación con las demás parcelas, por lo que puede considerarse como factor de supresión a la maleza dado por la competencia y puede también, sumarse la disposición de humedad existente en cada sitio del terreno.

Se tiene que considerar las épocas de aplicación, debido a que, los efectos generados por los tratamientos son muy variables, ya que, el factor tiempo juega un papel importante, dado que, hay tratamientos que afectan drásticamente a la cobertura del pasto, por lo que, la ejecución de los distintos métodos de control requiere mayores tiempos de descanso en el pasto y la maleza; además de realizar un manejo integrado con la implementación de otras estrategias para controlar a *S. inaequidens*. Según Delory *et.al.* (2019) indican que, dentro de las estrategias de manejo integrado de maleza, se puede incluir: siembra de especies de germinación rápida y minimizar la creación de espacios abiertos y nichos para que *Senecio* se establezca y así, reducir el riesgo de invasión.

V.CONCLUSIONES

Los tratamientos que tuvieron mayor efecto sobre la supresión de *S. inaequidens* fueron el control con herbicida químico a base de 2,4-D+picloram y el manejo con control manual, puesto que, con ellos se obtiene mayor cobertura de pasto y para la maleza menor cobertura y densidad de ésta.

La aplicación de potasio logra aumentos considerables al pasto y, por sí sola la fertilización, no incrementa la cobertura ni la densidad de la maleza, es decir no hubo efecto sobre ésta. En cuanto a las fuentes de K aplicadas, el nitrato de potasio, es la fuente que da mayor ventaja al crecimiento del pasto y el sulfato de potasio, es la que menos efecto tienen sobre éste, con respecto al crecimiento y densidad de la maleza en el terreno.

Para el caso de daño ocasionado por parte de los herbicidas, se observó que el bioherbicida causa mayor daño al pasto en comparación al herbicida químico, y para el caso de la maleza, ambos herbicidas provocan daño a la maleza en distintos tiempos.

VI.LITERATURA CITADA

- Abrams**, P. A. 2022. Competition theory in ecology. Oxford University Press. United Kingdom. P 24.
- Acapa**, A., Alvarado E., Andrade R., Aragón O., Aramayo C., Arreaño J., ... & Vilela M. 2012. Compendio Agropecuario. Ministerio de desarrollo rural de tierras. <https://www.bivica.org/files/compendio-agropecuario.pdf>. (19, mayo, 2023).
- Agnusdei**, M., Colabelli M. & Fernandez R. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el Sudeste Bonaerense. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/06-crecimiento_estacional.pdf. (03, junio, 2023).
- Agnusdei**, M. & Marino A. 2009. El rol de la nutrición mineral de los recursos forrajeros en sistemas intensificados de producción ganadera. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27660>. (03, junio, 2023).
- Alemán**, F. 2004. Manual de investigación agronómica: con énfasis en ciencia de la maleza. Imprimatur Artes Gráficas. Managua, Nicaragua. 248 p.
- Alonso**, F. & Loza C. 2005. Principios generales de zootecnia. UNAM. https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_1.doc (03, junio, 2023).
- Altaee**, M. & Mahmood M. 1998. An outbreak of veno-occlusive disease of the liver in northern Iraq. *Eastern Mediterranean Health Journal*, (4): 142-148.
- Arrieta**, J. M. 2004. Aspectos sobre el control de malezas compuestas en pastos dedicados a la ganadería de leche. *Revista Corpoica*, (5): 76-84.
- Bernardis**, A., Roig C. & Bennasar M., 2005. Productividad y calidad de los Pajonales de *Sorghastrum setosum* (Griseb.) Hitchc. en Formosa, Argentina. *Revista Agricultura Técnica*. Chile. (65): 177-185.
- Bin Lukangila**, M. A. 2016. Response of Weeds and Crops to Fertilization Alone or in Combination with Herbicides: A Review. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology*, (6): 1-7. DOI: 10.3923/ajpnft.2016.1.7

- Blanco, M. A.** 2005. Zootecnia de bovinos productores de leche. UNAM. https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_3_bovinosleche.pdf (03, junio, 2023).
- Bossdorf, O., Lipowsky A. & Prati D.** 2008. Selection of preadapted populations allowed *Senecio inaequidens* to invade Central Europe. (4): 676–685. doi:10.1111/j.1472-4642.2008.00471.x
- Burril, L., Cárdenas J. & Locatelli E.** 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. International Plant Protection Center. Corvallis, OR, USA. Oregon State University. 64 p
- CABI, Centre for Agricultural Bioscience International.** 2006. Crop Protection Compendium. CAB International, Wallingford, UK.
- CABI, Centre for Agricultural Bioscience International.** 2023. *Senecio inaequidens* (South African ragwort). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.49557> (23, mayo 2023).
- Carvalho, L. B.** 2013. Plantas Daninhas. Editado por el autor, Lages, SC. Brasil. 92 p.
- CEDRSSA, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.** 2020. Política pecuaria y ganadería sostenible. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/34PoliticaPecuariaN.pdf> (02, junio, 2023).
- CFIA, Canadian Food Inspection Agency.** 2017. Weed Seed: *Senecio inaequidens* (South African ragwort). Government of Canada. Ottawa, Canada. <https://inspection.canada.ca/plant-health/seeds/seed-testing-and-grading/seeds-identification/senecio-inaequidens/eng/1397760973746/1397761061259> (13, mayo 2023).
- Clements, D. & Darbyshire S.** 2007. Introduction: *In: Invasive Plants: Inventories, Strategies & Action.* D. R. Canadian Weed Science Society. Québec, Canada. P 1.

- Cloutier, D. & Leblanc M.** 2011. Introduction: In: Physical Weed Control: Progress and Challenges. Canadian Weed Science Society. Québec, Canada. Pp: 1-2.
- Crews, C., Berthiller & Krska R.** 2010. Update on analytical methods for toxic pyrrolizidine alkaloids. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, (396): 327–338.
- CONABIO.** 2006. Pastizal. <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxC14.pdf>. (02, junio, 2023).
- CONABIO.** 2016. *Senecio inaequidens* DC., 1838. Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México. http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/R_Z/Senecio%20inaequidens.pdf. (22, mayo 2023).
- Delory, B., Weidlich E., Kunz M, Neitzel J. & Temperton V.** 2019. The exotic species *Senecio inaequidens* pays the price for arriving late in temperate European grassland communities. *Oecologia*. doi:10.1007/s00442-019-04521-x
- Dimande, A., Botha C., Prozesky L., Bekker L., Rosemann G., Labuschagne L. & Retief E.** 2007. The toxicity of *Senecio inaequidens* DC. *Journal of the South African Veterinary Association*. (78): 121-129, <https://doi.org/10.4102/jsava.v78i3.302>
- DiTomaso, J. M.** 2000. Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Science*, (48): 255–265. doi:10.1614/0043-1745(2000)048[0255:iwirsi]2.0.co;2
- Divito, G. & García, F.** 2017. Manual del cultivo de trigo.1 a ed. International Plant Nutrition Institute. P 224.
- EPPO, European and Mediterranean Plant Protection Organization.** 2006. EPPO Alert: *Senecio inaequidens*: Asteraceae - narrow-leaved ragwort or South African ragword. EPPO.

- http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/invasive_plants/Senecio_inaequidens.htm (18, julio, 2022).
- Ernst**, W. H. O. 1998. Invasion, dispersal and ecology of the South African neophyte *Senecio inaequidens* in The Netherlands: from wool alien to railway and road alien. *Acta Botanica Neerlandica*, (47): 131–151.
- Esqueda-Esquivel**, V. & Tosquy-Valle O. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). *Agronomía Mesoamericana*, (18): 10 p. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43718101>. (02, junio, 2023).
- EWRS**, European Weed Research Society. 2022. Integrated weed management (IWM)-Clever management of weed. Europa. <https://www.ewrs.org/en/pages/Weed-Research-Themes>. (13, mayo 2023).
- FAO**. 2007. Recomendaciones para el manejo de malezas. <https://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>. (09, mayo, 2023).
- FAO**. 2015. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. <https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/#:~:text=Los%20suelos%20proporcionan%20los%20nutrientes,necesitan%20para%20crecer%20y%20florecer>. (04, junio, 2023).
- Frick**, B. 2005. Weed control in organic systems: In: Weed Management in Transition. Topics in Canadian Weed Science. Québec, Canada. Pp: 3-12.
- García**, F. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, (9): 1-3.
- García**, J. A. 2017. Variabilidad genética y alcaloides pirrolizidínicos de *Senecio spp.* Asociados a intoxicación en bovinos en la región este del Uruguay. Tesis de Maestría. Universidad de la República. Uruguay. 67 p.
- García**, K. & Orozco M. 2021. Efectos de herbicidas agroecológicos para el control de maleza en limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) en Tecmán, Colima. Resultados en 2021: Memoria del XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. pp 122-129:126
- García**, L. 2021. Análisis del Manejo de las principales especies forrajeras gramíneas para uso en pastoreo en el trópico ecuatoriano. Babahoyo,

Universidad Técnica de Babahoyo.
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9285/E-UTB-FACIAGING%20AGROP-000126.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (02, junio, 2023).

GISD, Global Invasive Species Database. 2010. Species profile: *Senecio inaequidens*. Invasive Species Specialist Group. Italia.
<http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1458>. (01, mayo, 2023).

Gonzalez-Medrano, F. 2003. *Las Comunidades vegetales de México*. Primera edición. SEMARNAT. México.

Green Corp. 2023. Green Oil. Greencorp Biorganiks de México S.A. de C.V.
<https://greencorp.mx/producto/biocoadyuvantes/greenoil/> (06, junio, 2023).

Guillot, D., Laguna E. & Rossello J. 2013. Flora alóctona suculenta valenciana: el género *Senecio* L. *Bouteloua*. (14): 140-149,
https://www.researchgate.net/profile/Emilio-Laguna/publication/259267668_El_genero_Senecio_en_la_flora_aloictona_valenciana/links/0c96052aa4faf9c7ae000000/El-genero-Senecio-en-la-flora-aloictona-valenciana.pdf

Heger, T. & Böhmer H. 2006. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Senecio inaequidens*. Online Database of the European Network on Invasive Alien Species. www.nobanis.org. (15, agosto, 2022).

Herrera, B. F., 2005. Anexo estadístico del 1er informe de gobierno 2005; desarrollo agropecuario, Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, Xalapa. pp. 239-290.

Heywood, V. M. 2009. The recent history of Compositae systematics: from daisies to deep achenes, sister groups and metatrees. *In*: Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae. International Association for Plant Taxonomy, Institute of Botany, University of Vienna, Austria. 42 p

Hill, M., Roy D. & Thompson K. 2002. Hemeroby, urbanity and ruderality: bioindicators of disturbance and human impact. *Journal of Applied Ecology* (39): 708-720.

- Huerta, C.** 2016. Antecedentes. *In: Hacia Una Ganadería Sustentable y Amigable con la Biodiversidad*. INECOL, Veracruz, México. P 13.
- INEGI.** 2023a. Climatología. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>. (20, junio, 2023).
- INEGI.** 2023b. Uso de suelo y vegetación. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>. (20, junio, 2023).
- Jeffrey, C., Halliday P., Wilmot-Dear M. & Jones S.** 1977. Generic and Sectional Limits in *Senecio* (Compositae): I. Progress Report. *Kew Bulletin*. doi:10.2307/4117259
- Jiménez, A., Camargo D. & García D.** 2020. Sistema inteligente para el manejo de malezas en el cultivo de piña con conceptos de agricultura de precisión. *Ciencia y Agricultura*. (17): 3 p. <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.10830>
- Kemp, D. & King W.** 2001. Plant competition in pastures—implications for management. *In: Tow PG. A. Lazenby (ed.) Competition and succession in pastures*. CAB International Publishing, Wallingford, Pp 85–102.
- Lachmuth, S., Durka W. & Schurr F.** 2011. Differentiation of reproductive and competitive ability in the invaded range of *Senecio inaequidens*: the role of genetic Allee effects, adaptive and nonadaptive evolution. (2): 529–541. doi:10.1111/j.1469-8137.2011.03808.x
- Lafuma, L.** 2003. L'invasion de *Senecio inaequidens* (Asteraceae) en Europe: une approche évolutive. (Tesis de Doctorado), Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France.
- Lafuma, L. & Maurice S.** 2007. Increase in mate availability without loss of self-incompatibility in the invasive species *Senecio inaequidens* (Asteraceae). *Oikos*, (116): 201-208. doi: 10.1111/j.2006.0030-1299.15220.x
- Larimer C.** 2013. Methods of Weed Control. <https://www.larimer.gov/naturalresources/weeds/control#:~:text=Such%20methods%20include%20pulling%2C%20digging,of%20the%20target%20weed%20species>. (02, junio, 2023).

- León, R., Bonifaz N. & Gutiérrez F.** 2018. Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas. <http://file:///C:/Users/josel/Downloads/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021-2.pdf>. (02, junio, 2023).
- López, G. I.** 2000. Producción, manejo y conservación de forrajes tropicales, *In: Memorias del Primer Congreso de Actualización de Prácticas Pecuarias del Trópico*, Instituto Veracruzano para el Desarrollo Rural, Boca del Río, Veracruz, México. pp. 57-80.
- López, M. & Maillet J.** 2005. Biological characteristics of an invasive African species. *Biological Invasions*, (7): 181–194.
- Lorenzi, H.** 2008. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4ª ed. Plantarum, Brasil. Nova Odessa. 640 p.
- Marino, M. & Agnusdei M.** 2009. Nutrición mineral en verdeos y pasturas: Manejo de alto impacto productivo. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27659/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (03, junio, 2023).
- Mattocks, A. R.** 1986. Chemistry and toxicology of pyrrolizidine alkaloids. Academic Press, London, 393 p.
- Medina, T., Montes S., Hernández M., & González S.** 2021. Aplicación en presiembrado de herbicidas químicos y orgánicos para el control de malezas en el cultivo de maíz en el bajío. Resultados en 2021: Memoria del XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. pp 44-49: 48
- Milton, J.J.** 2009. Phylogenetic analyses and taxonomic studies of *Senecio ninae*: southern African *Senecio* section *Senecio*. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of St. Andrews. 219 p
- Mishra, A. & Gautam V.** 2021. Weed species identification in different crops using precision weed management: a review. International Semantic Intelligence Conference. pp.183-185.
- Montes, B.** 2017. Estudios exomorfológicos, anatómicos y palinológicos en el género *Senecio* L. (Asteraceae): comparación de especies pertenecientes a las series *Xerosenecio*, *Corymbosi*, *Culcitium* y *Otopteri*. Universidad

Nacional del Sur. (Tesis de Doctorado)

<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/3358/Bel%E9n%20Montes-%20Tesis%20doctoral.pdf;jsessionid=680BD08880F2FD3F92B0B442B235EEF1?sequence=1>

- Monty, A. & Mahy G.** 2009. Clinal differentiation during invasion: *Senecio inaequidens* (Asteraceae) along altitudinal gradients in Europe. 2: 305–315. doi:10.1007/s00442-008-1228-2
- Najafi, B. & H. Ghadiri** (2012). Weed control and grain yield response to nitrogen management and herbicides. *J. Biol. Environ. Sci.*, 6: 39-47.
- Oliveira, R., Constantin J. & Hiroko M.** 2011. *Biología e Manejo de plantas Daninhas*. 22 ed. Omnipax. 348 pp.
- OMSA**, Organización Mundial de Salud Animal. 2014. Bienestar animal y sistemas de producción de vacas lecheras. https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Internationa_Standard_Setting/docs/pdf/E_TAHSC_Feb_2014_Parte_B.pdf (03, junio, 2023).
- OSU**, Oregon State University. 2023. Describe the five general categories of weed control methods. <https://forages.oregonstate.edu/nfgc/eo/onlineforagecurriculum/instructormaterials/availabletopics/weeds/control#>. (1, junio, 2023).
- Passemard, B. & Priymenko N.** 2007. L'intoxication des chevaux par les séneçons, une réalité en France. *Revue De Médecine Vétérinaire* (158): 425-430.
- Pelser, P., de Vos H., Theuring C., Beuerle T., Vrieling K. & Hartmann T.** 2005. Frequent gain and loss of pyrrolizidine alkaloids in the evolution of *Senecio* section *Jacobaea* (Asteraceae). *Phytochemistry*, (66): 1285–1295. doi:10.1016/j.phytochem.2005.04.015
- Pereira, C., Maycotte C., Restrepo B., Mauro F., Montes A. & Velarde M.** 2011. *Sistemas de Producción Animal I*. Universidad de Caldas-Colombia. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4782/sistemas_produccion_animal_i.pdf (03, junio, 2023).

- Pinto, G. A.** 2021. Evaluación de la selectividad y efectividad de distintos herbicidas para el control de malezas en el cultivo de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) en Corrientes. Doctoral dissertation. Universidad Nacional de La Plata. 12 p
- Pitelli, R. A.** 2004. Biología e ecofisiología das plantas daninhas. *In:* Vargas. L. Roman (ed). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves, Brasil. pp.29- 56.
- POWER.** 2023. Data Access Viewer. NASA. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (06, junio, 2023).
- Reinhardt, F., Herle M, Bastiansen F. & Streit B.** 2003. Economic Impact of the Spread of Alien Species in Germany. *Texte des Umweltbundesamtes*, (80): 229 pp.
- Richardson, D., Pysek P., Rejmánek M., Barbour M., Panetta F. & West C.** 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, (6): 93-107. http://www.ibot.cas.cz/personal/pysek/pdf/naturalization_and_invasion_%20of_alien_plants.pdf.
- Rincón, A., Baquero J. & Flórez H.** 2012. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia. CORPOICA. 164 p.
- Robert, J., Kremer H. & Jianmei L.** 2003. Developing weed-suppressive soils through improved soil quality management. Plant Science Unit, University of Missouri, Columbia, USA.
- Rzedowski, J., Vibrans H. & Calderon-de-Rzedowski G.** 2003. *Senecio inaequidens* DC. (Compositae, Senecioneae), a harmful weed introduced into Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, (63): 83-96.
- Rzedowski, J.** 2006. *Vegetación de México*. 1ra edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sala, O. & Paruelo J.** 1997. Ecosystem services in grasslands. *Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, California. EE.UU. pp. 237-252.

- Salamanca, A.** 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina. *Revista electrónica de Veterinaria*, (11): 1-10.
- Salazar, S., Hernández A., S. Muñoz, Domínguez P., Cervantes P., & Lamothe C.** 2013. La ganadería bovina: vulnerabilidad y mitigación. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/veracruz/cienciaanimal/files/2013/11/La-ganaderia-bovina-vulnerabilidad-y-mitigacion.pdf> (02, junio, 2023).
- Sánchez, J. I.** 2005. Zootecnia de bovinos productores de carne. UNAM. https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_2.pdf (03, junio, 2023).
- Sans, F., García-Serrano H., & Afán, I.** 2004. Life-history traits of alien and native *Senecio* species in the Mediterranean region. *Acta Oecologica*, (26): 167–178. doi:10.1016/j.actao.2004.04.001
- Scherber, C., Crawley M. & Porembski S.** 2003. The effects of herbivory and competition on the invasive alien plant *Senecio inaequidens* (Asteraceae). *Diversity and Distributions*, (9): 415-426.
- Schmitz, G. & Werner, D.** 2000. The importance of the alien plant *Senecio inaequidens* DC. (Asteraceae) for phytophagous insects. *Z. Ökologie und Naturschutz*, (9): 153-160.
- SEMARNAT.** 1999. Superficie ganadera. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet87e3.html (02, junio, 2023).
- SEMARNAT.** 2014. Ecosistemas Terrestres. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap2_ecosistemas.pdf (03, junio, 2023).
- SEMARNAT.** 2018. Coeficientes de agostadero por tipo de vegetación. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletbe33.html (03, junio, 2023).
- SENASICA.** 2015. Catálogo de Malezas de México: Familia Brassicaceae (Cruciferae). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://sinavef.senasica.gob.mx/CNRF/AreaDagnostico/DocumentosReferencia/Documentos/MaterialDivulgativo/Infografias/Catalogo%20de%20maleza>

- [s%20de%20Mexico%20Familia%20Brassicaceae%20\(Cruciferae\).pdf](#). (14, mayo, 2023).
- SIAP.** 2021. Cierre de la producción pecuaria. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/. (30, mayo de 2023).
- SIAP.** 2023. ¿Qué cifras se esperan de la actividad pecuaria en 2022? Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/siap/articulos/que-cifras-se-esperan-de-la-actividad-pecuaria-en-2022#:~:text=Esta%20importante%20labor%20ha%20colocado,y%20de%20huevo%0para%20plato>. (31, mayo, 2023).
- Silva, M., Araujo A., Reboucas A., Dias A., Morais O., da Silva L., ... & Reyes T.** 2015. Acumulación de masa seca de malezas en respuesta a la aplicación de fertilizantes NPK en cultivo de yuca. *African Journal of Agricultural Research*, (10): 3596-3606. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9937>
- Simón, A. R.** 1993. Sistemas de producción de ganado de carne. Trabajo de observación. Torreón, Coah. México.
- Sindel, B. & Michael P.** 1992. Growth and competitiveness of *Senecio madagascariensis* Poir. (fireweed) in relation to fertilizer use and increases in soil fertility. *Weed Research*, (32): 399–406. doi:10.1111/j.1365-3180.1992.tb01901.x
- Stephen, J. M.** 2001. Integrated weed management– making it work. In: Integrated Weed Management: Explore the Potential. Topics in Canadian Weed Science. Québec, Canada. pp: 47-59.
- Tang, L., K. Wan, C. Cheng, R. Li, D. Wang, J. Pan ...& F. Chen.** 2014. Effect of fertilization patterns on the assemblage of weed communities in an upland winter wheat field. *J. Plant Ecol.*, 7: 39-50. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtt018>
- Torres, F. & Rojas A.** 2019. Suelo agrícola en México: retrospección y prospectiva para la seguridad alimentaria. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural sustentable y la Soberanía Alimentaria. Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc), UNAM. <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2019/01/25/suelo-agricola-en-mexico-retrospeccion-prospectiva-la-seguridad-alimentaria/> (31, mayo, 2023).

- Tozer**, K., Bourdot G. & Edwards G. 2011. What factors lead to poor persistence and weed ingress? Pasture persistence-Grassland *Research and Practice series*, (15): 129-138.
- Ugen**, M., Wien H. & Wortmann C. 2002. Dry bean competitiveness with annual weeds as affected by soil nutrient availability. *Weed Science*, (50): 530–535. doi:10.1614/0043-1745(2002)050[0530:dbcwaw]2.0.co;
- USDA**. 2005. Weed Risk Assessment for *S. inaequidens* DC. and *S. madagascariensis* Poir (Asteraceae). *Animal and Plant Health Inspection Service*.https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/weeds/downloads/wra/Senecio_inaequidens_Senecio_madagascariensis_WRA.pdf (23, mayo 2023).
- Vacchiano**, G., Barni E., Lonati M., Masante D., Curtaz A., Tutino S., & Siniscalco C. 2013. Monitoring and modeling the invasion of the fast spreading alien *Senecio inaequidens* DC. in an alpine region. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, (147): 1139–1147. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2013.861535>
- Vásquez**, A. A. 2017. La ganadería y la pérdida de la biodiversidad. INECOL. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/845-la-ganaderia-y-la-perdida-de-la-biodiversidad>. (02, junio, 2023).
- Vibrans**, H. 2009. Malezas de México. *Senecio inaequidens*. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/senecio-inaequidens/fichas/ficha.htm> (27, mayo, 2023).
- Villaseñor**, J. L. 2018. Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, (96): 332-358. <https://doi.org/10.17129/botsci.1872>.
- Wijayabandara**, K., Campbell S., Vitelli J., Kalaipandian S., & Adkins S. 2023. Chemical Management of *Senecio madagascariensis* (Fireweed). *Plants* (12): 1332. <https://doi.org/10.3390/plants12061332>
- Zavala**, J., Portilla E., Fernández A. & Bravo M. 2003. Mala, mala, no tan mala maleza. Patrones de distribución espacial de las malezas en el campus

Iztapalapa de la UAM. *ContactoS* (49): 5-14,
<http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n49ne/maleza.pdf>.