



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA

**CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES RASTRERAS ARVENSES
CON TOLERANCIA A SEQUÍA Y USO POTENCIAL COMO
COBERTURA DEL SUELO**

AUTORAS:

**ANGELICA YOMIRA MACÍAS GUADAMUD
DANIELA VALENTINA NAVARRETE ZAMBRANO**

TUTOR:

ING. ALEJANDRO CEDEÑO LOOR

CALCETA, FEBRERO DE 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Angelica Yomira Macias Guadamud con cédula de ciudadanía **131352314-2** y **Daniela Valentina Navarrete Zambrano** con cédula de ciudadanía **131571765-0** declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES RASTRERAS ARVENSES CON TOLERANCIA A SEQUÍA Y USO POTENCIAL COMO COBERTURA DEL SUELO** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creativos e Innovación.



ANGELICA YOMIRA MACIAS

GUADAMUD

CC: 131352314-2



DANIELA VALENTINA NAVARRETE

ZAMBRANO

CC: 131571765-0

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Angelica Yomira Macias Guadamud, con cédula de ciudadanía **131352314-2** y **Daniela Valentina Navarrete Zambrano**, con cédula de ciudadanía **131571765-0**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución de Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES RASTRERAS ARVENSES CON TOLERANCIA A SEQUÍA Y USO POTENCIAL COMO COBERTURA DEL SUELO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



**ANGELICA YOMIRA MACIAS
GUADAMUD
CC: 131352314-2**



**DANIELA VALENTINA NAVARRETE
ZAMBRANO
CC: 131571765-0**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. DIÓGENES ALEJANDRO CEDEÑO LOOR, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES RASTRERAS ARVENSES CON TOLERANCIA A SEQUÍA Y USO POTENCIAL COMO COBERTURA DEL SUELO**, que ha sido desarrollado por **ANGELICA YOMIRA MACIAS GUADAMUD** y **DANIELA VALENTINA NAVARRETE ZAMBRANO**, previo a la obtención del título de **INGENIERA AGRÍCOLA**, de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. DIÓGENES ALEJANDRO CEDEÑO LOOR MGS

CC: 1307040814

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES RASTRERAS ARVENSES CON TOLERANCIA A SEQUÍA Y USO POTENCIAL COMO COBERTURA DEL SUELO**, que ha sido desarrollado por, **ANGELICA YOMIRA MACIAS GUADAMUD** y **DANIELA VALENTINA NAVARRETE ZAMBRANO**, previa la obtención del título de INGENIERA AGRÍCOLA, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO
GARCÍA MG.
CC: 131195683-1
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**ING. CRISTIAN SERGIO
VALDIVIESO LOPEZ MG.**

CC: 171792928-3

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**ING. SERGIO MIGUEL VELEZ
ZAMBRANO MG.**

CC: 131047677-3

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A Dios, todo poderoso que nos brindó la sabiduría y fuerza necesaria para no decaer y rendirnos en el trayecto de nuestra etapa estudiantil, y por guiarnos en cada paso para obtener nuestra tesis.

A Nuestros padres, por todo el apoyo brindado a lo largo de toda nuestra vida universitaria, que con su ejemplo y dedicación han hecho que en nosotros se vea reflejado la responsabilidad y el trabajo, a ellos este triunfo que es nuestro.

Al ingeniero Alejandro Cedeño Loor, por su desempeño como tutor, y ayuda en cada etapa de nuestro trabajo de tesis.

Al ingeniero Galo Cedeño García, de manera especial, un enorme agradecimiento por su constante apoyo y comprensión a lo largo de toda nuestra vida universitaria y su constante dedicación y ayuda en esta investigación.

A la ingeniera Saskia Guillen, por ser nuestra guía, maestra y gran amiga para el desarrollo de nuestra tesis, con sus consejos y enseñanzas para alcanzar la tan merecida meta.

Al cuerpo de docentes de la Carrera de Ingeniería Agrícola, personal agrícola y de laboratorio de Suelos en especial a la Ingeniera Katty, de quienes hemos aprendido y adquirido los conocimientos necesarios para la formación en nuestra profesión.

**ANGELICA YOMIRA MACIAS
GUADAMUD**

**DANIELA VALENTINA NAVARRETE
ZAMBRANO**

DEDICATORIA

Llena de amor y mucha alegría dedico este proyecto de tesis principalmente a Dios por la vida, la salud y por haberme dado a una familia maravillosa.

A mis padres Fabián Macias y Beysi Guadamud por haberme brindado todo su apoyo y poder estudiar la carrera de Ingeniería Agrícola que sin duda alguna han sido mi pilar fundamental durante toda mi carrera Universitaria quienes siempre han creído en mí, por todo su esfuerzo y dedicación sus valores porque todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis hermanos Abelardo Macias y Vania Macias por confiar en mí y sé que siempre se sentirán orgullosos de ver cumplir cada una de mis metas.

A mi Niña Fabiana Macias quien ha sido mi mayor motivación día a día para nunca rendirme a lo largo de todos estos años seré un ejemplo para ti.

A mi sobrina Lucia Moran Macias por todo su amor y cariño a lo largo de todos estos años.

A mi pequeño Ángel del cielo esto te lo dedico a ti en especial sé que Dios te llevo en un momento inesperado, pero me siento feliz porque sé que estas orgulloso de verme alcanzar uno de mis anhelos más grande.

Al Mgs. Ramón Moreira del área de deporte de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, por todos sus consejos que me brindo desde el primer momento que yo ingrese a esta prestigiosa universidad.

Sin duda alguna son muchas las personas en la cual han formado parte de mi vida universitaria, es por ello que quisiera agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, animo en los momentos más difíciles por los que he pasado sé que algunas personas ya no están aquí conmigo porque así lo quiso Dios, pero están en mi corazón y les doy las gracias por haber formado parte de mí y esto se los dedico a ellos.

**ANGELICA YOMIRA
MACIAS GUADAMUD**

DEDICATORIA

Dios tu amor y bondad no tienen fin, gracias por la vida, por llenarme de salud e ilusión, gracias por permitirme cumplir cada meta que me he propuesto.

A mis padres Nexar Navarrete y Mariana Zambrano, por la vida.

A la Ingeniera Nely Navarrete, por ser el pilar fundamental en mi vida, por brindarme su apoyo y amor incondicional en todo el largo camino de mi preparación personal y profesional, por ser una de las personas más especiales e importantes en mi vida.

A mi mamá Sra. Maritza García, por ser ejemplo de trabajo, responsabilidad, honestidad y amor, por su soporte y compañía en mi vida estudiantil.

A mis hermanos y hermanas, primas, tíos, sobrinos y sobrinas y familia en general, por aportar de manera positiva en mi desarrollo como persona y posterior formación profesional.

A esos excelentes amigos y amigas, que dejaron huellas en mi vida, desde el inicio y junto a quienes culmino esta etapa universitaria.

A una persona especial, por brindarme su apoyo y amor incondicional en este duro sendero de la educación universitaria.

De manera especial, dedico este proyecto resultado de largos días de trabajo, de noches sin dormir y madrugadas frías, donde mi aliento era una persona que ya no está conmigo, a mi abuelo paterno Sr. Telmo Armando Navarrete Delgado (+), por todo el amor que me dejó a la agricultura, por ser mi inspiración para estudiar y terminar mi carrera universitaria.

A todas y cada una de las personas que influyeron en mi formación, con palabras de aliento y apoyo incondicional, a todos muchas gracias.

**DANIELA VALENTINA
NAVARRETE ZAMBRANO**

CONTENIDO GENERAL

CARATULA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I: ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS.....	4
2.1. ESPECIES ARVENSES.....	5
2.2. AGRICULTURA DE SECANO.....	6
2.3. CAMBIO CLIMÁTICO.....	6
2.4. CULTIVOS DE COBERTERA	7
2.5. USO POTENCIAL DE ESPECIES ARVENSES COMO COBERTURA DEL SUELO.....	8
2.6. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA DE ESPECIES ARVENSES	9
2.6.1. <i>Centrosema pubescens</i>	9

2.6.2. <i>Macroptilium atropurpureum</i>	9
2.6.3. <i>Tridax procumbens</i>	10
2.6.4. <i>Distimake quinquefolius</i>	10
CAPÍTULO III. DESAROLLO METODOLÓGICO	12
3.1. UBICACIÓN	12
3.1.1. CARACTERISTICAS CLIMÁTICAS	12
3.2. DURACIÓN	12
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	12
3.3.1. MATERIAL VEGETAL.....	12
3.3.1.1. Tratamientos, diseño y unidad experimental	13
3.3.1.2. Manejo específico del experimento	13
3.3.1.3. Variables respuesta	14
3.3.1.4. Análisis de datos.....	15
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4.1. VARIABLES FISIOLÓGICAS	16
4.2. VARIABLES DE CRECIMIENTO	21
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
5.1 CONCLUSIONES	25
5.2 RECOMEDACIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXOS.....	32

CONTENIDO TABLAS

Tabla 2. 1 Taxonomía <i>Centrosema pubescens</i>	9
Tabla 2. 2 Taxonomía <i>Macroptilium atropurpureum</i>	10
Tabla 2. 3 Taxonomía <i>Tridax procumbens</i>	10
Tabla 2. 4 Taxonomía <i>Distimake quinquefolius</i>	11
Tabla 3. 1 Condiciones climáticas del Sitio "El Limón"	12
Tabla 3. 2 Esquema de ANOVA	13

CONTENIDO FIGURAS

Figura 4. 1 Rendimiento cuántico efectivo del fotosistema II de cuatro especies arvenses	16
Figura 4. 2 Eficiencia cuántica máxima del fotosistema II de cuatro especies de arvenses	17
Figura 4. 3 Tasa de transporte electrónico de cuatro especies de arvenses	18
Figura 4. 4 . Contenido relativo de agua en la hoja de cuatro especies de arvenses	19
Figura 4. 5 Área foliar específica de cuatro especies de arvenses	20
Figura 4. 6 Peso foliar específica de cuatro especies de arvenses.....	20
Figura 4. 7 Capacidad cobertura del suelo de cuatro especies de arvenses	21
Figura 4. 8 Acumulación de materia seca de cuatro especies de arvenses	22
Figura 4. 9 Ritmo de crecimiento diario de cuatro especies de arvenses	23
Figura 4. 10 Contenido de agua del suelo cubierto por cuatro especies de arvenses, punto de marchitez, capacidad de campo y umbral de estrés hídrico. .	24

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue caracterizar especies rastreras arvenses con tolerancia a sequía y uso potencial como cobertura del suelo. Se evaluaron cuatro especies arvenses presentes en el valle del río Carrizal. Las especies evaluadas fueron *Centrosema pubescens*, *Macroptilium atropurpureum*, *Tridax procumbens* y *Distimake quinquefolius*. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos, cinco repeticiones y 20 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 9 m². Se registraron variables fisiológicas como rendimiento cuántico efectivo (Φ_{PSII}), eficiencia máxima cuántica (F_v/F_m), tasa de transporte electrónico (ETR), porcentaje de cobertura del suelo PCS), contenido relativo de agua en la hoja (CHR), área foliar específica (AFE), peso foliar específico (PFE), acumulación de masa seca (AMS), ritmo de crecimiento diario (RCD) y contenido de agua del suelo (CAS). La mayoría de variables analizadas fueron influenciadas significativamente ($p < 0.05$) por las especies de arvenses evaluadas, donde la especie *Tridax procumbens* se destacó con los mayores promedios. Todas las arvenses evaluadas fueron tolerantes a sequía, lograron mantener una actividad fotoquímica (Φ_{PSII} , F_v/F_m y ETR) suficientemente elevada como para no caer en foto-inhibición y daño del aparato fotosintético por efecto de la sequía. Así mismo, las cuatro especies estudiadas lograron una alta tasa de crecimiento, cobertura de suelo y gran capacidad de retener la humedad del suelo. Los resultados sugieren que las cuatro especies arvenses pueden ser utilizadas como cultivos de cobertera para fines de protección y conservación del suelo.

PALABRAS CLAVE

Arvenses, Cultivo de cobertura, Tolerancia a sequía, Crecimiento, Retención de humedad.

ABSTRACT

The objective of the research was to characterize creeping weed species with tolerance to drought and potential use as ground cover. Four weed species present in the Carrizal River valley were evaluated. The species evaluated were *Centrosema pubescens*, *Macroptilium atropurpureum*, *Tridax procumbens* and *Distimake quinquefolius*. A randomized complete block design was used with four treatments, five repetitions and 20 experimental units. The experimental unit was made up of 9 m² plots. Physiological variables such as effective quantum yield (Φ_{PSII}), maximum quantum efficiency (F_v/F_m), electron transport rate (ETR), percentage of ground cover (PGC), relative leaf water content (RWC), specific leaf area (ELS), specific leaf weight (ELW), dry mass accumulation (DMA), daily growth rate (DGR) and soil water content (SWC). The majority of variables analyzed were significantly influenced ($p < 0.05$) by the weed species evaluated, where the *Tridax procumbens* species stood out with the highest averages. All the weeds evaluated were drought tolerant, they managed to maintain a photochemical activity (Φ_{PSII} , F_v/F_m and ETR) high enough to not fall into photo-inhibition and damage to the photosynthetic apparatus due to drought. Likewise, the four species studied achieved a high growth rate, soil cover and great capacity to retain soil moisture. The results suggest that the four weed species can be used as cover crops for soil protection and conservation purposes.

Keywords

Weeds, Cover crop, Drought tolerance, Growth, Moisture retention

CAPITULO I: ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los cultivos de cobertura del suelo han sido especies de interés agrícola, sin embargo, las especies arvenses están despertando particular interés como cobertura vegetal del suelo, dada su amplia adaptación a condiciones abióticas adversas, por lo que, pueden cumplir un rol ecológico clave en la conservación del suelo (Araujo Junior et al., 2015; Gaba et al., 2016; MacLaren et al., 2020).

La quema de rastrojos como practica tradicional de preparación del suelo previo a la siembra, impacta negativamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Abdurrahman et al., 2020; Santín Y Doerr, 2016). En este sentido, estudios previos indican que la quema reduce el contenido de carbono y materia orgánica del suelo, el calor provoca el endurecimiento y pérdida de los agregados que dan estabilidad a la estructura, aumenta la erosión, provoca la desertificación de áreas anteriormente productivas, reduce la conductividad hidráulica y afecta negativamente la biodiversidad del suelo (Abdurrahman et al., 2020; Parada Rojas et al., 2016).

Como consecuencia de lo anterior, el suelo queda expuesto a la erosión, lavado y escorrentía, que con el pasar del tiempo provoca la pérdida de la capa fértil y la capacidad de retención de humedad por la pérdida continua del carbono y materia orgánica del suelo; lo cual sumado a los periodos de sequía que ocurren con mayor frecuencia dentro de la época lluviosa como producto del cambio climático, se dificulta la producción agrícola de secano, lo cual genera un abanico de problemáticas socioeconómicas a agricultores dependientes de este sistema de producción agrícola (Cerdà et al., 2018; Malhi et al., 2021; Pal, 2018; Peddi Y Kavi Kumar, 2020).

En este contexto, investigaciones previas muestran que, a través de un manejo adecuado, los cultivos de cobertura pueden utilizarse como un componente esencial de las prácticas de conservación del suelo para mejorar la salud y calidad, dado que pueden mejorar las propiedades físicas del suelo tales como: densidad aparente, estructura y las propiedades hidráulicas para facilitar una mayor

infiltración y almacenamiento de agua (Koudahe et al., 2022; Saturday, 2018). Adicionalmente, los residuos de cultivos de cobertura pueden mejorar la acumulación de C y N orgánico en el suelo, así como aumentar la disponibilidad de P, K, Ca, Fe y Mg en algunos tipos de suelo bajo ciertas condiciones climáticas, y el contenido de N a través de la fijación biológica a partir de especies leguminosas. Además, los cultivos de cobertura pueden proporcionar una mejor condición para la actividad, abundancia y diversidad microbiana (Adetunji et al., 2020; Koudahe et al., 2022).

En relación a lo descrito, experiencias desarrolladas en cultivos de caucho y olivo, demostraron que la cobertura del suelo con especies arvenses redujo la erosión del suelo y aumentó el contenido de materia orgánica, por lo que se concluyó, que la cobertura de malas hierbas es una práctica de gestión sostenible del suelo y promueve la producción agrícola sostenible en zonas montañosas en condiciones de secano (Cerdà et al., 2021; Liu et al., 2019).

Bajo condiciones locales, existen especies arvenses con perspectivas para ser utilizadas como cobertura del suelo, cuyo potencial aún no ha sido evaluado. En este punto surgió la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo las especies arvenses rastreras pueden ser una alternativa para mejorar la conservación y protección del suelo?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Mejorar la conservación del suelo agrícola e incrementar la fertilidad de los suelos degradados, es de suma importancia para satisfacer la demanda de alimentos de la creciente población actual, más aún en sistemas de agricultura de secano, donde el recurso hídrico es la principal limitante para la producción agrícola. Actualmente, más del 80% de agricultura en Manabí se desarrolla bajo el sistema de secano y laderas, donde la quema del barbecho o rastrojos se realiza como principal labor de preparación del suelo, contribuye negativa a la degradación de los suelos. En este contexto, los agricultores carecen de acceso a tecnologías agrícolas de agricultura climáticamente inteligentes necesarias para aumentar el rendimiento de los cultivos en sistemas de secano degradados. Sin embargo, el potencial de la agricultura de secano en laderas y secano puede mejorarse mediante la adopción

de técnicas y métodos científicos de conservación de la fertilidad del suelo y retención de humedad, para reducir la pérdida del suelo por erosión. Una de las técnicas que podría contribuir a conservar y aumentar la fertilidad y retención de humedad del suelo en sistemas de secano, es el uso de los llamados cultivos de cobertera, que poder ser cultivos como tal o especies arvenses de crecimiento agresivo y con tolerancia a sequía. A pesar de lo anterior, la adopción de enfoques de manejo más sostenibles ha sido limitada, probablemente debido a la escasez de ensayos de campo científicos locales para evaluar las prácticas actuales y alternativas de manejo agronómico de cultivos de secano en laderas. Por tales razones, la propuesta de investigación se centra en resaltar los desafíos agronómicos de la agricultura de secano en laderas y ofrecer soluciones innovadoras y de bajo costo para intensificar la producción mientras se mejoran los medios de vida locales.

De tal manera este proyecto de investigación se proyecta con el documento de la agenda 2030 de la ONU para el desarrollo sostenible, con su objetivo número 2 denominado “Hambre Cero”, y sostiene “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”, con su meta 2.4 la cual menciona que “De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo”.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar especies rastreras arvenses con tolerancia a sequía y uso potencial como cobertura del suelo

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Identificar especies arvenses rastreras con tolerancia a limitación hídrica.

- Medir la capacidad fotoquímica, de crecimiento y cobertura del suelo de especies arvenses rastreras bajo condiciones de limitación hídrica.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos una especie arvense rastrera presenta tolerancia a sequía y alta tasa de cobertura del suelo bajo condiciones de secano

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ESPECIES ARVENSES

Al hablar de arvenses se hace referencia a aquellas que sus raíces son bastantes profundas y que pueden extraer minerales de las partes remotas del suelo y ponerlas a disposición en la parte más superficial del suelo. Al degradarse este tipo de especies forman una especie de abono orgánico (Salazar Gutiérrez Y Torres, 2021).

Estas especies puede proporcionar minerales, vitaminas y otros nutrientes, incluidas algunas proteínas muy altas, mayor a las del pasto que los animales al consumirlo puede ser altamente beneficioso; son las especies de algunos insectos benéficos para la misma parte biótica del suelo y del medio ambiente, en general de la pradera (Adetunji et al., 2020; Cerdà et al., 2018).

Tienen una raíz muy fuerte, que puede romper la parte de compactación que se ha desarrollado con el tiempo gracias a la ganadería, por lo tanto, es importante mantener las especies arvenses bajo unos niveles que sean buenos tanto para el medio ambiente de la pradera, fin de la región y los ganados (Salazar Gutiérrez Y Torres, 2021).

BENEFICIOS DE LOS ARVENSES EN LA AGRICULTURA

En ocasiones cultivar sin agua puede ser beneficioso como es el caso de las aceitunas provenientes de los olivos de secano, las cuales tienen un mayor rendimiento que las de regadío, ya que éstas no poseen una gran cantidad de agua, y por consecuencia su porcentaje de aceite es mayor (Cerdà et al., 2021; Jing-Ran et al., 2020).

En la agricultura más tradicional, la agricultura sin riego ha venido alternando un año de cultivo con otro de barbecho, sobre todo en la parte mediterránea, incluso en la época sin cultivo en que el suelo permanecía desnudo solía emplearse más allá de un año (Olivares, 2018), la finalidad del barbecho era que el terreno se recuperará en su fertilidad, a partir del mediado del siglo XX se fueron explorando las posibilidades para conseguir plantas mejoradas del suelo, como es el caso de

las leguminosas y su aporte de nitrógeno, la aplicación de fertilizante inorgánico, entre otros.

Los barbechos se utilizan en el secano, pero también en el regadío, durante el invierno, sobre todo, entre 3 y 5 meses, estos suelen clasificarse en blancos cuando únicamente se realizan labores de mantenimiento y verdes o semillados cuando se siembran plantas que mejoran en el suelo, como es el caso de las plantas leguminosas anuales (Jing-Ran et al., 2020).

2.2. AGRICULTURA DE SECANO

La agricultura puede clasificarse según la dependencia del agua, según la magnitud de la producción y su relación con el mercado, según su objetivo de rendimiento y también el método digestivo.

Según la dependencia del agua se tiene que la agricultura de secano, es la que se realiza en las regiones semiáridas y en donde no es necesario el riego por parte de los agricultores; la agricultura de secano es aquella en la que el agricultor no contribuye con la irrigación (Osuna Ceja et al., 2019), es decir no aporta agua a sus campos, sino que utiliza solo la que se origina de la lluvia o aguas subterráneas.

La agricultura de secano se centra básicamente en sistemas de cultivo específicos que permiten hacer un uso eficiente de la escasa humedad del suelo (Meseth Y Yu, 2014). Este sistema hace foco en la preservación del agua y el suelo, centrándose en la agricultura sin riego; a este tipo de agricultura se le conoce con diversos nombres, según donde se realizan: en el hemisferio norte se conoce como agricultura de temporal, en Chile posee el nombre de agricultura de rulo.

2.3. CAMBIO CLIMÁTICO

Durante las últimas décadas, la superficie del planeta se ha estado calentando más de lo que debería, debido a los gases de invernadero, algunos gases en la atmósfera bloquean el calor que se recibe del sol evitando que este escape, dichos gases pueden ser vapor de agua que es el más abundante y que tiene un sistema de retroalimentación; el vapor de agua aumenta cuando la atmósfera se calienta, trayendo consigo precipitaciones (Benique Olivera, 2021).

También existe el dióxido de carbono, producido por los humanos mediante la respiración, erupciones volcánicas, pero estas casi no están en comparación con lo que deja la actividad de deforestación, cambios en las tierras y la quema de combustibles fósiles. Los humanos hemos aumentado la concentración del dióxido de carbono más de un tercio desde que empezó la revolución industrial.

Otro gas es el metano que es un hidrocarburo producido por fuentes naturales y la actividad humana, producido en los depósitos de basura (Montiel González et al., 2017), en la agricultura, especialmente en el cultivo de arroz y también se produce bastante metano en el proceso digestivo de los rumiantes mediante los gases, eructos y estiércol, principalmente de las vacas.

El óxido nitroso, producido por las prácticas de cultivos que se dan en los suelos, especialmente en el uso comercial que se les da a los fertilizantes orgánicos, ácidos nítricos y la quema de cultivo (Blanco et al., 2022).

Por su parte, el cambio climático es mucho más complejo; es un cambio de clima que se da en toda la Tierra o en una región específica a largo plazo, que según la evidencia ya se ha dado anteriormente varias veces durante la historia de la Tierra (Borella et al., 2022), solo en los últimos 650 mil años ha habido siete ciclos de avances y retrocesos en el congelamiento de los continentes, el fin de la última era de hielo fue hace casi 7 mil años, la mayoría de estos cambios que han pasado son atribuidos a muy pequeñas variaciones en la órbita de la Tierra y al cambio de la energía solar que el planeta recibe.

2.4. CULTIVOS DE COBERTERA

Los denominados cultivos de cobertura se utilizan fundamentalmente para poder potenciar la fertilidad del suelo, su calidad, el aporte de la humedad adecuada, el control de plagas y enfermedades, entre otros (MacLaren et al., 2020). Estos cultivos de coberturas se apoyan en el concepto global de agricultura sostenible, de esta forma los agricultores van a elegir la modalidad de cultivo de cobertura que aplicarán en función de las necesidades y objetivos de su terreno, así como la influencia de factores biológicos, ambientales, sociales, culturales y económicos de su sector (Araujo Junior et al., 2015; Gaba et al., 2016).

Los principales resultados que se han observado a través de los años es que los cultivos de cobertura tienen un efecto positivo en la dinámica del agua, donde se da primero un proceso de estabilización de los agregados del suelo, por lo tanto, durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura mejorar la filtración del suelo (Adetunji et al., 2020).

Luego de la interrupción del ciclo, mediante un secado químico con herbicidas, el manto que permanece sobre el suelo el otorga una capa que disminuye su temperatura, y esa disminución de la temperatura incide en la disminución de la evaporación del suelo, por lo tanto, se habla de una eficiencia en el uso del agua al hacer uso de los cultivos de cobertura.

Por otra parte, estos también interfieren en los procesos como emergencias de malezas por interferencias con el agua, el nitrógeno o la luz solar, por lo tanto, se tiene un impacto positivo de esta práctica en los cultivos estivales, y lo importante que es el rendimiento e impacto que tiene sobre los cultivos.

2.5. USO POTENCIAL DE ESPECIES ARVENSES COMO COBERTURA DEL SUELO

Cuando se tiene cobertura de suelo, se puede evidenciar la formación de una capa de materia orgánica, las especies arvenses al descomponerse irán enriqueciendo y haciendo que el suelo en un determinado tiempo mantenga su fertilidad natural, a diferencia de cuando se tiene un suelo totalmente descubierto, adicional a la erosión el resecamiento hacer que ningún ser vivo persista en la tierra, porque el sol hace las veces de biocidas, acabando los microorganismos; en las condiciones de cobertura de suelo por especies arvenses existen millones de macroorganismos, reconocidos por científicos, donde ellos cumplen una función importante en el proceso productivo (Adetunji et al., 2020; Koudahe et al., 2022).

Los científicos mencionan que por cada gramo de suelo más de mil millones de microorganismos existen, y en un momento determinado dichos microorganismos están cumpliendo una función importante en el proceso productivo, podría decirse que se encarga del reciclaje de todos los minerales que necesita el árbol para poder cumplir sus funciones de producción. En la medida que se mantenga el suelo con

cobertura, se tendrá una fertilidad natural del suelo sostenida, evitando de esta manera entrar al deterioro del suelo.

2.6. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA DE ESPECIES ARVENSES

2.6.1. *Centrosema pubescens*

Comúnmente conocido como guisante central o de mariposa, es una leguminosa de la familia Fabaceae, subfamilia Fabaceae y tribu Phaseolus. Es originaria de América Central y del Sur y se cultiva en otras zonas tropicales como alimento para el ganado. (Nworgu, F.C., et al., 2007).

Tabla 2. 1 Taxonomía *Centrosema pubescens*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae

Fuente. Nworgu, F. C., et al., (2007)

2.6.2. *Macroptilium atropurpureum*

Macroptilium atropurpureum, comúnmente conocido como frijol morado o siratro, es una leguminosa perenne conocida por sus densas enredaderas verdes trepadoras y sus flores de color púrpura intenso. La planta es originaria de las regiones tropicales y subtropicales de América del Norte, Central y del Sur, hasta el norte de Texas en los Estados Unidos y tan al sur como Perú y Brasil (Relić, B, et al., 1993).

Se ha introducido en muchas zonas tropicales del mundo se utiliza a menudo en pastos para ganado como cultivo asociado con pasto, como heno o como cobertura del suelo para prevenir la erosión y mejorar la calidad del suelo (Relić, B, et al., 1993).

Tabla 2. 2 Taxonomía *Macroptilium atropurpureum*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae

Fuente. Relić, B, et al., (1993)

2.6.3. *Tridax procumbens*

Tridax procumbens es una planta medicinal perteneciente a la familia Asteraceae. También conocido en Guatemala como: bakenbox, cadillo, chisaaca, curagusano, St. Hipérico, romero, San Juan del Monte (Udupa, A.L., et al.,1995).

Tabla 2. 3 Taxonomía *Tridax procumbens*

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae

Fuente. Udupa, A.L., et al., (1995)

2.6.4. *Distimake quinquefolius*

Distimake quinquefolius es una especie de plantas con 1289 observaciones, esta es originaria de las regiones tropicales y subtropicales, el ginseng americano es un gran grupo de plantas con flores caracterizadas por pétalos en forma de campana y, en muchos casos, pieles transparentes. Otra característica del ginseng

americano es que sus flores se presentan en variedad de colores, desde el blanco hasta el amarillo o el rosa. (Santos, D., et al., 2020)

Tabla 2. 4 Taxonomía *Distimake quinquefolius*

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Convolvulaceae

Fuente. Santos, D., et al., (2020)

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el área de CIIDEA (Ciudad de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) del campus Politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, que se encuentra ubicada en el sitio El Limón, parroquia de Calceta que pertenece al Cantón Bolívar, Manabí. Situado geográficamente en las coordenadas 0° 49´ 23° Latitud Sur y 80° 11´ 01° Longitud Oeste, a una altitud de 15 msnm, datos obtenidos por la estación meteorológica de la ESPAM “MLF”

3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Tabla 3. 1 Condiciones climáticas del Sitio “El Limón”

Condiciones climáticas	
Precipitación anual	944,6 mm
Temperatura máxima	30,8 °C
Temperatura mínima	21,4 °C
Humedad relativa	82,80%
Heliofanía	981,8 hsol/año

Fuente. Estación Meteorológica ESPAM “MFL” (2011-2023)

3.2. DURACIÓN

La investigación tuvo una duración de 1 año, desde diciembre de 2022 a diciembre de 2023, en el campus politécnico de la ESPAM MFL.

3.3. METÓDOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MATERIAL VEGETAL

Se evaluaron cuatro especies de arvenses bajo condiciones de secano del Valle de río Carrizal.

3.3.1.1. Tratamientos, diseño y unidad experimental

T₁: *Centrosema pubescens*

T₂: *Macroptilium atropurpureum*

T₃: *Tridax procumbens*

T₄: *Distimake quinquefolius*

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos, cinco replicas y 20 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 9 m². Las plantas fueron establecidas a una distancia de 2 x 2 m entre plantas e hileras, respectivamente. A continuación, se describe el esquema del ANOVA:

Tabla 3. 2 Esquema de ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	4
Bloques	3
Error	12
Total	19

3.3.1.2. Manejo específico del experimento

Previo al establecimiento del experimento las semillas fueron colocadas a germinar en un semillero conformado por sustrato a base de compost, arena de río y cascarilla de arroz en proporción 1:1:1. Cuando las plántulas emergieron fueron colocadas en bolsas de polietileno de 5 x 8 pulgadas, donde se las dejó crecer hasta que presenten de 4 a 6 hojas verdaderas, momento en el cual se las trasplanto al campo experimental, y se las dejó crecer libremente. Al ser especies arvenses rastreras, no recibieron el manejo agronómico que se le da a los cultivos. La única práctica que se realizó es el control de otras arvenses con la finalidad de estudiar el crecimiento potencial sin la interferencia de otras especies.

3.3.1.3. Variables respuesta

- **Actividad fotoquímica del fotosistema II:** se registró la actividad fotoquímica del fotosistema II, como rendimiento cuántico efectivo (Φ_{PSII}), eficiencia cuántica máxima (F_v/F_m) y tasa de transporte electrónico (ETR). Estas mediciones se realizaron con el Fluorómetro - OS1p, entre las 11:00 horas y 14:00 horas, en el tercio medio de una hoja sana y completamente expandida. La medición de la F_v/F_m se obtuvo de hojas aclimatadas a oscuridad por 30 minutos, para lo cual se utilizaron clips de adaptación a oscuridad.
- **Porcentaje de cobertura del suelo (%):** la cobertura del suelo se registró cada 30 días desde el momento de la siembra, lo cual se determinó con la técnica del cuadrante descrita por Orduz et al. (2011).
- **Área foliar específica – AFE ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$):** se determinó cada 30 días en fragmento de hoja con superficie conocida (cm^2), que fue secada en estufa a 65°C hasta alcanzar peso seco constante (g). Luego el fragmento fue pesado con balanza de precisión y se estimó el AFE con la ecuación [1].

$$AFE = \frac{\text{Area foliar de fragmento}}{\text{Peso seco de fragmento}} \quad [1]$$

- **Peso foliar específico – PFE (g cm^{-2}):** se determinó cada 30 días después del establecimiento del trabajo, con la metodología ya descrita para AFE. Se estimó con la ecuación [3]

$$PFE = P_S/A_F \text{ (g cm}^{-2}\text{)} \quad [3]$$

- **Contenido relativo de agua en la hoja (CRA):** se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Sanders y Arndt (2012), lo cual se determinó a partir de fragmentos de hojas con área conocida, donde se les registró el peso fresco (P_F) en una balanza analítica. Una vez pesados, se colocaron a saturar en cajas petri con agua destilada por un tiempo de veinticuatro horas; después de este período, se retiraron los fragmentos de hojas, se eliminó la humedad superficial con un papel absorbente, se registró el peso fresco saturado (P_{FS}) y se colocaron en una estufa durante 48 horas a 65°C , luego se determinó el peso seco (P_S). [4]:

$$CRA = (P_F - P_S / P_{FS} - P_S) * 100 \quad [4]$$

- **Acumulación de masa seca (kg m^{-2}):** se registró cada 30 días durante la época seca, para lo cual con un cuadrante de 0.50 m x 0.50 m se recolectó la biomasa fresca, que seguidamente fue colocada en estufa a 65°C hasta alcanzar peso constante. Finalmente, con el dato de biomasa seca se estimó el rendimiento de masa seca m^{-2} .
- **Ritmo de crecimiento diario (g día^{-1}):** se estimó con el dato de masa seca m^{-2} obtenido en laboratorio, para luego ser dividido para 30 días en el respectivo periodo evaluado.
- **Contenido de humedad del suelo - CHS (%):** se registró cada 30 días con el método gravimétrico, donde se tomaron muestras directamente del suelo a una profundidad de 0,20 m, donde se recolectaron 100 g de suelo (PH), que luego fue colocado en recipientes metálicos, seguidamente se colocaron dentro de estufas a 105°C, hasta alcanzar peso seco constante (PS). Con los valores de peso húmedo (PH) y peso seco (PS) se determinó el CHS (%), según la ecuación [2]:

$$CHS (\%) = \frac{(PH - PS)}{PH} * 100 \quad [2]$$

3.3.1.4. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados a través del análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias con prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES FISIOLÓGICAS

La actividad fotoquímica del fotosistema II (Φ_{PSII} , F_v/F_m y ETR) fue influenciada significativamente ($p < 0.05$) por las especies de arvenses estudiadas en ambos meses evaluados (Figuras 1, 2 y 3). El rendimiento cuántico efectivo (Φ_{PSII}) fue estadísticamente superior en la especie *Tridax procumbens*, con valores mayores a 0.70 en ambos meses registrados, mientras que en las demás especies evaluadas los valores promedios fluctuaron entre 0.64 y 0.68 (Figura 1). De acuerdo a Genty et al. (1989) el Φ_{PSII} mide la proporción de luz utilizada en el transporte de electrones con respecto a la luz absorbida, y los valores van desde 0 a 0.80. Además, el Φ_{PSII} es proporcional al rendimiento cuántico de la asimilación de CO_2 en condiciones no-fotorrespiratorias, por lo que es útil para estimar la tolerancia de las plantas a extremos de temperatura y estrés hídrico (Benavides y Francisco, 2023). Los resultados obtenidos son cercanos a los reportados por Zhang et al. (2015) y Quan et al. (2023), quienes lograron valores de Φ_{PSII} de entre 0.1 a 0.8 en especies de arvenses sometidas a diferentes condiciones de estrés.

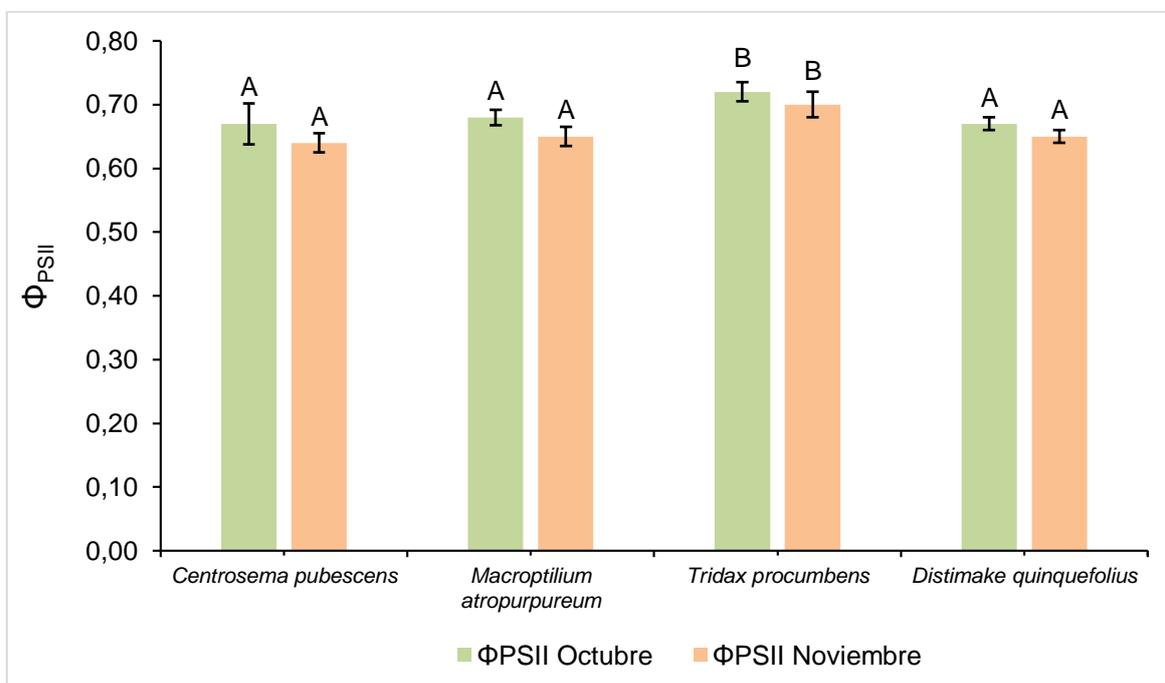


Figura 4. 1 Rendimiento cuántico efectivo del fotosistema II de cuatro especies arvenses

Los valores de eficiencia cuántica máxima (F_v/F_m) fueron significativamente superiores ($p < 0.05$) en la especie *T. procumbens*; sin embargo, se evidencia que en todas las especies evaluadas los valores promedios de F_v/F_m se mantienen por encima de 0.80, lo cual refleja la gran capacidad fotoquímica de las arvenses (Figura 2). En este sentido, varios autores han descrito que en hojas maduras no senescentes y que no estén sufriendo estrés, por lo general presentan valores de F_v/F_m de alrededor de 0.80. Además, la F_v/F_m se correlaciona con el porcentaje de centros funcionales del fotosistema II, por lo que su disminución se considera un indicador de pérdida de función del aparato fotosintético (Bilger et al., 1995; Anderson et al., 1997). Los resultados indican que las cuatro especies de arvenses evaluadas son capaces de mantener valores de F_v/F_m en rangos suficientemente elevados como para no caer en estado de fotoinhibición y pérdida de función del aparato fotosintético, durante la época seca donde la sequía provoca déficit hídrico en el suelo. Estos resultados se asemejan a los descritos por Zhang et al. (2015), quienes reportaron valores de F_v/F_m superiores a 0.80 en plantas *Eleusine indica*.

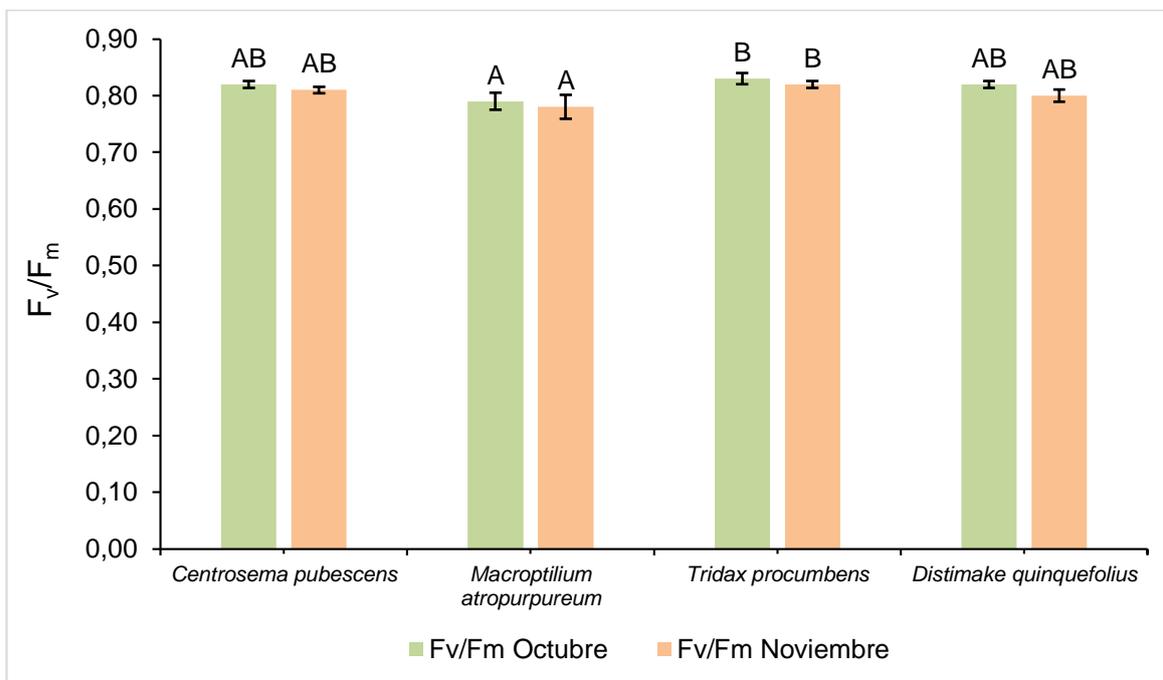


Figura 4. 2 Eficiencia cuántica máxima del fotosistema II de cuatro especies de arvenses

La tasa de transporte electrónico (ETR) fue significativamente ($p < 0.05$) mayor en la especie *T. procumbens* con relación a las demás especies evaluadas (Figura 3), lo cual coincide con los resultados obtenidos en Φ_{PSII} y F_v/F_m (Figuras 1 y 2). Lo anterior evidencia la mayor actividad fotoquímica de la especie *T. procumbens* bajo

condiciones de sequía. Sin embargo, los niveles de ETR presentados por las especies *C. pubescens*, *M. atropurpureum* y *D. quinquefolius* fueron superiores a $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, y podrían concebirse dentro de rangos normales para arvenses, considerando que en trabajos previos de Zhang et al. (2015) y Quan et al. (2023) reportaron valores de ETR menores a $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para especies de arvenses sometidas a estreses químicos y mecánicos. En este contexto, varios autores señalan que la ETR representa el flujo de electrones a través de la cadena de transporte fotosintético, por lo que niveles bajos de ETR pueden indicar que la planta está bajo condiciones de estrés que limita la tasa de fotosíntesis y por tanto su crecimiento (Krause y Weis, 1991; Eichelman et al., 2004; Wajahatullah et al., 2009).

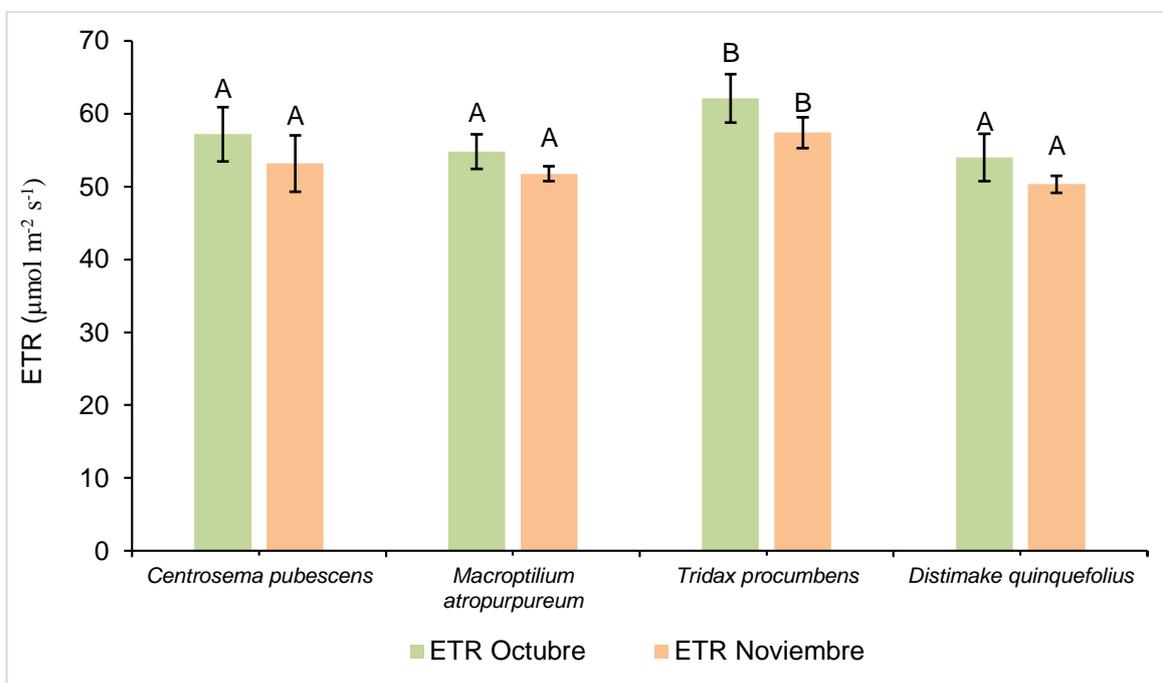


Figura 4. 3 Tasa de transporte electrónico de cuatro especies de arvenses

El contenido relativo de agua en la hoja (CHR) fue superior al 85% en todas las especies de arvenses evaluadas, incluso hasta en los meses más secos del año, aunque claramente la especie *T. procumbens* logró un CHR significativamente mayor ($p < 0.05$) a las demás especies (Figura 4), lo cual refleja una mayor tolerancia al estrés hídrico. En este contexto, varios autores han evidenciado que las arvenses son capaces de evitar la deshidratación al activar rápidamente un ajuste osmótico que les permite mantener un alto CHR en la hoja de forma constante (Gulías et al., 2002; Travlos y Chachalis, 2008). Lo anterior se debe a su capacidad superior para

la exploración del agua del suelo, mayor zona radicular efectiva y volumen de suelo por planta, rápido desarrollo de sistemas radiculares extensos, mayor afinidad por los recursos y mayor tolerancia a la variación climática que la mayoría de los cultivos (Singh et al., 2022).

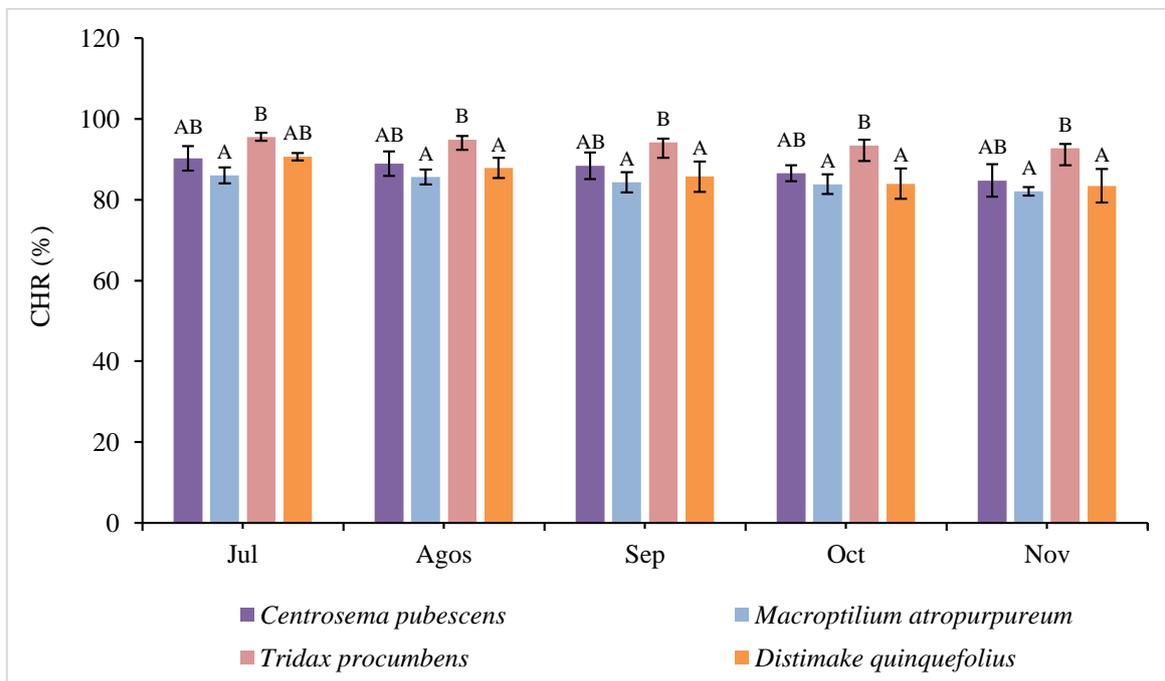


Figura 4. 4 . Contenido relativo de agua en la hoja de cuatro especies de arvenses

El área foliar específica (AFE) fue estadísticamente inferior ($p < 0.05$) en la especie *T. procumbens* en comparación a las demás especies probadas, en todos los meses evaluados (Figura 5), lo cual puede ser debido a la adaptación de esta especie de arvense a las condiciones de sequía. En este sentido, se ha descrito que un valor alto de AFE es típico de plantas de rápido crecimiento con alta capacidad fotosintética bajo condiciones no estresantes, mientras que una planta de crecimiento lento o resistente a la sequía normalmente tendría un AFE menor (Wilson et al., 1999). Las hojas más gruesas con una menor “área foliar específica” (relación área-peso) pueden mejorar la conversión del agua disponible para producir rendimiento en condiciones de sequía (Roy et al., 2016).

El peso foliar específico (PFE) también fue influenciado significativamente ($p < 0.05$) por las especies arvenses evaluadas, donde *T. procumbens* logró los mayores promedios de PFE en todos los meses evaluados, con relación a las demás especies arvenses (Figura 6). Lo anterior puede deberse a que esta especie posiblemente como estrategia de adaptación, presenta mayor grosor del mesófilo

foliar y en consecuencia un mayor peso foliar específico. Lo anterior ha sido descrito como una plasticidad morfo-anatómica foliar ante la condición de estrés hídrico (Nobel1980; Valladares et al., 2004).

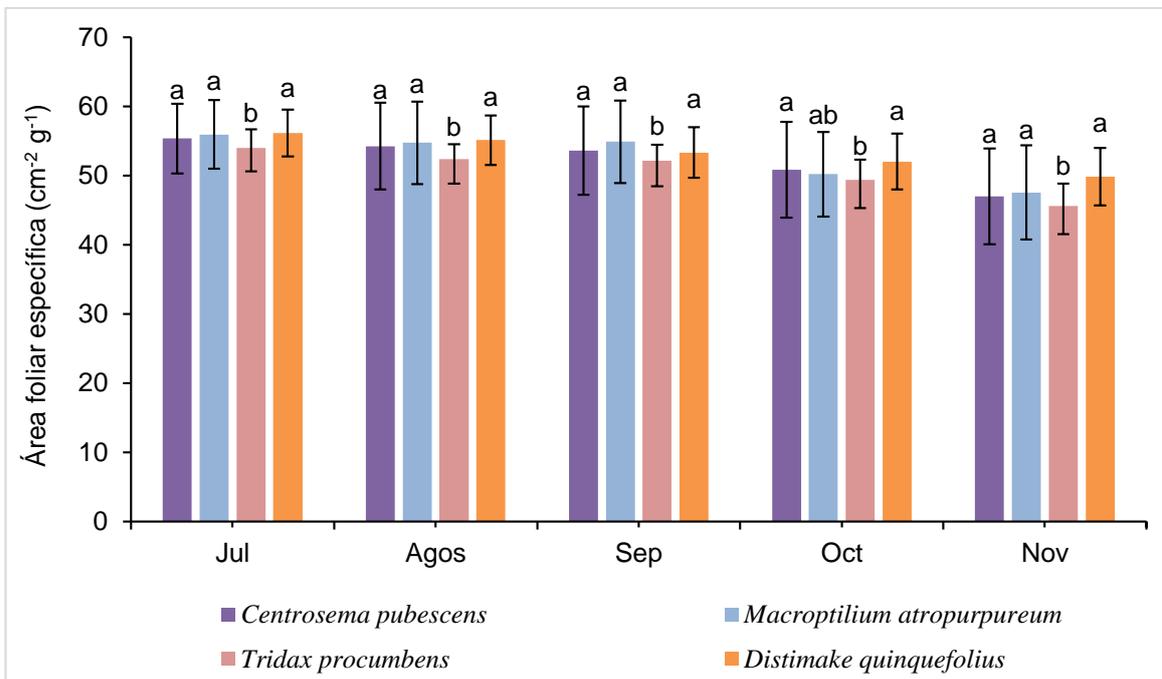


Figura 4. 5 Área foliar específica de cuatro especies de arvenses

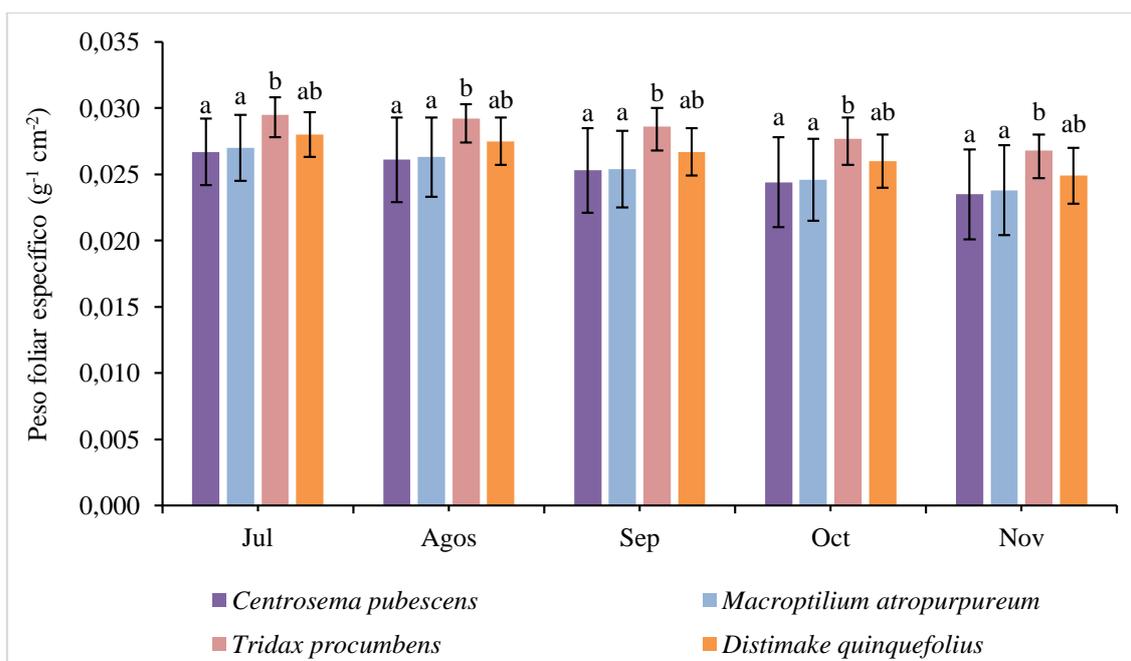


Figura 4. 6 Peso foliar específica de cuatro especies de arvenses

4.2. VARIABLES DE CRECIMIENTO

El porcentaje de cobertura del suelo fue influenciado significativamente ($p < 0.05$) por las especies de arvenses evaluadas a los 30 y 60 días después de la siembra, donde se destacó la especie *D. quinquefolius* con una mayor capacidad de cobertura, seguidas de *C. pubescens* y *M. atropurpureum*, mientras que *T. procumbens* presentó el menor porcentaje de cobertura a los 30 y 60 días después de la siembra (Figura 7). Sin embargo, a partir de los 90 días todas las especies evaluadas lograron el 100% de cobertura del suelo. Estos resultados son cercanos a los reportados por Orduz et al. (2011), quienes lograron porcentajes de cobertura del suelo mayores al 80% a los 60 días después la siembra en especies como *Brachiaria dictyoneura* y *Arachis pintoii*. Así mismo, los datos son cercanos a los reportados por Puertas et al. (2008) con especie similares. Los resultados logrados evidencian la gran capacidad de las cuatro especies arvenses evaluadas para cubrir rápidamente el suelo y así disminuir la pérdida por erosión del mismo. Esto ha sido demostrado por varios trabajos de investigación con cultivos de cobertera, donde se disminuyó significativamente erosión y pérdida de humedad del suelo (Araujo et al., 2015; Rodrigo et al., 2020).

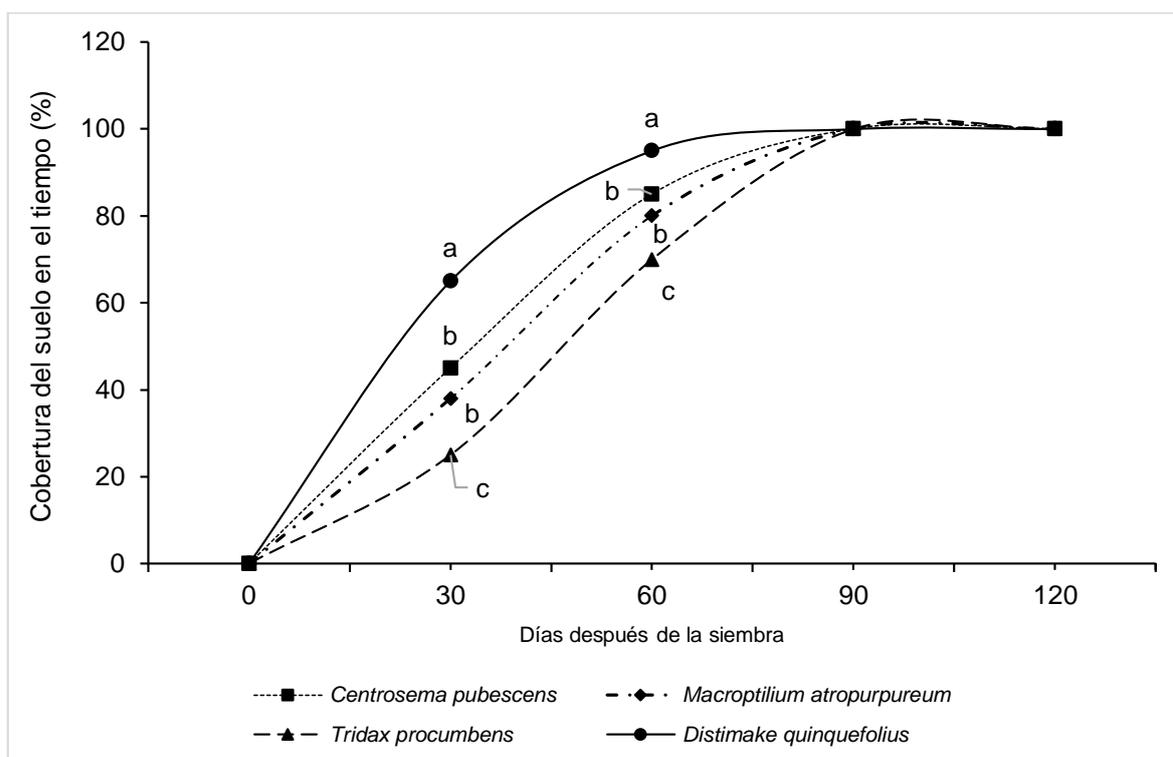


Figura 4. 7 Capacidad cobertura del suelo de cuatro especies de arvenses

La acumulación de materia seca m^{-2} de suelo y el ritmo de crecimiento diario (g día^{-1}) no fueron influenciados significativamente ($p > 0.05$) por las especies de arvenses evaluadas, donde todas presentaron una tendencia similar de acumulación de masa seca y ritmo diario de crecimiento (Figuras 8 y 9). Desde julio a agosto todas las especies presentaron un crecimiento acelerado, posiblemente por la mayor cantidad permanente de agua en el suelo, pero a partir del mes de septiembre cuando la época seca se acentúa con mayor fuerza, el crecimiento de las cuatro especies empezó a descender, coincidiendo con la disminución de la humedad del suelo (Figuras 8, 9 y 10). En los meses de octubre y noviembre la especie *T. procumbens* logra mantener una mayor producción de masa seca y ritmo de crecimiento diario, lo cual puede deberse a que esta especie presenta hojas de menor tamaño y por tanto menor pérdida de agua por transpiración, a comparación de las otras tres especies que tienen un sistema foliar mayor. Estos resultados se asemejan a los descritos por Mahajan et al. (2018) quienes reportaron reducciones significativas del crecimiento de la arvense *Sisymbrium thellungii* al reducirse la humedad del suelo. Así mismo, Baath et al. (2020) reportaron menores tasas de crecimiento y producción de materia seca en leguminosas tropicales, a medida que la humedad del suelo disminuye.

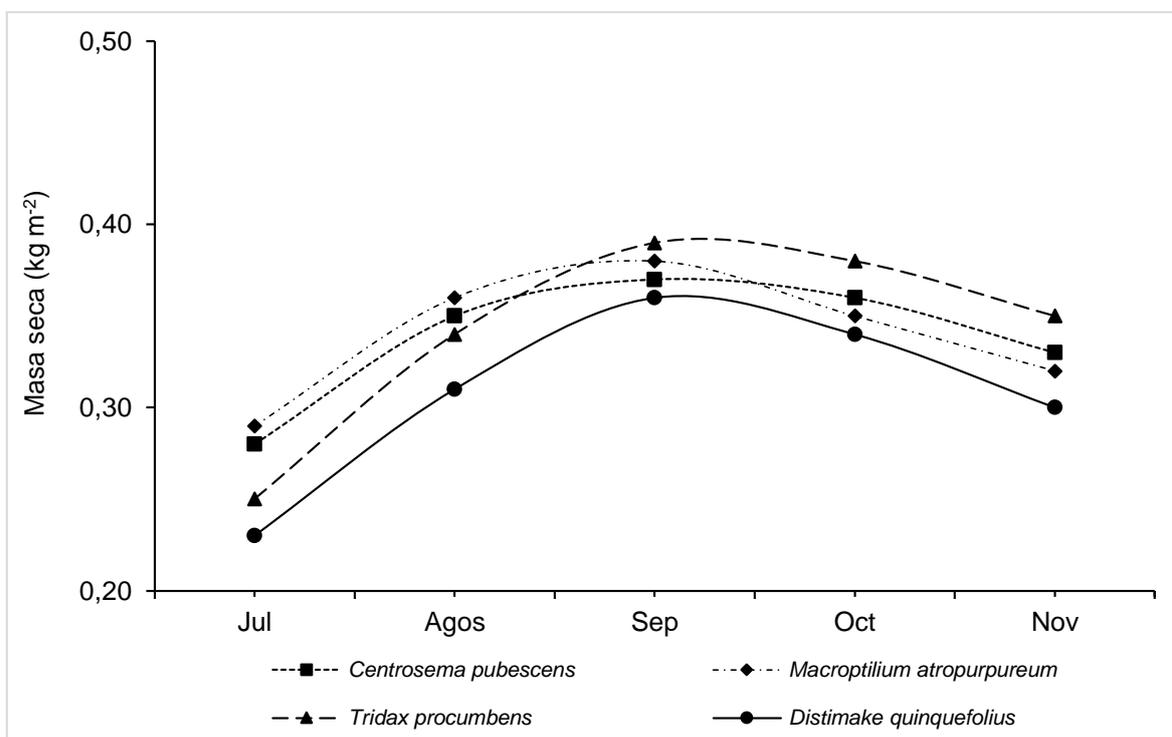


Figura 4. 8 Acumulación de materia seca de cuatro especies de arvenses

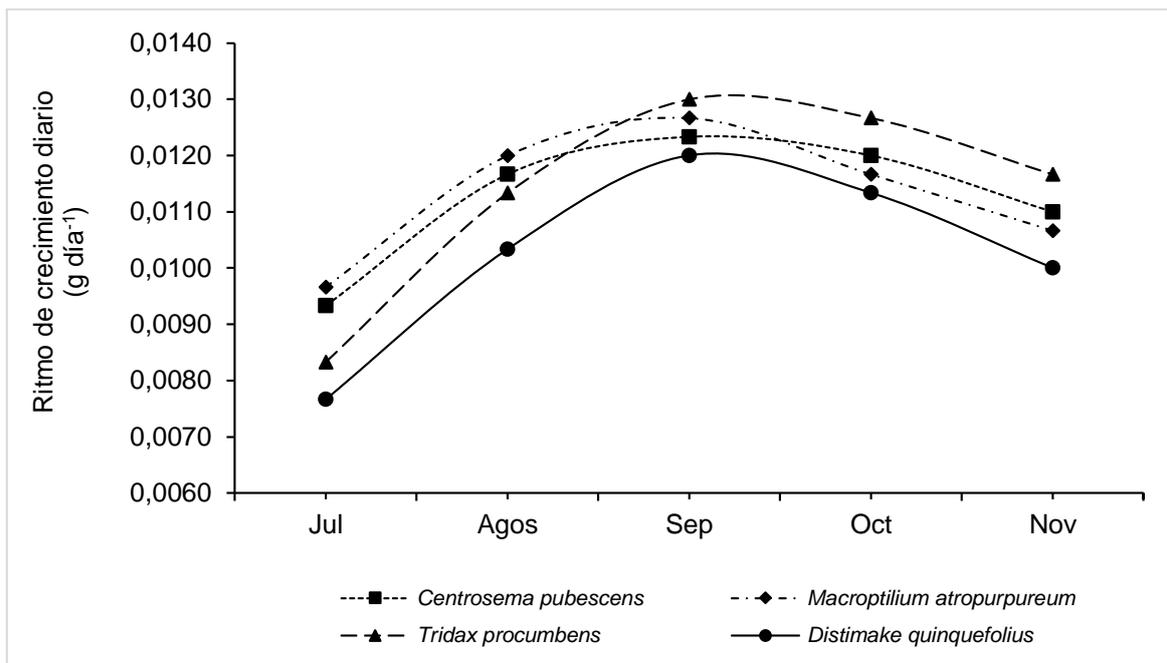


Figura 4. 9 Ritmo de crecimiento diario de cuatro especies de arvenses

Considerando parámetros de CC. y PM. las distintas arvenses en el suelo ayudan a la retención del agua, evidenciando un decrecimiento más leve en cuanto al suelo desnudo, a su vez ayudan a que el suelo no entre en PM pronto, sino que extiende el periodo hasta el mes de noviembre. El % de CAS corresponde al contenido volumétrico del agua en el suelo en el perfil de 0-20cm, Sin embargo, a medida que la época seca se prolonga, la humedad del suelo tiende a disminuir en todos los tratamientos (Figura 10).

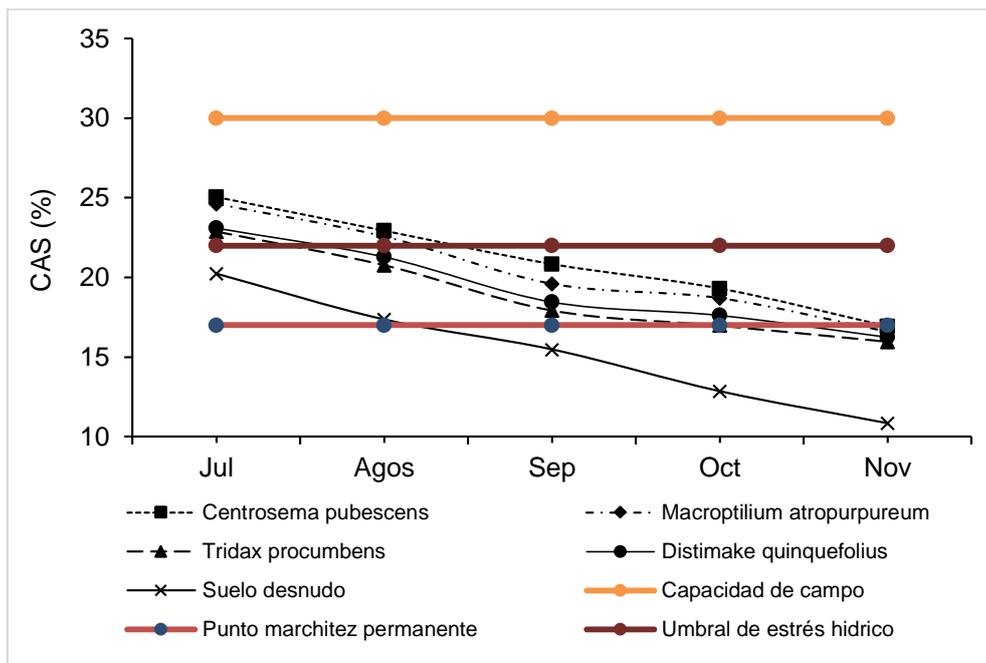


Figura 4. 10 Contenido de agua del suelo cubierto por cuatro especies de arvenses, punto de marchitez, capacidad de campo y umbral de estrés hídrico.

Los resultados demuestran que la gran capacidad fotoquímica, acumulación de materia seca, cobertura y retención de humedad del suelo por las cuatro especies evaluadas durante la temporada seca, puede ser aprovechada como alternativa de protección viva del suelo en cultivos como pitahaya, maracuyá, cítricos y otros frutales, donde por lo general el suelo está desnudo y expuesto a degradación por erosión eólica e hídrica. Además, estas especies al presentar buena actividad fotoquímica y acumulación de materia seca, podrían tener gran potencial de fijación de carbono y nitrógeno en el suelo, lo cual debe ser explorado en investigaciones futuras

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Las cuatro especies de arvenses rastreras evaluadas mostraron tolerancia a sequía y presentan potencial para ser usadas como cultivos de cobertera para la conservación del suelo.
- La actividad fotoquímica en las cuatro especies de arvenses probada, se mantuvo en niveles suficientemente elevados durante la época seca, como para no provocar foto-inhibición y daño del aparato fotosintético.
- Las cuatro especies de arvenses mostraron buena capacidad de crecimiento y acumulación de biomasa durante la época seca, por lo que podrían ser excelentes fijadoras de carbono y nitrógeno en el suelo.
- Todas las especies de arvenses evaluadas contribuyeron a retener la humedad del suelo, por lo que podrían ser utilizadas con estos fines en monocultivos con suelos desnudos.

5.2 RECOMEDACIONES

- Evaluar la capacidad de fijación de carbono y nitrógeno en el suelo de las cuatro especies de arvenses evaluadas.
- Estudiar la entomofauna y su dinámica poblacional en las cuatro especies de arvenses probadas, con la finalidad de valorar la biodiversidad que podría ser potenciada con el uso de arvenses como cultivos de cobertura.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdurrahman, M. I., Chaki, S., Y Saini, G. (2020). Stubble burning: Effects on health Y environment, regulations and management practiAbdurrahman, M. I., Chaki, S., Y Saini, G. (2020). Stubble burning: Effects on health Y environment, regulations and management practices. *Environmental Advances*, 2, 100011. *Environmental Advances*, 2, 100011. <https://doi.org/10.1016/J.ENVADV.2020.100011>
- Anderson J M, Y I Park y W S Chow. (1997). Photoinactivation and photoprotection of photosystem II in the nature. *Physiol Plant*. 100: 214-223.
- Adetunji, A. T., Ncube, B., Mulidzi, R., Y Lewu, F. B. (2020). Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil and Tillage Research*, 204, 104717. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2020.104717>
- Araujo Junior, C. F., Martins, B. H., Higashi, V. Y., Y Hamanaka, C. A. (2015). The Role of Weed and Cover Crops on Soil and Water Conservation in a Tropical Region. *Weed Biology and Control*. <https://doi.org/10.5772/59952>
- Baath, G., Rocateli, A., Gopal, V., Singh, H., Northup, B., Gowda, P., Y Katta, J. (2020). Growth and physiological responses of three warm-season legumes to water stress. *Scientific Reports*, 10:12233. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69209-2>
- Benique Olivera, E. (2021). Impacto económico del cambio climático en cultivo de quinua (*chenopodium quinoa willd*) orgánica en la región del Altiplano: un enfoque Ricardiano. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 236-243. <https://doi.org/10.18271/RIA.2021.239>
- Benavides, A., Y Francisco, N. (2023). Recientes aplicaciones de la fluorescencia de la clorofila en los cultivos vegetales. *CTS EPISTEMUS*, 106 – 114.
- Blanco, M. A., Blanco, M. E., Y Vila Hinojo, B. T. (2022). Educación ambiental y actitud frente al cambio climático en estudiantes universitarios. *Revista San Gregorio*, 1(49), 1-15. <https://doi.org/10.36097/RSAN.V0149.1924>
- Borella, L. de C., Borella, M. R. de C., Y Corso, L. L. (2022). Climate analysis using

neural networks as supporting to the agriculture. *Gestão Y Produção*, 29. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022V29E06>

- Bilger W, U Schreiber, M Bock. (1995). Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. *Oecologia*. 102: 425-432.
- Cerdà, A., Rodrigo-Comino, J., Novara, A., Brevik, E. C., Vaezi, A. R., Pulido, M., Giménez-Morera, A., Y Keesstra, S. D. (2018). Long-term impact of rainfed agricultural land abandonment on soil erosion in the Western Mediterranean basin. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 42(2), 202-219. <https://doi.org/10.1177/0309133318758521>
- Cerdà, A., Terol, E., Y Daliakopoulos, I. N. (2021). Weed cover controls soil and water losses in rainfed olive groves in Sierra de Enguera, eastern Iberian Peninsula. *Journal of Environmental Management*, 290, 112516. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112516>
- Eichelman, H; Oja, V.; Rasulov, B.; Padu, E.; Bichele, I.; Pettai, H.; Niinemets, O. and Laisk, A. (2004). Development of leaf photosynthetic parameters in betula pendula roth leaves: correlation with photosystem I density. *Plant Biol*. 6:307-318.
- Gaba, S., Reboud, X., Y Fried, G. (2016). Agroecology and conservation of weed diversity in agricultural lands. *Botany Letters*, 163(4), 351-354. <https://doi.org/10.1080/23818107.2016.1236290>
- Genty. B, Briantais, J. Y Baker, N. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Bioch and Bioph Acta*. 990: 87-92.
- Gulías J, Flexas J, Abadía A, Madrano H. (2002). Photosynthetic responses to water deficit in six Mediterranean sclerophyll species: possible factors explaining the declining distribution of *Rhamnus ludovici-salvatoris*, an endemic Balearic species. *Tree Physiology* 22, 687-697.
- Jing-Ran, S., Zhen, L., Xue Jun, S., Chao Ran, J., Rui, J., Ru Chen, Z., Guang Chao, L., Guan Qun, L., Yi Shan, H., Xiu Li, Z., Y Yan Qing, L. (2020). Impact of a real-time automatic quality control system on colorectal polyp and adenoma

- detection: a prospective randomized controlled study (with videos). *Gastrointestinal Endoscopy*, 91(2), 415-424.e4. <https://doi.org/10.1016/J.GIE.2019.08.026>
- Krause, G. H. and Weis, E. (1991). Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42:313-349.
- Koudahe, K., Allen, S. C., Y Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*. <https://doi.org/10.1016/J.ISWCR.2022.03.003>
- Liu, H., Yang, X., Blagodatsky, S., Marohn, C., Liu, F., Xu, J., Y Cadisch, G. (2019). Modelling weed management strategies to control erosion in rubber plantations. *CATENA*, 172, 345-355. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2018.08.041>
- MacLaren, C., Storkey, J., Menegat, A., Metcalfe, H., Y Dehnen-Schmutz, K. (2020). An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(4), 1-29. <https://doi.org/10.1007/S13593-020-00631-6>
- Malhi, G. S., Kaur, M., Y Kaushik, P. (2021). Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. *Sustainability*, 13(3), 1318. <https://doi.org/10.3390/SU13031318>
- Meseth, E., Y Yu, J. C. S. (2014). Mejora en los calendarios de cultivo para agricultura de secano en ceja de selva. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 187-197. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2014.04.03>
- Mahajan G, George-Jaeggli B, Walsh M and Chauhan BS. (2018). Effect of Soil Moisture Regimes on Growth and Seed Production of Two Australian Biotypes of *Sisymbrium thellungii* O. E. Schulz. *Front. Plant Sci.* 9:1241. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01241>
- Montiel Gonzáles, I., Martínez Santiago, S., López Santos, A., ccfvf| García Herrera, G. (2017). Impacto del cambio climático en la agricultura de secano de Aguascalientes, México para un futuro cercano (2015-2039). *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 1-13. <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455552312001.pdf>

- Nobel, P. (1980). Leaf Anatomy and Water Use Efficiency. En: NC Turner Y PJ Kramer (eds) Adaptations of plant to water and high temperature stress: 43-55. Wiley, New York.
- Nworgu, F. C., Y Fasogbon, F. O. (2007). Centrosema (*Centrosema pubescens*) leaf meal as protein supplement for pullet chicks and growing pullets. *International Journal of Poultry Science*, 6(4), 255-260.
- Olivares, B. O. (2018). CONDICIONES TROPICALES DE LA LLUVIA ESTACIONAL EN LA AGRICULTURA DE SECANO DE CARABOBO, VENEZUELA. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* , 27(1), 86-102. <https://doi.org/10.17163/LGR.N27.2018.07>
- Osuna Ceja, E. S., Figueroa Sandoval, B., Martínez Gamiño, M. Á., Y Pimentel López, J. (2019). Un sistema agroforestal de secano para el altiplano semiárido de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(SPE22), 89-103. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V0I22.1861>
- Orduz, J., Calderón, C., Bueno, C., Y Baquero, J. (2011). Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras como coberturas y su influencia en el control de malezas en el establecimiento de cítricos en el piedemonte del Meta. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.*, 12(2), 121-128.
- Pal, D. K. (2018). *Climate Linked Natural Soil Degradation and its Impact in Rainfed Agriculture : A review Climate Linked Natural Soil Degradation and its Impact in Rainfed Agriculture : A review. March.*
- Parada Rojas, C., Rueda Díaz, S., Carrero Becerra, C., Quintero Pacheco, N., Y Cárdenas Caro, D. (2016). Efecto de la quema en cultivos de hortalizas en Villa del Rosario, Norte de Santander, Colombia, sobre las micorrizas y propiedades del suelo. *Bioagro*, 28(3), 171-180. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttextYpid=S1316-33612016000300004
- Peddi, D., Y Kavi Kumar, K. S. (2020). Farmers' perceptions about soil erosion in rainfed areas of Telangana, India. *Journal of Public Affairs*, e2374. <https://doi.org/10.1002/PA.2374>
- Pezzopane, J. R. M., Santos, P. M., Evangelista, S. R. M., Bosi, C., Cavalcante, A.

- C. R., Bettiol, G. M., de Miranda Gomide, C. A., Y Pellegrino, G. Q. (2017). *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. *Grass and Forage Science*, 72(1), 104-117. <https://doi.org/10.1111/GFS.12229>
- Puertas, F., Arévalo, E., Zúñiga, L., Alegre, J., Loli, O., Soplin, H., Baligar, V. (2008). Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonía peruana. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 2008.
- Quan L, Chen K, Chen T, Li H, Li W, Cheng T, Xia F, Lou Z, Geng T, Sun D and Jiang W (2023) Monitoring weed mechanical and chemical damage stress based on chlorophyll fluorescence imaging. *Front. Plant Sci.* 14:1188981. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1188981>
- Relić, B., Talmont, F., Kopcinska, J., Golinowski, W., Promé, J. C., Y Broughton, W. J. (1993). Biological activity of *Rhizobium* sp. NGR234 Nod-factors on *Macroptilium atropurpureum*. *Mol Plant-Microbe Interact*, 6, 764-774.
- Roy, S., Collins, N., Y Munns, R. (2016). Abiotic Stress Genes and Mechanisms in Wheat. In: *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*, 4, 2016, Pages 393-397. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00230-8>
- Rodrigo, J., Terol, E., Mora, G., Giménez, A., Y Cerdà, A. (2020). *Vicia sativa* Roth. Can Reduce Soil and Water Losses in Recently Planted Vineyards (*Vitis vinifera* L.). *Earth Systems and Environment*, 4:827–842. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00191-5>
- Salazar Gutiérrez, L., Y Torres, F. A. (2021). Manejo de arvenses. *Guía más agronomía, más productividad, más calidad*, 179-188. https://doi.org/10.38141/10791/0014_10
- Santín, C., Y Doerr, S. H. (2016). Fire effects on soils: the human dimension. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696). <https://doi.org/10.1098/RSTB.2015.0171>
- Saturday, A. (2018). Restoration of Degraded Agricultural Land: A Review . *Journal of Environment and Health Science*, 4(2), 44-51. <https://doi.org/10.15436/2378-6841.18.1928>

- Sanders G.J., Arndt, S.K. (2012). Osmotic Adjustment Under Drought Conditions. In: Aroca, R. (eds) Plant Responses to Drought Stress. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_8
- Santos, D., Texeira, M. C. P., Souza, E. B. D., Y Buriil, M. T. (2020). Flora do município de Massapê, Estado do Ceará, Brasil: Convolvulaceae Juss. Hoehnea, 47, e602019.
- Singh M, Kukal MS, Irmak S and Jhala AJ. (2022). Water Use Characteristics of Weeds: A Global Review, Best Practices, and Future Directions. Front. Plant Sci. 12:794090. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.794090>
- Udupa, A. L., Kulkarni, D. R., Y Udupa, S. L. (1995). Effect of *Tridax procumbens* extracts on wound healing. International Journal of Pharmacognosy, 33(1), 37-40.
- Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J., Corcuera, L., Sisó, S., Y Gil-Peigrín, G. (2004). Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En: Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 163-190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Travlos, I., Y Chachalis, D. (2008). Drought adaptation strategies of weeds and other neglected plants or arid environments. Plant stress, 2(1): 40-44.
- Wajahatullah, K; Rayirath, U. P.; Subranian, S.; Jithesh, M. N.; Rayorath, P.; Hodges, D. M.; Critchley, A. T.; Craigie, J. S.; Norrie J. and Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Reg. 28:386-399.
- Wilson, P., Thompson, K., Y Hodgson, J. (1999). Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. New Phytol., 143, 155–162.
- Zhang, T., Feng, L., Tian, J., Yang, C., Y Gao, J. (2015). Use of chlorophyll fluorescence and P700 absorbance to rapidly detect glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*). Journal of Integrative Agriculture, 14(4): 714–723. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60869-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60869-8)

ANEXOS



Anexo 1: Recolección de semillas



Anexo 2: Semillas de *Centrosema pubescens*



Anexo 3: Semillas de *Macroptilium atropurpureum*



Anexo 4: Semillas de *Tridax procumbens*



Anexo 5: Semillas de *Distimake quinquefolius*



Anexo 6: Trasplante a bandejas germinadoras



Anexo 7: Trasplante a fundas



Anexo 8: Plántulas de Arvenses



Anexo 9: Balizamiento del terreno



Anexo 10: Señalamiento



Anexo 11: Transplante a terreno



Anexo 12: Aplicación de Moskation



Anexo 13: Limpieza de terreno



Anexo 14: Terreno completo



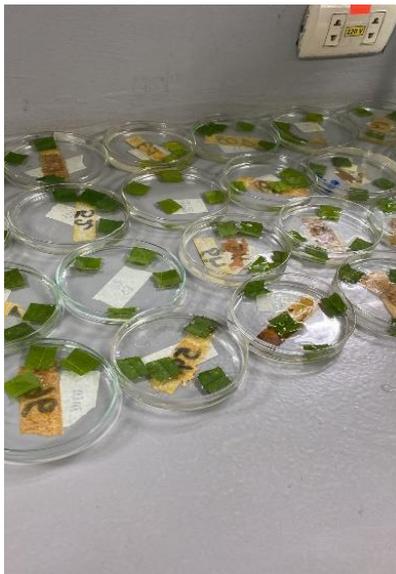
Anexo 15: Recolección de muestras de suelo



Anexo 16: Recolección con cuadrantes



Anexo 17: Recolección de datos de actividad fotoquímica



Anexo 18: Trabajo de laboratorio



Anexo 19: Toma de datos de laboratorio