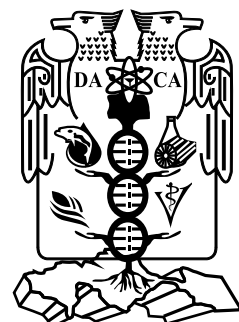


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**EVALUACIÓN BIOACTIVA DE EXTRACTOS DE HOJAS E INFLORESCENCIAS DE
AMARANTO ROJO (*Amaranthus cruentus*) CULTIVADOS EN VALLADOLID,
YUCATAN**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

PRESENTA

JAIR SARRAZAGA RAMÓN

DIRECTOR

DRA. ARELI CARRERA LANESTOSA

CODIRECTOR

DR. JESÚS ALFREDO ARAUJO LEÓN

VILLAHERMOSA, TABASCO, JUNIO DE 2025

Declaración de Autoría y Originalidad

En la ciudad de Villahermosa Tabasco el día **16 del mes mayo del año 2025**, el que suscribe Jair Sarrazaga Ramon del programa de Licenciatura de Ingeniería en Alimentos con número de matrícula 192C22018, adscrito a la en la División de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor de la tesis presentada para la obtención del grado de licenciatura y titulada **“EVALUACIÓN BIOACTIVA DE EXTRACTOS DE HOJAS E INFLORESCENCIAS DE AMARANTO ROJO (*Amaranthus cruentus*) CULTIVADOS EN VALLADOLID, YUCATÁN”**, dirigida por la Dra. Areli Carrera Lanestosa y el Dr. Jesús Alfredo Araujo León.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a **16 de mayo del 2025**

Nombre y firma

Jair Sarrazaga Ramon



COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

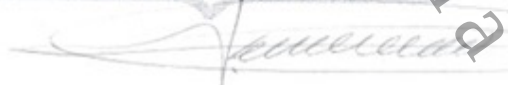
Asunto: Autorización de impresión
de Trabajo Recepcional.
Fecha: 14 de mayo de 2025.

LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y
TITULACIÓN DE LA UJAT.
PRESENTE

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), le informo que, con base en el artículo 113 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza** al **C. Jair Sarrazaga Ramón** con matrícula **192C22018**, egresado(a) de la Licenciatura de **Ingeniería En Alimentos** de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, la impresión de su Trabajo Recepcional bajo la modalidad de **Tesis**, titulado: **"EVALUACIÓN BIOACTIVA DE EXTRACTOS DE HOJAS E INFLORESCENCIAS DE AMARANTO ROJO (Amaranthus cruentus) CULTIVADOS EN VALLADOLID, YUCATÁN"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE


M.V.Z. JORGE ALFREDO THOMAS TELLEZ
DIRECTOR

U.J.A.T.

DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

C.c.p.- Archivo

Carretera Villahermosa-Teapa Km. 25
R/A La Huasteca 2da Sección
Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86298
Tel. (+52 993) 3581500 ext. 6614
Correo electrónico: terminales.daca@ujat.mx

Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a **16 de mayo del 2025**.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR en la producción, creación y/o realización de la obra denominada **“EVALUACIÓN BIOACTIVA DE EXTRACTOS DE HOJAS E INFLORESCENCIAS DE AMARANTO ROJO (*Amaranthus cruentus*) CULTIVADOS EN VALLADOLID, YUCATÁN”**.

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES

Jair Sarrazaga Ramon, Areli Carrera Lanestosa, Jesús Alfredo Araujo León

TESTIGOS

Laura Gabriela Qué Vázquez.

Fanny Adabel González Alejo

Dedicatoria

A Dios que ha sido fuente inagotable de sabiduría y amor, elevo este logro que es en esencia, un reflejo de tu gracia en mi vida. Recuerdo especialmente aquellos momentos de duda, cuando tu luz me mostró el camino a seguir. Con profunda gratitud, dedico este logro a Dios, mi compañero fiel en este viaje. “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” (Filipenses 4:13).

A mis padres, Jorge Sarrazaga Candelero y Sandra Ramon Velueta que con tanto sacrificio y dedicación me han brindado la oportunidad de llegar hasta aquí. Su orgullo es mi mayor recompensa. Este trabajo es un homenaje a su amor y esfuerzo, a mi hermano Elimelec, que siempre ha estado conmigo en las buenas y malas y me ha dado su apoyo y aliento. A mis abuelos, que con su sabiduría y cariño han tejido recuerdos imborrables en mi corazón. Sus historias y consejos son tesoros que atesoraré por siempre.

A mis primos y tíos, compañeros de risas y aventuras. Gracias por ser mi familia, mi refugio y mi mayor alegría. A esa persona tan especial, cuyo amor, cariño y comprensión me han dado tanta luz. Tu presencia es el regalo más valioso que tengo. A mis pastores, que me han guiado por el camino de la fe y la esperanza. Sus palabras y oraciones son un bálsamo para mi alma.

Mi más sincero agradecimiento a Dennis, mi compañera y apoyo fundamental. Su generosidad, tanto económica como emocional, ha sido esencial para la realización de esta tesis. En los momentos más difíciles, su amor y confianza me han dado la fuerza para seguir adelante. Extiendo mi gratitud a sus hijos, por su cariño y por compartir conmigo su hogar y su vida.

A Tania y Gabriela, mis cómplices de aventuras y desventuras académicas. Gracias por los desayunos y comidas infinitas que pasamos, aquellas noches de estudio, estrés, coraje, felicidad, tristeza y de chismes gracias por recordarme que la vida es mejor con amigas como ustedes, superamos desafíos, celebramos logros y construimos recuerdos que atesoraré por siempre. Su amistad ha sido y siempre será una bendición.

Agradecimiento

En este momento de culminación, mi corazón se desborda de gratitud hacia todas aquellas personas que, de una u otra forma, hicieron posible la realización de esta tesis. En primer lugar, elevo mi mirada al cielo para agradecer a Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza. Sin su guía y bendiciones, este logro no hubiera sido posible. Gracias por iluminar mi camino y por darme la perseverancia necesaria para superar cada obstáculo.

A mis amados padres, Jorge Sarrazaga Candelero y Sandra Ramon Velueta, les debo todo su amor incondicional, sus sacrificios y su constante apoyo que han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por creer en mí, por impulsarme a alcanzar mis sueños y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Cada logro que obtengo es un reflejo de su amor y entrega.

A mi querido hermano, Elimelec gracias por tu amistad, tu apoyo y tus palabras de aliento. Contar contigo ha sido un regalo invaluable. Agradezco cada momento compartido y tu presencia constante en mi vida. A mis abuelos, Lili, Antonio Carmen, cuyo amor y sabiduría han sido un faro en mi vida. Gracias por sus consejos, sus historias y por el legado de valores que me han transmitido. A mis tíos, gracias por su cariño, sus consejos y por ser parte de mi familia. Agradezco cada sonrisa, cada abrazo y cada palabra de aliento. A mis primos, gracias por su amistad y por los momentos inolvidables que hemos compartido. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis asesores, la Dra. Areli Carrera Lanestosa y el Dr. Jesús Alfredo Araujo León, por su invaluable guía, paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para la culminación de este proyecto. Asimismo, agradezco profundamente al Dr. Pedro García Alamilla por sus valiosas correcciones y apoyo, que contribuyeron significativamente a la calidad final de este trabajo. Deseo expresar mi sincero agradecimiento a las Dras. Fanny, Aydee y Diana por su valiosa mentoría y orientación durante el desarrollo de esta tesis. Finalmente, me agradezco a mí mismo por la dedicación, el esfuerzo y la perseverancia que invertí en este proyecto. Cada hora de estudio, cada noche de desvelo y cada sacrificio valieron la pena.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 Características botánicas del <i>A. cruentus</i>	2
2.1.1 Hojas y flores.....	2
2.2 Hábitat y distribución geográfica del <i>A. cruentus</i>	2
2.3 Usos tradicionales del cultivo de <i>A. cruentus</i>	3
2.4 Composición nutrimental del <i>A. cruentus</i>	3
2.4.1 Proteínas	3
2.4.2 Carbohidratos.....	4
2.4.3 Fibra	4
2.4.4 Lípidos	4
2.5 Usos culinarios y dietéticos del <i>A. cruentus</i>	5
2.6 Compuestos bioactivos del <i>A. cruentus</i>	5
2.6.1 Actividad antioxidante	5
2.6.2 Actividad antidiabética.....	6
2.7 Alimento funcional.....	6
III. JUSTIFICACIÓN.....	9
IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	10
V. HIPÓTESIS.....	11
VI. OBJETIVOS.....	12
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	13
7.1 Recolección de las muestras	13
7.2 Obtención de los extractos	13
7.3 Determinación de la capacidad antioxidante por radical DPPH	13
7.4 Determinación de la capacidad antioxidante por radical ABTS	14
7.5 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -amilasa	14
7.6 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -glucosidasa	15
7.7 Diseño experimental y análisis estadístico	16
VIII. RESULTADOS	17
8.1 Determinación de la capacidad antioxidante por radical DPPH	17
8.2 Determinación de la capacidad antioxidante por radical ABTS	18
8.3 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -amilasa	19
8.4 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -glucosidasa	20

IX. DISCUSIÓN	21
9.1 Determinación de la capacidad antioxidante por radical DPPH	21
9.2 Determinación de la capacidad antioxidante por radical ABTS	21
9.3 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -amilasa	22
9.4 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -glucosidasa	23
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
XI. REFERENCIAS CITADAS	26
ANEXOS	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Estudios realizados con diversas especies de	
1.	<i>Amaranthus</i>	9
Tabla	Tratamientos empleados para la evaluación de las actividades biológicas en	
2.	extractos metanólicos de hojas e inflorescencia de <i>A. cruentus</i>	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Porcentaje de captura del radical DPPH en extractos hidroalcohólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de <i>A. cruentus</i> . ^{A-H} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-f} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).....	19
Figura 2.	Porcentaje de captura del radical ABTS en extractos hidroalcohólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de <i>A. cruentus</i> . ^{A-H} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-h} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).....	20
Figura 3.	Porcentaje de inhibición de la enzima α -amilasa en extractos hidroalcohólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de <i>A. cruentus</i> . ^{A-E} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-d} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).....	21
Figura 4.	Porcentaje de inhibición de la enzima α -glucosidasa en extractos hidroalcohólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de <i>A. cruentus</i> . ^{A-E} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-d} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).....	22

EVALUACIÓN BIOACTIVA DE EXTRACTOS DE HOJAS E INFLORESCENCIAS DE AMARANTO ROJO (*Amaranthus cruentus*) CULTIVADOS EN VALLADOLID, YUCATÁN

RESUMEN

El amaranto rojo (*Amaranthus cruentus* L) no es un cultivo contemporáneo, fue descubierto en México hace unos 500 años A.C. En Estados Unidos de América se le ha considerado como un nuevo cultivo, debido a las técnicas empleadas en la agricultura moderna. El *A. cruentus* tiene efectos benéficos a la salud, por su efecto antioxidante, antibacteriano, antidiabético, entre otros. Se determinó la capacidad antioxidante de extractos liofilizados de hojas (AH) e inflorescencias (AI) de 10 accesiones de *A. cruentus* por medio de ensayos antioxidantes *in vitro* 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) y 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS), así como su capacidad inhibitoria de enzimas amilolíticas con técnicas espectrofotométricas (α -amilasa y α -glucosidasa). La capacidad antioxidante por DPPH fue mayor en los extractos de hojas en comparación con las inflorescencias; con capacidades antioxidantes de 78.04, 72.17 y 63.08% para extractos AH3, AH4 y AH10, respectivamente y de 61.25, 54.05 y 49.88% para los extractos AH4, AH10 Y AH8, respectivamente en el ensayo ABTS. En cuanto a la inhibición de las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa, los mayores resultados obtenidos fueron en los extractos de hojas; con porcentajes de inhibición para α -amilasa de 85.86, 82.64 y 80.20% para AH6, AH4 y AH2, y 65.9, 65.5 y 64.6 % de para los extractos de AH4, AH9 y AH6, respectivamente en el ensayo de inhibición de la α -glucosidasa. Con los resultados encontrados, muestran que las accesiones cultivadas en Yucatán, México; podrían ser una fuente natural alternativa de compuestos bioactivos que puedan ser utilizados en la industria alimentaria.

Palabras claves: *A. Cruentus*, DPPH, ABTS, α -amilasa y α -glucosidasa.

BIOACTIVE EVALUATION OF LEAF AND INFLORESCENCE EXTRACTS OF RED AMARANTH (*Amaranthus cruentus*) CULTIVATED IN VALLADOLID, YUCATAN

ABSTRACT

Red amaranth (*Amaranthus cruentus* L) is not a contemporary crop, it was discovered in Mexico about 500 years ago B.C. In the United States of America it has been considered a new crop, due to the techniques used in modern agriculture. *A. cruentus* has beneficial effects on health, due to its antioxidant, antibacterial, antidiabetic effect, among others. The antioxidant capacity of lyophilized extracts of leaves (AH) and inflorescences (AI) of 10 accessions of *A. cruentus* was determined by means of in vitro antioxidant assays 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS), as well as their inhibitory capacity of amylolytic enzymes with spectrophotometric techniques (α -amylase and α -glucosidase). The antioxidant capacity by DPPH was higher in the leaf extracts compared to the inflorescences; with antioxidant capacities of 78.04, 72.17 and 63.08% for extracts AH3, AH4 and AH10, respectively and 61.25, 54.05 and 49.88% for extracts AH4, AH10 and AH20. AH8, respectively in the ABTS assay. Regarding the inhibition of the enzymes α -amylase and α -glucosidase, the highest results obtained were in the leaf extracts; with inhibition percentages for α -amylase of 85.86, 82.64 and 80.20% for AH6, AH4 and AH2, and 65.9, 65.5 and 64.6 % for the extracts of AH4, AH9 and AH6, respectively in the α -glucosidase inhibition assay. With the results found, they show that the accessions cultivated in Yucatan, Mexico; could be an alternative natural source of bioactive compounds that can be used in the cosmetic, pharmaceutical and food industries.

Keywords: *A. cruentus*, DPPH, ABTS, α -amylase and α -glucosidase.

I. INTRODUCCIÓN

La biodiversidad de México es una riqueza invaluable que alberga una gran variedad de plantas con propiedades nutricionales y medicinales significativas. La familia *Amaranthaceae* tiene más de 250 especies, de las cuales únicamente tres son comestibles como grano (*Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypochondriacus*) (Carrillo-Terán et al., 2015).

Las especies de amaranto, como *A. hybridus*, *A. cruentus* y *A. caudatus*, poseen propiedades potencialmente relevantes en ámbitos nutricionales, bioquímicos, biotecnológicos o industriales, aunque han sido poco estudiadas hasta ahora (Mapes- Sánchez, 2015).

El amaranto rojo (*Amaranthus cruentus* L.) se ha destacado como una fuente potencial de compuestos bioactivos con beneficios para la salud humana. Este cultivo, ampliamente distribuido en el sureste de México, posee características inigualables que lo hacen meritorio en los estudios del campo, la biotecnología y la investigación en salud (Mapes- Sánchez, 2015). Es uno de los pseudocereales más importantes en la soberanía alimentaria por sus propiedades nutricionales, además de que posee una alta concentración de proteínas, las cuales son consideradas de un alto valor nutricional por contener aminoácidos esenciales como la lisina, el triptófano y la metionina (Carrillo-Terán et al., 2015).

En las culturas Mayas, Aztecas e Incas, el cultivo del amaranto era de gran importancia, debido a que se empleaba como ingrediente principal para las bebidas de los rituales religiosos. Cuando los españoles llegaron a México y conquistaron gran parte de su territorio, el uso de esta planta fue pasando poco a poco al olvido. Sin embargo, en los últimos años con la popularidad del consumo de los cereales, el pseudocereal *A. cruentus* ha incrementado nuevamente su consumo por sus características nutricionales y funcionales, por su amplia variabilidad genética y alta capacidad adaptativa a diferentes tipos de suelos y hábitats agro-climáticos (Carrillo-Terán et al., 2015).

Por lo anterior el objetivo de esta investigación es determinar la capacidad antioxidante por medio de ensayos antioxidantes *in vitro* de radicales libres como ABTS Y DPPH y la actividad antidiabética por medio de las técnicas enzimáticas α -amilasa y α -glucosidasa, sobre 10 accesiones de *A. cruentus*, recolectadas en Valladolid, Yucatán; para conocer el potencial antioxidante y antidiabético de sus hojas y sus inflorescencias en cultivos con ambientes extremos como es el caso de la península de Yucatán.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Características botánicas del *A. cruentus*

La especie *A. cruentus* tiene una antigüedad de 4000 años, y sus semillas fueron halladas en grietas de la cueva de Coxcatlán, en Tehuacán, Puebla. Las muestras arqueobotánicas de *A. hypochondriacus* son de 500 años antes del descubrimiento de América. Todos los amarantos encontrados en la cueva de Coxcatlán presentan semillas blancas, una característica de los amarantos cultivados como semillas de grano y sujetos a una cuidadosa selección para el color de las semillas. Las de color oscuro son universales entre las razas modernas de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, que crecen como plantas tintóreas, verduras y ornamentales, y entre otras especies que son silvestres y malezas. En La Quemada, Zacatecas, se han podido identificar restos de maíz, frijol, calabaza, maguey, nopal y chile, y también se han encontrado plantas de los géneros *Chenopodium* y *Amaranthus*, aunque no puede precisarse si crecían silvestres o se cultivaban (Espitia- Rangel et al., 2010).

2.1.1 Hojas y flores

El *A. cruentus* es una planta con un alto valor nutritivo. Tanto las hojas como los granos contienen una gran cantidad de proteínas, fibra dietética, minerales y vitaminas, la FAO lo considera un cultivo con la misma cantidad de nutrientes que la soya. Sin embargo, el rendimiento del amaranto es relativamente bajo. En promedio, se producen de 1 a 3 toneladas de grano por hectárea. Esto se debe a la falta de recursos para un manejo agronómico adecuado. Además, el *A. cruentus* es susceptible a plagas y enfermedades, lo que puede causar grandes pérdidas económicas a los productores. Es probable que estos factores sean los que impiden que el amaranto sea considerado un producto básico y estratégico. Para aumentar su producción y consumo, es necesario mejorar el manejo agronómico del amaranto y desarrollar estrategias para controlar las plagas y enfermedades (Matías-Luis et al., 2018).

2.2 Hábitat y distribución geográfica del *A. cruentus*

En América, se encuentra desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de Chile. En México, se encuentra en todo el territorio, desde el nivel del mar hasta los 2,500 metros de altitud. En México, *A. cruentus* es una planta común en áreas perturbadas, como campos cultivados, bordes de caminos y pastizales. También se encuentra en áreas naturales, como bosques.

Es una planta resistente que puede crecer en una variedad de condiciones ambientales. Se puede encontrar en campos cultivados, bordes de caminos, pastizales y bosques. Esta planta es común

en áreas perturbadas, donde puede propagarse rápidamente. En México, se encuentra principalmente en áreas agrícolas, pero también se puede encontrar en áreas naturales. En general, es una planta adaptable que se encuentra en una amplia gama de hábitats en todo el mundo (Espitia-Rangel et al., 2010).

2.3 Usos tradicionales del cultivo de *A. cruentus*

El *A. cruentus* se puede consumir o usar en otros productos. Su uso principal es como alimento, ya que sus semillas se pueden moler para hacer harina. Esta harina se puede usar para preparar una variedad de alimentos, como pan, atole, agua de sabor, tortillas y dulces. Las hojas del amaranto también se pueden comer, crudas o cocidas. El amaranto también se puede usar como alimento para el ganado. La planta entera se puede dar a los animales para que la coman (Matías-Luis et al., 2018).

Las semillas de *A. cruentus* también se pueden usar para hacer artesanías. Se pueden usar para hacer conglomerados con pegamentos transparentes. En algunos lugares, el amaranto se usa como adorno simbólico en algunas celebraciones religiosas. La planta tiene una característica particular: su grano es de baja densidad. Esto lo hace ideal para los astronautas, ya que les permite llevar más alimento en menos peso. Su relación peso- volumen es interesante porque permite que el rendimiento se conserve e incluso se mejoren algunas características al momento de obtener harinas (Matías-Luis et al., 2018).

2.4 Composición nutrimental del *A. cruentus*

El *A. cruentus* es un alimento nutritivo que contiene una buena cantidad de macronutrientes, que son los nutrientes que el cuerpo necesita en grandes cantidades (Terán et al., 2015).

2.4.1 Proteínas

El *A. cruentus* es un pseudocereal con un alto valor nutricional, ya que contiene un 15-17% de proteínas, que son de excelente calidad. Las proteínas del amaranto están compuestas principalmente por albúminas, que representan alrededor del 50%, seguidas por las glutelinas (22-42%), globulinas (14-18%) y prolaminas (1-3%) (Terán et al., 2015).

Las proteínas del amaranto tienen algunas actividades biológicas beneficiosas, como la disminución del colesterol. Un estudio realizado por demostró que la ingesta de semillas o extrudidos de *A. cruentus* puede reducir el colesterol en sangre (González-Rivera et al., 2015b). Las pequeñas semillas contienen niveles considerables de proteínas de alta calidad (ricas en lisina) y niveles bajos de ácidos grasos saturados en su fracción oleosa, lo que les hace ganar espacio en los lineales de las tiendas naturistas. Además de su valor nutricional, el grano de

amaranto tiene un potencial hipocolesterolémico (González-Rivera et al., 2015b).

2.4.2 Carbohidratos

El grano de *A. cruentus* es un pseudocereal, por lo que su composición química (proteínas, lípidos, carbohidratos y minerales) se asemeja a la de los cereales. El grano de amaranto se caracteriza por su alto contenido de proteínas (12-18%) y lípidos (6-9%). También contiene fibra, minerales importantes (calcio, fósforo, hierro y zinc) y vitaminas (A, B, C y E). Además, contiene tocotrienoles (inhibidores de la síntesis de colesterol) y escualeno. El grano de amaranto contiene más fósforo, potasio y calcio que los cereales, aunque el contenido de vitaminas es similar (Rastogi & Shukla, 2013).

2.4.3 Fibra

El *A. cruentus* es una fuente rica de fibra, que es un nutriente esencial para la salud humana. La fibra juega un papel importante en la digestión, la salud intestinal, el control del peso y la prevención de enfermedades crónicas, como las enfermedades cardíacas, la diabetes y el cáncer (Carrillo-Terán et al., 2015).

El amaranto contiene de 8 a 16% de fibra dietética, de la cual el 33 a 44% es fibra soluble. La fibra soluble se disuelve en agua y forma un gel que puede ayudar a regular el azúcar en la sangre, reducir el colesterol y promover la salud intestinal (Belton & Taylor 2002; Lamothe et al., 2015).

La fibra insoluble del amaranto está compuesta principalmente de glucosa, arabinosa, xilosa, rafinosa, manosa y fructosa. La fibra insoluble no se disuelve en agua, pero ayuda a mantener el movimiento intestinal regular y a prevenir el estreñimiento. El *A. cruentus* también contiene alrededor del 5% de lignina, que es un tipo de fibra insoluble que puede ayudar a reducir el riesgo de cáncer (Han & Baik, 2008).

2.4.4 Lípidos

Los ácidos grasos, componentes esenciales de las membranas celulares, hormonas y transportadores, juegan un papel crucial en nuestra salud. En particular, los ácidos grasos monoinsaturados (como el oleico, linoleico y linolénico) presentes en los granos andinos son indispensables para nuestro organismo, ya que no podemos producirlos por nosotros mismos. Estos lípidos contribuyen a disminuir el envejecimiento y el riesgo de enfermedades cardiovasculares, al reducir los niveles de colesterol y la presión arterial, además de ejercer efectos antiinflamatorios y antitumorales. Diversos estudios han cuantificado el contenido de estos

ácidos grasos en el amaranto, la quinua y el tarwi, destacando su importancia nutricional (Trino et al., 2017)

Las semillas de amaranto contienen un 5.7-9% de lípidos, la composición beneficiosa de los lípidos de las semillas de amaranto es una de las principales causas del buen valor nutricional y saludable de esta planta. La fracción lipídica contiene sobre todo ácidos grasos insaturados que oscilan entre el 67% y el 80%. La proporción de ácidos grasos saturados, la proporción entre ácidos grasos saturados e insaturados oscila entre 0.2 y 0.5. Entre los ácidos grasos, el dominante es el ácido linoleico (Wolosik, 2019).

2.5 Usos culinarios y dietéticos del *A. cruentus*

El *A. cruentus* es un alimento que ha recibido mucha atención en los últimos años. Se ha estudiado por sus propiedades, usos potenciales y formas recomendadas de consumo. El *A. cruentus* tiene dos tipos de almidón: aglutinante y no aglutinante. El almidón aglutinante, que es el que se usa en la industria panadera, también se encuentra en cereales como el arroz, el maíz, la cebada, el sorgo y el mijo. El *A. cruentus* por lo tanto, podría usarse en la industria panadera. Además, el amaranto también podría usarse en la elaboración de otros productos alimenticios, como bebidas, postres y platos salados. En las bebidas, el amaranto podría usarse para hacer malteadas, jugos o smoothies. En los postres, podría usarse para hacer galletas, pasteles o helados. En los platos salados, podría usarse para hacer sopas, guisos o ensaladas (Aguilera-Cauich et al., 2020).

2.6 Compuestos bioactivos del *A. cruentus*

2.6.1 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia de prevenir o retardar la oxidación de otras sustancias (Halliwell et al., 1995). Los antioxidantes son compuestos que pueden donar electrones o átomos de hidrógeno a los radicales libres, lo que ayuda a detener su reacción en cadena. Los antioxidantes se encuentran de forma natural en las frutas, verduras y granos. La vitamina C, la vitamina E y los compuestos fenólicos son algunos de los antioxidantes más comunes.

Los compuestos fenólicos son un grupo de compuestos que se encuentran de forma natural en las frutas, verduras y granos. Son los principales contribuyentes a la actividad antioxidante de estos alimentos, es decir, a su capacidad de proteger las células del daño causado por los radicales libres. Los radicales libres son moléculas inestables que pueden causar daño celular. Se producen de forma natural en el cuerpo, pero también pueden provenir de factores ambientales

como la contaminación, el tabaco y la radiación ultravioleta (Han & Baik, 2008).

2.6.2 Actividad antidiabética

La Diabetes Mellitus (DM) tipo 2, es un desorden metabólico caracterizado por un estado crónico de hiperglucemia debido a varios defectos fundamentales, como un defecto en la secreción de la hormona insulina producida por las células β del páncreas, así como la resistencia de esta hormona en el músculo y el hígado. La esperanza de vida de las personas con esta enfermedad se reduce entre 5 y 10 años. Si la DM no se atiende de manera oportuna puede ocasionar daños y complicaciones graves a la salud como infarto agudo al miocardio, nefropatía diabética, retinopatía, neuropatías, hasta amputación de extremidades inferiores y muerte prematura (Velarde-Salcedo, 2015).

Se sabe que los inhibidores de la α -amilasa salivar y pancreática bloquean la hidrólisis de los almidones complejos a oligosacáridos, evitando que la glucosa presente en el almidón pueda ser absorbida por el cuerpo humano. Además, los inhibidores de la α -glucosidasa bloquean la hidrólisis de di-, tri-, y oligosacáridos a glucosa en el intestino delgado. Por lo tanto, la inhibición de ambas enzimas disminuye la velocidad de digestión de los carbohidratos y, como resultado, se disminuye el transporte y la absorción de glucosa hacia la circulación sistémica (Velarde-Salcedo, 2015). Debido a su alta prevalencia en países industrializados, la prevención, tratamiento y control de la DM se ha convertido en una prioridad en los sistemas de salud a nivel mundial, tan solo en México existen un porcentaje alto de DM, ocupando el sexto lugar a nivel mundial. Para disminuir cifras de DM, la población consume plantas naturales para evitar efectos adversos a largo plazo. En los últimos veinte años el *A. cruentus* ha resurgido como un cultivo alternativo por su rápido crecimiento, bajos costos de producción, alto valor nutricional. Además, la semilla del amaranto es rica en ácido linoleico, escualeno y otros aceites esenciales y contiene compuestos antioxidantes como el tocoferol. En un estudio realizado con ratas diabéticas suplementadas con amaranto, se redujo la actividad de la DPPIV a un nivel intermedio entre el grupo diabético control y los grupos normoglucémicos; mostrando con estos resultados que el *A. cruentus* muestra un efecto protector debido a su efecto antihiperglucemiante (Velarde-Salcedo, 2015).

2.7 Alimento funcional

El *A. cruentus* es un pseudocereal que se puede usar en una variedad de productos alimenticios. Es una buena fuente de proteínas, carbohidratos, fibra dietética y otros nutrientes importantes. En el pan, el amaranto puede sustituir hasta el 10% de la harina de trigo sin afectar la textura o el

sabor. De hecho, el pan que contiene amaranto se ha descrito como que tiene un sabor similar al de la nuez. Además del pan, el amaranto se puede usar en una gran variedad de otros productos, como sopas, panqués, cereales para el desayuno, bollos, crepas, tostadas, tortillas, fritos, galletas, empanadas, pastas, botanas, bebidas y confitería. El amaranto es una opción saludable para personas de todas las edades. Es una buena fuente de proteínas, que son necesarias para la construcción y reparación de los tejidos del cuerpo. También es una buena fuente de carbohidratos, que son la principal fuente de energía del cuerpo. Además, el amaranto es una buena fuente de fibra dietética, que es importante para la salud digestiva y diversos antioxidantes como compuestos y ácidos fenólicos (Matías-Luis et al., 2018). En la Tabla 1 se muestran diversos estudios realizados en especies *Amaranthus*.

Tabla 1. Estudios realizados con diversas especies de *Amaranthus*

Autores	Parte de la planta utilizada	Tipo de extractos	Actividad biológica	Resultados
(Pulipati et al., 2017).	Hojas de <i>A.s tricolor</i> L.	Extractos metanólicos y acuosos	DPPH	Extractos metanólicos 300 µg/mL: 51.55 % 400 µg/mL: 57.34 % 500 µg/mL: 63.92 % Extractos acuosos 300 µg/mL: 15.52 % 400 µg/mL: 19.61 % 500 µg/mL: 23.37 %
(Showkat et al., 2020)	Hojas de <i>A. caudatus</i>	Extractos acuosos	α-amilasa α-glucosidasa	500 µg/mL: 48.48 % 600 µg/mL: 53.03 %
(Conforti et al., 2005)	Semillas de 2 variedades de <i>A. caudatus</i> (Oscar blanco y Victor red)	Extractos metanólicos 1000 µg/mL	α-amilasa	Oscar blanco 94.71% Victor red: 95.12%
(Chung et al., 2014)	Semillas de <i>Amaranthus spp</i>	Extractos acuosos y metanólicos	ABTS	Extractos metanólicos 100 µg/mL: 7% 250 µg/mL: 11% Extractos acuosos 100 µg/mL: 8.6 % 250 µg/mL: 9.5%
(Nkobile et al., 2021)	Hojas de <i>A. cruentus</i> salvajes y cultivados	Extractos metanólicos 1000 µg/mL	α-amilasa y α-glucosidasa	α-amilasa (salvajes) 31.62 % α-glucosidasa (salvajes) 78.12 % (cultivados) 77.40 %
(Jayanetti et al., 2014)	Hojas de <i>A. viridis</i>	Extractos metanólicos 1000 µg/mL	α-amilasa α-glucosidasa	α-amilasa 39 % α-glucosidasa 35 %
(Muñiz Marquez et al., 2013)	Hojas de <i>A. hybridus</i> L.	Extractos etanólicos 1000 µg/mL	DPPH ABTS	10.16 % 14.96 %
(Baghani & Eshaghi, 2019).	Nanopartículas de planta sintetizadas a partir de semillas de <i>A. cruentus</i>	Extractos etanólicos 1000 µg/mL	DPPH ABTS	66.37 % 54.4 %

III. JUSTIFICACIÓN

El amaranto es un alimento que ha sido domesticado y cultivado desde la época prehispánica. Sus propiedades lo han posicionado como un superalimento, destacándose por su elevado contenido de proteínas y minerales en comparación con cultivos como el maíz y el sorgo. La especie *A. hypochondriacus*, es originaria de México, y es la que mejor se ha comercializado gracias a su alta producción de grano y su amplia distribución.

La especie *A. palmeri* es una especie invasora que destaca por su notable resistencia a condiciones extremas, e incluso a herbicidas. Las especies de amaranto, como *A. hybridus*, *A. cruentus* y *A. caudatus*, poseen propiedades potencialmente relevantes en ámbitos nutricionales, bioquímicos, biotecnológicos o industriales, aunque han sido poco estudiadas hasta ahora.

El amaranto rojo (*A. cruentus* L.) se destaca como una valiosa fuente de compuestos bioactivos con efectos beneficiosos para la salud humana. Es un pseudocereal clave para la soberanía alimentaria, resalta por su notable valor nutricional, especialmente por su alto contenido proteico, que incluye aminoácidos esenciales como lisina, triptófano y metionina, los cuales son fundamentales para la nutrición humana.

Los metabolitos secundarios del *A. cruentus* han captado el interés científico debido a sus efectos farmacológicos, que incluyen propiedades antiinflamatorias, antidiabéticas, antioxidantes, reguladoras de la presión arterial y de apoyo en el tratamiento de la obesidad. Por ello, el amaranto se ha reconocido como una fuente potencial de compuestos beneficiosos para la salud, especialmente frente a enfermedades que representan un desafío importante tanto a nivel mundial como nacional.

Por lo anterior el objetivo de esta investigación es determinar la capacidad antioxidante por medio de ensayos antioxidantes *in vitro* de radicales libres como ABTS Y DPPH y la actividad antidiabética por medio de las técnicas enzimáticas α -amilasa y α -glucosidasa, sobre 10 accesiones de *A. cruentus*, cultivados en Valladolid, Yucatán; para conocer el potencial antioxidante y antidiabético de sus hojas y sus inflorescencias en cultivos con ambientes extremos como es el caso de la península de Yucatán

IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Los extractos metanólicos de las hojas del amaranto rojo (*A. cruentus*) presentan mayor actividad antioxidante y antidiabética en comparación con los extractos obtenidos de sus inflorescencias?

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

V. HIPÓTESIS

Los extractos metanólicos de hojas de amaranto rojo (*A. cruentus*) mostrarán buen efecto antioxidante y antidiabético en comparación con los extractos de inflorescencias.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

VI. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar la biofuncionalidad de hojas e inflorescencia de 10 accesiones de amaranto rojo (*A. cruentus* L.), cultivados en Valladolid, Yucatán.

Objetivos específicos

- Determinar la actividad antioxidante de 10 accesiones de *A. cruentus* L por medio de las técnicas espectrofotométricas (ABTS y DPPH).
- Determinar la actividad antidiabética por medio del ensayo inhibición de las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Recolección de las muestras

Las hojas e inflorescencias de 10 accesiones de *A. cruentus* se recolectaron en la ciudad de Valladolid, Yucatán, durante los meses de enero y febrero de 2024. Se transportaron al Laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco a una temperatura de 4-5°C. El material vegetativo se secó por convección en una estufa de bandejas Harvest Saber (R5A-USA), durante tres días a una temperatura de 70 °C. Posteriormente, se molió en un molino de martillo y se tamizó en una malla de acero inoxidable de N° 60 (apertura de 0.250 mm).

7.2 Obtención de los extractos

Los extractos se prepararon a partir de las muestras de hojas e inflorescencias pulverizadas de *A. cruentus* solubilizándola 10 g con 150 mL de metanol absoluto. Una vez realizada la mezcla se evaporó en un rotavapor hasta que se eliminara por completo el metanol (MeOH), fue congelado y liofilizado a -46°C con una presión de 0.046 mbar en una liofilizadora (Freezemobile virTis sentry 2.0 25 ES, EUA). Las muestras liofilizadas fueron guardadas en recipientes color ámbar en refrigeración (4°C) para su posterior análisis (Araujo-León et al., 2023). Los polvos liofilizados fueron resuspendidos en agua desionizada y alcohol etílico absoluto según el tipo de extracto. La concentración realizada fue de 40 mg de polvo de hoja e inflorescencia en 40 mL de metanol, quedando una concentración de 1 mg/mL.

7.3 Determinación de la capacidad antioxidante por radical DPPH

Para determinar la capacidad de captación de radicales libres de los extractos se empleó la metodología propuesta por Shimada et al. (1992), la cual consiste en emplear el radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH). De cada accesión, se tomaron alícuotas 150 µL y se mezclaron con 1,350 µL de DPPH (0.1 mM en etanol). Las mezclas se agitaron en vortex por 20 s y se dejaron reaccionar durante 30 min a temperatura ambiente protegidos de la luz. Una vez concluida la reacción se determinó la absorbancia en un espectro Thermo Scientific Evolution 220 UV-VIS a una longitud de onda de 517 nm. Como control positivo se utilizó la vitamina C. Todos los análisis de los extractos se realizaron por triplicado.

El porcentaje de captación de radicales DPPH se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Captación radicales} = [(AC - AE)/AC] \times 100$$

Dónde:

AC es la absorbancia del control

AE es la absorbancia en presencia del extracto.

7.4 Determinación de la capacidad antioxidante por radical ABTS

Se determinó de acuerdo con el método de Pukalskas et al. (2002). Se preparó una solución stock de radical catión 2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico (ABTS), disolviéndola 54.8 mg de ABTS (2 mM) en 50 mL de buffer salino de fosfatos (PBS 0.01 M, pH 7.4). El radical catión ABTS^{•+} se originó al reaccionar 10 mL de la solución stock de ABTS con 40 µL de K₂S₄O₈ al 70 mM preparado 16 -17 h antes de su uso. Para estudiar los compuestos antioxidantes, se diluyó 7 mL del radical ABTS^{•+} en 52 mL de buffer PBS hasta alcanzar una absorbancia de 0.8 ± 0.030 medida a una longitud de onda de 734 nm.

El porcentaje de inhibición de la muestra (%I_M) se calculó utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\%I_M = [(AB - AM)/AB] \times 100$$

Dónde:

AB= Absorbancia del blanco a tiempo cero.

AM = Absorbancia de la muestra después de 6 min

7.5 Ensayo de inhibición de la actividad de la α-amilasa

Para determinar la actividad de la α-amilasa *in vitro* de los extractos se empleó la metodología reportada por Dineshkumar et al. (2010), basada en la inhibición de la α-amilasa. Se adicionaron en tubos 200 µL de una disolución de almidón al 10 % (Maizena®) e incubaron en un baño María VWR® Heating circulator modelo 1130-2S a 100 °C por 5 min y posteriormente se incubaron 37 °C por 5 min. Se agregaron 200 µL de Dimetil Sulfóxido (DMSO) al 50%, 200 µL de los extractos a una concentración de 1 mg/mL, 200 µL de α-amilasa pancreática porcina (2 U/MI), 100 µL de amortiguador (Tris-HCl 0.5 M, cloruro de sodio 0.01 M, pH 6.9), 500 µL de 3,5-dinitrosalicilato (DNS) al 0.1%. Las mezclas se dejaron reaccionar por 10 min a 100 °C y se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 15 min. Las absorbancias de las mezclas se determinaron en un espectro Thermo Scientific Evolution 22 UV-VIS a una longitud de onda de 540 nm. Como control positivo se utilizó el medicamento acarbosa a una concentración de 0.64 mg/mL. Todos los análisis de los extractos se realizaron por duplicado a una concentración de 1 mg/mL.

La actividad inhibitoria se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad inhibitoria de la } \alpha\text{-amilasa} = (Ac+) - (Ac-) - (As-Ab) / (Ac+) - (Ac-) \times 100$$

Dónde:

Ac+, es la absorbancia cuando la enzima actúa sin interferencia solo con sustrato

Ac-, es la absorbancia cuando la enzima no actúa sin enzima solo con sustrato.

As, es la absorbancia cuando la enzima actúa en presencia de muestra solo con sustrato

Ab, es la absorbancia del blanco, actúa con sustrato

7.6 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -glucosidasa

Se empleo la metodología reportada por Dineshkumar et al. (2010), basada en la inhibición de la α -glucosidasa. 2 U/mL de α -glucosidasa se disolvió en buffer fosfato y se incubaron por 5 min a 37 °C en un baño María VWR® Heating circulator modelo 1130-2S; una vez que se concluyó el tiempo se agregó 100 μ L de p-nitrofenil-glucopiranosido disuelto en amortiguador de fosfatos (50 mM, pH 6.8) para iniciar la reacción. La reacción se detuvo agregando 250 μ L de carbonato de sodio 1.0 M. La absorbancia de los extractos se determinó en un espectro Thermo Scientific Evolution 220 UV-VIS a una longitud de onda de 405 nm. Como control positivo se utilizó el medicamento acarbosa a una concentración de 0.45 mg/mL. Todos los análisis de los extractos, se realizó por duplicado a una concentración de 1 mg/mL

La actividad inhibitoria se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad inhibitoria de la } \alpha\text{-glucosidasa} = (Ac+) - (Ac-) - (As-Ab) / (Ac+) - (Ac-) \times 100$$

Dónde:

Ac+ es la absorbancia cuando la enzima actúa sin interferencia (disolvente con enzima). Ac-, es la absorbancia cuando la enzima no actúa (disolvente sin enzima).

As, es la absorbancia cuando la enzima actúa en presencia de muestra. Ab, es la absorbancia del blanco.

En la Tabla 2 se describen los tratamientos empleados para la evaluación de las actividades biológicas de hojas e inflorescencias de accesiones de *A. cruentus*: antioxidante (DPPH y ABTS) y antidiabéticas: (α -amilasa y α -glucosidasa).

Tabla 2. Tratamientos empleados para la evaluación de las actividades biológicas en extractos metanólicos de hojas e inflorescencia de *A. cruentus*.

Parte vegetal	Accesión	Siglas	Parte vegetal	Accesión	Siglas
Hoja	1	AH1	Inflorescencia	1	AI1
Hoja	2	AH2	Inflorescencia	2	AI2
Hoja	3	AH3	Inflorescencia	3	AI3
Hoja	4	AH4	Inflorescencia	4	AI4
Hoja	5	AH5	Inflorescencia	5	AI5
Hoja	6	AH6	Inflorescencia	6	AI6
Hoja	7	AH7	Inflorescencia	7	AI7
Hoja	8	AH8	Inflorescencia	8	AI8
Hoja	9	AH9	Inflorescencia	9	AI9
Hoja	10	AH10	Inflorescencia	10	AI10

Nota: Elaboración propia

7.7 Diseño experimental y análisis estadístico

Se llevó a cabo un diseño completamente al azar donde las variables dependientes fueron: capacidad de inhibición de radical DPPH, capacidad de inhibición de ABTS, ensayo de inhibición de α -glucosidasa y ensayo de inhibición de α -amilasa. Se aplicó un análisis de Varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias por Tuckey ($p < 0.05$) con la finalidad de establecer diferencias significativas.

VIII. RESULTADOS

8.1 Determinación de la capacidad antioxidante por radical DPPH

En la Figura 1, se observan los porcentajes de actividad antioxidante por medio de la técnica DPPH, podemos ver que los extractos de hojas de todas las accesiones evaluadas tienen una mayor actividad antioxidante que los extractos de inflorescencia. El extracto de hojas AH3, mostró una mayor actividad antioxidante (78.04%), seguido de los extractos de hojas AH4 y AH10 con porcentajes de captura de radicales libres de 72.17 y 63.08% respectivamente; existiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos ($P \leq 0.05$).

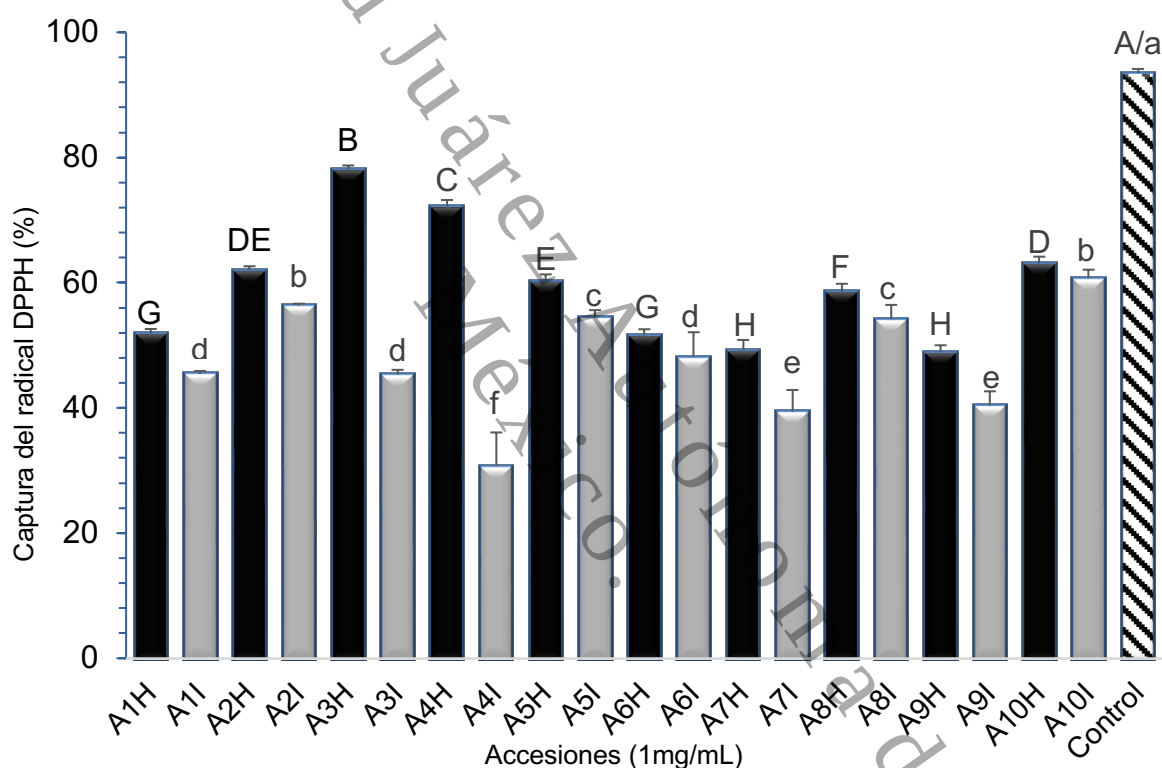


Figura 1. Porcentaje de captura del radical DPPH en extractos metanólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de *A. cruentus*. ^{A-H} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-f} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).

Con respecto a la evaluación antioxidante por DPPH de los extractos de inflorescencia, se observa que los extractos AI10 y AI2 son los que mostraron una mayor actividad antioxidante por DPPH con 60.75 y 56.38 %, respectivamente; no encontrando diferencias estadísticas entre ellos ($P \leq 0.05$), seguidos por los extractos de AI8 y AI5 con porcentajes de 54.21 y 54.52 %, respectivamente. Es importante resaltar que los extractos de la accesión 10, tanto de hojas como inflorescencias estuvieron dentro de los extractos con mayor capacidad de captura del

radical DPPH.

8.2 Determinación de la capacidad antioxidante por radical ABTS

En la Figura 2, se muestran los resultados de la evaluación de la actividad antioxidante por el método ABTS, estos resultados revelan que los extractos de hojas de todas las accesiones estudiadas poseen una mayor capacidad antioxidante en comparación con los extractos de inflorescencia. El extracto AH4 revela una mayor actividad antioxidante (61.25%), posteriormente de los extractos AH10 y AH8 con porcentajes de captura de radicales libres de 54.05% y 49.88%, respectivamente; existiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos ($P \leq 0.05$).

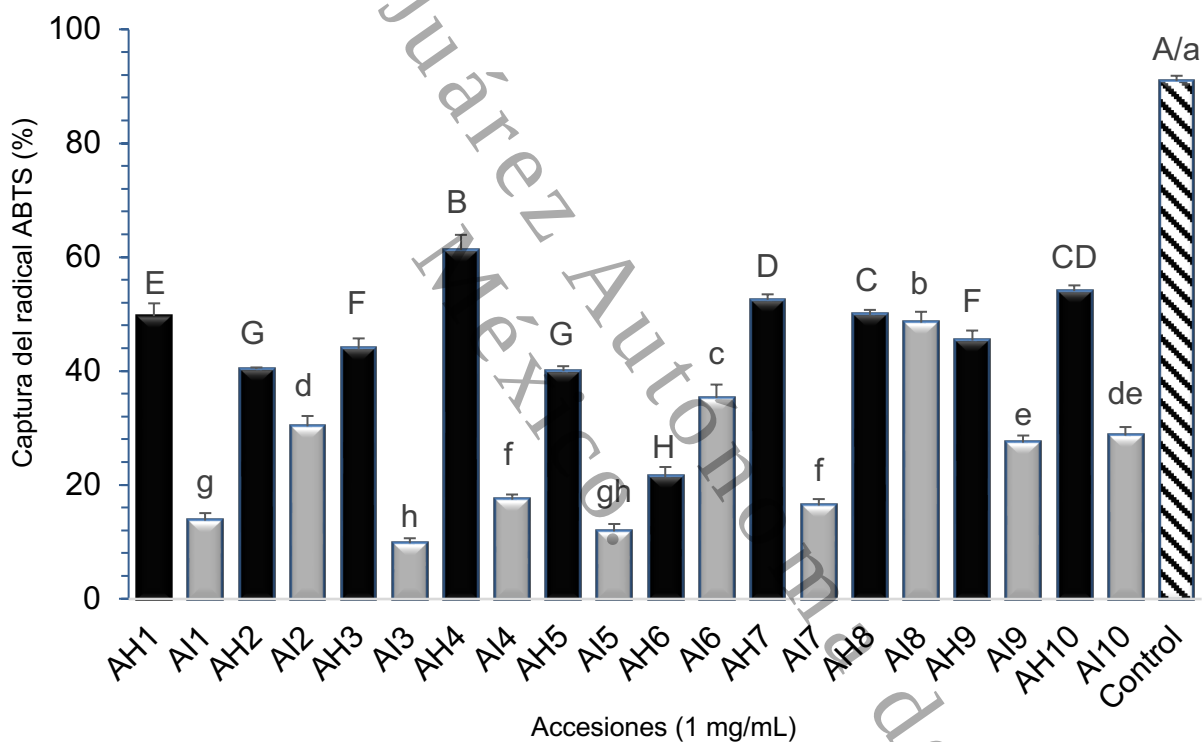


Figura 2. Porcentaje de captura del radical ABTS en extractos metanólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de *A. cruentus*. ^{A-H} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-h} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).

Con respecto a la evaluación antioxidante por ABTS de los extractos de inflorescencia, se observa que los extractos AI8 y AI6 son los que mostraron una mayor actividad antioxidante por ABTS con porcentaje, 48.51% y 35.28%, respectivamente; no encontrando diferencias estadísticas entre ellos ($P \leq 0.05$). Cabe destacar que los extractos de la accesión ocho, tanto de hojas como de inflorescencias, se ubicaron entre los que mostraron una mayor

capacidad de captura del radical ABTS.

8.3 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -amilasa

La Figura 3, muestran los resultados de la evaluación antidiabética de los extractos de *A. cruentus*, por medio de la técnica de α -amilasa *in vitro*. estos resultados revelan que los extractos de hojas de todas las accesiones estudiadas poseen una mayor capacidad antioxidante en comparación con los extractos de inflorescencia. El extracto AH6 presenta un nivel superior de inhibición de la α -amilasa con 85.86%, seguido de los extractos AH4 y AH2 con porcentajes de inhibición de 82.64% y 80.20%, respectivamente; existiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos ($P \leq 0.05$).

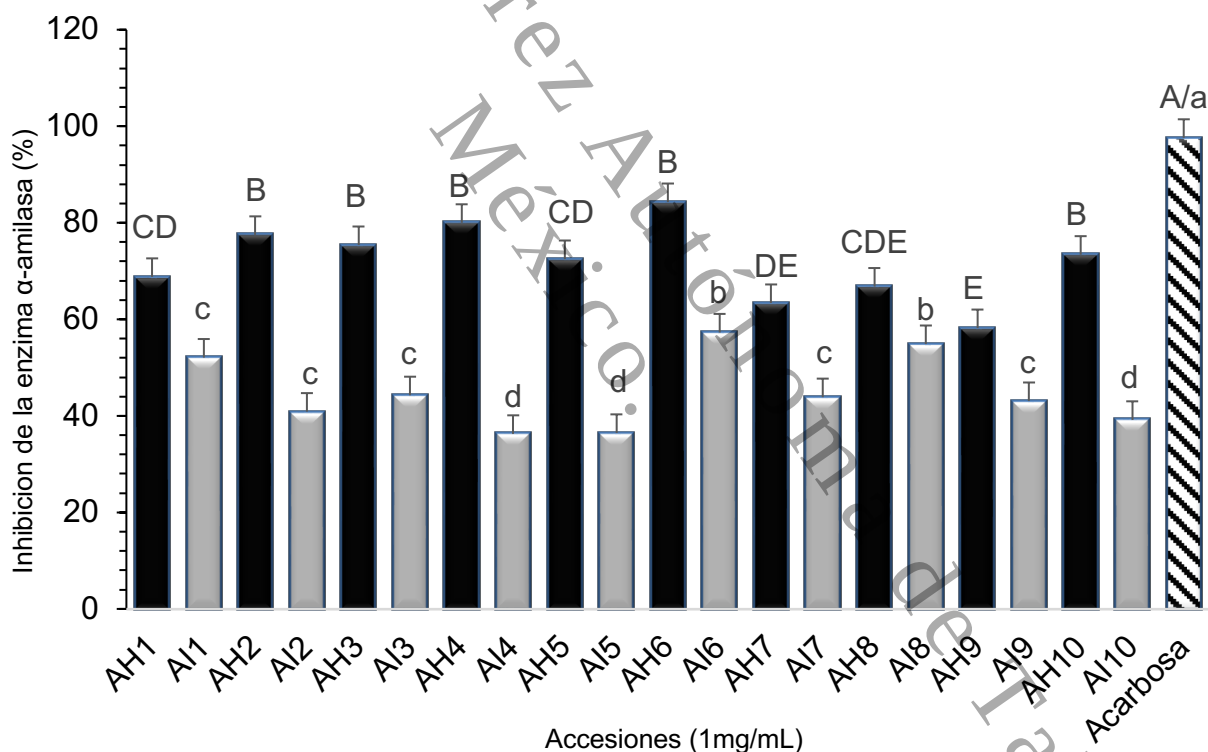


Figura 3. Porcentaje de inhibición de la enzima α -amilasa en extractos metanólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de *A. cruentus*. ^{A-E} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-d} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).

Con respecto a la evaluación de la inhibición de la α -amilasa de los extractos de inflorescencia, se observa que los extractos AI6 y AI8, son los que mostraron una mayor actividad inhibitoria con porcentaje, 48.51% y 45.28%, respectivamente; no encontrando diferencias estadísticas entre

ellos ($P \leq 0.05$), seguido por los extractos de AI1 y AI9 con porcentajes de 46.46% y 40.31%, respectivamente.

8.4 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -glucosidasa

La Figura 4 muestra mediante el ensayo de α -glucosidasa que los extractos de las hojas de todas las accesiones analizadas revelan una mayor capacidad antidiabética que los extractos de las inflorescencias. El extracto AH4 revela una mayor actividad antidiabética de 65.9%, seguido de los extractos AH9 y AH6 con porcentajes de inhibición de la enzimática de 65.5% y 64.6%, respectivamente; existiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos ($P \leq 0.05$).

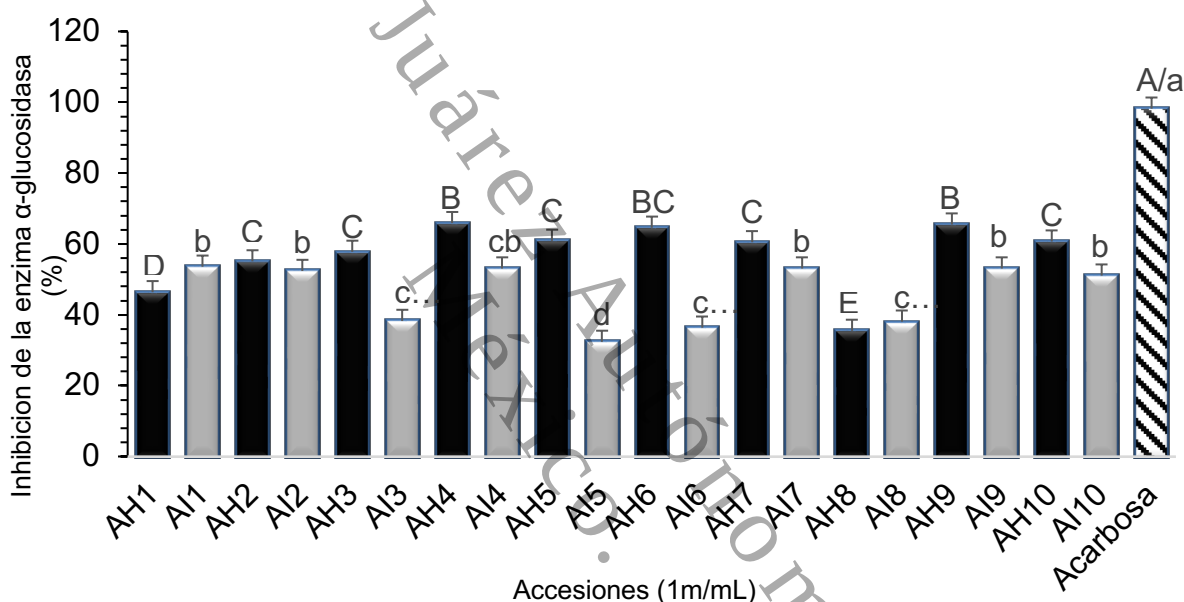


Figura 4. Porcentaje de inhibición de la enzima α -glucosidasa en extractos metanólicos de hojas e inflorescencias de accesiones de *A. cruentus*. ^{A-E} Letras mayúsculas indican diferencias estadísticas entre hojas. ^{a-d} Letras minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre inflorescencias ($P \leq 0.05$).

Con relación a la evaluación de la inhibición de la α -glucosidasa de los extractos de inflorescencia se observa que los extractos AI1 y AI4 muestran porcentajes de inhibición de 53.6 y 41.8%, seguido por los extractos AI7 y AI9 con porcentajes de 53.1% para ambos. Cabe destacar que los extractos de la accesión nueve, tanto de hojas como de inflorescencias, se ubicaron entre los que mostraron una mayor actividad antidiabética.

IX. DISCUSIÓN

9.1 Determinación de la capacidad antioxidante por radical DPPH

El estrés oxidativo se caracteriza por un estado de desequilibrio entre la presencia de prooxidantes y antioxidantes, lo que produce efectos nocivos en las moléculas y las células. El estrés oxidativo es un factor fundamental en la progresión de las enfermedades relacionadas con la edad (Jayanetti et al., 2024).

Los resultados obtenidos en el presente estudio corroboran la evidencia existente sobre el potencial antioxidante de las especies de *Amaranthus*. Al igual que Pulipati et al. (2017), nuestros hallazgos demuestran que los extractos de hojas de *A. cruentus* poseen una significativa capacidad de captura de radicales libres. Si bien, Pulipati et al. (2017) reportaron una mayor actividad antioxidante en extractos metanólicos de *A. tricolor* L. de 51.55, 57.34 y 63.92% a concentraciones crecientes de 300, 400 y 500 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. El extracto AH3 de *A. cruentus* alcanzó un porcentaje de captura de radicales libres de 78.04% a una concentración de 1000 $\mu\text{g/mL}$, con una tendencia por debajo de lo reportado por Pulipati et al. (2017). La diferencia entre estas actividades antioxidantes podría atribuirse a diferencias en la composición química de los extractos, relacionadas con el genotipo, las condiciones de cultivo y el método de extracción. Por otro lado; Muñiz-Márquez et al. (2013), reportaron valores de porcentajes de inhibición de radicales libres por DPPH de 10.16% para extractos etanólicos de hojas de *A. hybridus* L. a una concentración de 1000 $\mu\text{g/mL}$, valores muy por debajo del presente estudio el cual presentó un valor por encima del 70% a la misma concentración de extracto. De igual manera en otro estudio fueron evaluadas partículas de plata sintetizadas a partir de extracto acuoso de semillas de *A. cruentus*, sobre la capacidad antioxidante por la técnica de DPPH, obteniendo porcentajes de captación de radicales libres de 49.36 y 54.4% a concentraciones de 500 y 1000 $\mu\text{g/mL}$ (Baghani & Es-Haghi, 2019). Los resultados encontrados en los estudios publicados y el presente trabajo, comprueba el potencial antioxidante de las hojas de *A. cruentus*, cuando son comparadas con sus inflorescencias o sus semillas; así como su potencial antioxidante comparado con otras especies.

9.2 Determinación de la capacidad antioxidante por radical ABTS

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan una notable capacidad antioxidante en los extractos de *A. cruentus*, particularmente en las hojas. El extracto AH4, con un porcentaje de captura de radicales ABTS del 61.25%, demostró una actividad antioxidante superior a la

reportada por (Chung et al., 2014 para semillas de *Amaranthus spp* L. utilizando extractos acuosos y metanólicos. Si bien, (Chung et al., 2014) obtuvieron valores de inhibición del radical ABTS de 9.5 y 11% para extractos acuosos y metanólicos de semillas a 250 µg/mL, nuestros resultados indican que los extractos de hojas de *A. cruentus* pueden alcanzar valores de inhibición significativamente más altos. Esta mayor actividad antioxidante podría atribuirse a diferencias en la parte de la planta vegetal evaluada. Además, es posible que los compuestos bioactivos presentes en las hojas de *A. cruentus* tengan una mayor capacidad para donar electrones y neutralizar radicales libres. Es interesante observar que, en nuestro estudio, AH4 se destacó por su capacidad de captura del radical ABTS, esto sugiere que la distribución de los compuestos bioactivos con capacidad antioxidante varía entre las diferentes partes de la planta y podría estar influenciada por factores fisiológicos. En otros estudios realizado por Muñiz-Márquez et al. (2013), se demostró de igual manera una actividad antioxidante inferior a la reportada en el presente trabajo. Muñiz-Márquez et al. (2013), reportaron para extracto etanólico de hojas de *A. hybridus* L. un porcentaje de captura de radicales libres por ABTS, un porcentaje de 14.96% a una concentración de extracto de 1000 µg/mL. Baghani & Eshaghi, 2019; evaluaron partículas de plata sintetizadas a partir de extracto acuoso de semillas de *A. cruentus*, sobre la capacidad antioxidante por la técnica de ABTS, obteniendo porcentajes de captación de radicales libres de 55.93 y 66.37% a concentraciones de 500 y 1000 µg/mL.

Las diferencias entre los estudios mencionados, tiene que ver con la parte vegetal evaluada, el genotipo, la especie y el tipo de radical libre utilizado en cada estudio, el lugar de recolección, las características agronómicas y tipo de solvente utilizado para la extracción (Bang et al., 2021).

9.3 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -amilasa

La inhibición de la α -glucosidasa y la α -amilasa es una de las estrategias terapéuticas que se utilizan en el tratamiento de la diabetes tipo 2 para reducir la capacidad del intestino de absorber glucosa. El páncreas y la glándula salival producen alfa-amilasa que inicia la hidrólisis de carbohidratos complejos en una combinación de oligosacáridos y disacáridos en la mucosa intestinal (Jayanetti et al., 2024).

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan una notable capacidad inhibitoria de la α -amilasa en los extractos de hojas de *A. cruentus*, con el extracto AH6 destacando como el más activo con inhibición enzimática de 85.86%, seguido de AH4 con 82.64% y AH2 con 80.20%, con diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre ellos. Estos hallazgos son comparables a los reportados por Conforti et al. (2005) para extractos metanólicos de semillas de *A. caudatus* de las variedades Oscar blanco (94.71%) y Victor red (95.12%) a una concentración de 1000

$\mu\text{g/mL}$. A pesar de estas diferencias entre las partes vegetales, ambos estudios coinciden en el potencial de las especies de *Amaranthus* para inhibir la α -amilasa, lo cual sugiere la presencia de compuestos bioactivos con propiedades antidiabéticas en esta familia de plantas. Al comparar nuestros resultados con los reportados por Showkat et al. (2020) para extractos acuosos de hojas de *A. caudatus*; se observa que los extractos de hojas de nuestras accesiones exhiben capacidades similares de inhibición de la α -amilasa, especialmente los extractos AH6, AH4 y AH2, con porcentajes de inhibición superiores al 80% a una concentración de 1000 $\mu\text{g/mL}$. Si bien, Showkat, (2020) reportó porcentajes de inhibición de α -amilasa de 48.48% y 53.03% en extractos acuosos de hojas de *A. caudatus* a concentraciones de 500 y 600 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Al contrario, con lo reportado por Jayanetti et al. (2024), los cuales publican porcentajes de inhibición enzimática muy por debajo de lo reportado por el presente estudio a concentraciones similares. Jayanetti et al. (2024), reportaron porcentajes de inhibición de α -amilasa en extractos metanólicos de hojas de *A. viridis* de 31 y 39% a 500 y 1000 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Por otro lado, al comparar nuestros resultados con los reportados por Nkobile et al. (2021) en extractos metanólicos de hojas de *A. cruentus* silvestres y cultivado a 1000 $\mu\text{g/mL}$ con porcentajes de inhibición enzimática de 31.62% para silvestres y 19.74% para cultivados, vemos que nuestros resultados superan en actividad enzimática inhibitoria a las mismas concentraciones evaluadas. Con los obtenidos se refuerza la idea de que las accesiones *A. cruentus* evaluadas en este estudio presentan un perfil bioquímico más favorable en términos de actividad antioxidante e inhibición de la α -amilasa, lo que los posiciona como una fuente prometedora de compuestos bioactivos con aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica.

9.4 Ensayo de inhibición de la actividad de la α -glucosidasa

Los carbohidratos complejos se convierten en una combinación de oligosacáridos y disacáridos por la acción de la α -amilasa en la mucosa intestinal. La α -glucosidasa descompone estos azúcares en monosacáridos (Jayanetti et al., 2024).

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan un notable potencial antidiabético en los extractos de *A. cruentus*, especialmente en las hojas. El extracto AH4, con un porcentaje de inhibición de la α -glucosidasa del 65.9%, demostró una actividad antidiabética superior a la reportada por Showkat, (2020) para extractos acuosos de hojas de *A. caudatus* a concentraciones de 500 y 600 $\mu\text{g/mL}$ de 39.40% y 43.64%, respectivamente. Esta mayor actividad podría atribuirse a diferencias en el genotipo y la presencia de diferentes compuestos

bioactivos en cada especie. De igual manera, Jayanetti et al. (2024), reportaron porcentajes de inhibición enzimática muy por debajo de lo reportado por el presente estudio a concentraciones similares. Jayanetti et al. (2024), reportaron porcentajes de inhibición de α -glucosidasa en extractos metanólicos de hojas de *A. viridis* de 25 y 35% a 500 y 1000 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Por otro lado, nuestros hallazgos muestra una similitud con lo reportado por Nkobole et al. (2021) en extractos metanólicos de hojas de *A. cruentus* silvestres y cultivados a concentraciones de 1000 $\mu\text{g/mL}$ (78.12% para silvestres y 77.40% para cultivados) y de 2000 $\mu\text{g/mL}$ (87.13% para silvestres y 61.61% para cultivados), indicando con ello una tendencia a la saturación de la actividad enzimática a mayores concentraciones, lo que podría estar relacionado con la solubilidad de los compuestos bioactivos o con la inhibición competitiva de la enzima, lo que sugiere que estas plantas podrían ser una fuente de nuevos tratamientos para la diabetes (Nkobole et al., 2021).

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los extractos metanólicos obtenidos de las hojas e inflorescencias de *A. cruentus* han demostrado propiedades antioxidantes y antidiabéticas, lo que sugiere su potencial como apoyo en el tratamiento de la diabetes. Su eficacia se basa en la inhibición de enzimas clave, como la α -amilasa y la α -glucosidasa, responsables de la descomposición de carbohidratos complejos, junto con su destacada actividad antioxidante.

Los resultados mostraron que la actividad biológica fue más pronunciada en las hojas que en las inflorescencias de las 10 accesiones analizadas. Estos hallazgos respaldan la consideración del *A. cruentus* como un alimento funcional. Según la FAO, los alimentos funcionales aportan componentes adicionales que benefician la salud. Este estudio podría fortalecer la percepción del amaranto como una fuente rica en fitoquímicos, validando su uso medicinal y abriendo la puerta a nuevas aplicaciones terapéuticas.

Se recomienda realizar diversos extractos de las hojas de *A. cruentus* con solventes de distintas polaridades, para corroborar su actividad biológica. De igual manera es importante obtener extractos de *A. cruentus* utilizando tipos de métodos de extracción verdes, para obtener los fitoquímicos presentes en esta planta, sin dañar al medio ambiente.

XI. REFERENCIAS CITADAS

- Aguilera-Cauich, E. A., Solís-Fernández, K. Z., Ibarra-Morales, A., Cifuentes-Velásquez, R., & Sánchez-del Pino, I. (2020). Amaranto: distribución y diversidad morfológica del recurso genético en partes de la región Maya (sureste de México, Guatemala y Honduras). *Acta Botanica Mexicana*, (128). <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1738>
- Araujo-León, J.A.; Aguilar-Hernández, V.; Sánchez-del Pino, I.; Brito-Argáez, L.; Peraza-Sánchez, S.R.; Xingú-López, A.; Ortiz-Andrade, R. (2023). Analysis of Red Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) Betalains by LC-MS. *J. Mex. Chem. Soc*, 67, 227–239.
- Baghani, M., & Es-Haghi, A. (2019). The Antioxidant Activity and Cytotoxic Effects of *Amaranthus cruentus*-Biosynthesized Silver Nanoparticles Toward MCF-7 Breast Cancer Cell Line. *International Journal of Basic Science In Medicine*, 4(1), 17-22. <https://doi.org/10.15171/ijbsm.2019.04>
- Belton, P. S., & Taylor, J. R. N. (2002). *Pseudocereals and less common cereals: Grain properties and utilization potential*. Berlin: Springer.
- Carrillo-Terán, W. I., Vilcacundo, R. & Carpio, C. (2015). Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinoa. *Actualización en Nutrición*, 16(1), 18-22
- Conforti, F., Statti, G., Loizzo, M. R., Sacchetti, G., Poli, F., & Menichini, F. (2005). *In Vitro* Antioxidant Effect and Inhibition of α -amylase of two varieties of *amaranthus caudatus* Seeds. *Biological And Pharmaceutical Bulletin*, 28(6), 1098-1102. <https://doi.org/10.1248/bpb.28.1098s>
- Chung, K., Jo, H., Yoon, J., Song, B. C., & An, J. H. (2014). Free Radical-scavenging activities of Amaranth (*Amaranthus* spp. L.) Seed Extracts. *Food Engineering Progress*, 18(2), 116-123. <https://doi.org/10.13050/foodengprog.2014.18.2.116>
- Dineshkumar, B., Mitra, A. & Manjunatha, M. (2010). Studies on the anti-diabetic and hypolipidemic potentials of mangiferin (Xanthone Glucoside) in streptozotocin- induced Type 1 and Type 2 diabetic model rats. *International Journal of Advances in Pharmaceutical Sciences*, 1, 75-85. doi:10.5138/ijaps.2010.0976.1055.01009ç
- Espitia-Rangel, E., Mapes Sánchez, C., Escobedo López, D., De la O Olán, M., Rivas Valencia, P., Martínez Trejo, G., Cortés Espinosa, L. & Hernández Casillas, J.M. (2010). Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Centro. Celaya, Guanajuato, México. 200 pp.
- Espitia-Rangel, E., Peralta Idrovo, E., Bernal Muñoz, R. (s. f.). Mesa 1: Importancia del amaranto en México. https://www.researchgate.net/profile/Daniel-De-Jesus-Contreras/publication/317371014_Importancia_de_la_Indicacion_Geografica_IG_e_la_proteccion_y_revalorizacion_del_amaranto_Amaranthus_spp_de_Mexico/link/s/5936feb9a6fdcca65871bc15/Importancia-de-la-Indicacion-Geografica-IG-en-la-

- González-Rivera, I., Trejo, D. B. P., Saavedra, N. S. F., De Lucio Padrón, E. L., Silva, D. R., Carrillo, P. T., Arévalo, O. Z., Castro, C. C., & Sánchez-Castillo, H. (2015b). El Amaranto como Fuente de Reforzamiento: Un Estudio con Roedores Apoyado por: DGAPA IN302512. *Acta de Investigación Psicológica*, 5(2), 1960-1971. [https://doi.org/10.1016/s2007-4719\(15\)30016-8](https://doi.org/10.1016/s2007-4719(15)30016-8)
- Han, H., & Baik, B. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(11), 1971-1978.
- Halliwell, B., Murcia, M. A., Chirico, S., & Aruoma, O. I. (1995). Free radicals and antioxidants in food and *in vivo*: What they do and how they work. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(1-2), 7-20. <https://doi.org/10.1080/10408399509527682>.
- Jayanetti, M., Arampath, P. C., & Thambiliyagodage, C. J. (2024). Determination of nutritional composition, enzyme inhibitory activity and antioxidant activity of pretreated, dehydrated *Amaranthus viridis* L. Leaves. *Journal Of Science of The University of Kelaniya*, 17(1), 15-26. <https://doi.org/10.4038/josuk.v17i1.8102>
- Lamothe, L. M., Srichuwong, S., Reuhs, B. L., & Hamaker, B. R. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry*, 167(15), 490-496. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.022>
- Mapes-Sánchez, E.C. (2015). El Amaranto. *Ciencia*, 66(3), 8-15.
- Matías-Luis, G., Hernández-Hernández, B. R., Peña-Caballero, V., Torres-López, H. G., Espinosa Martínez, V. A. & Ramírez Pacheco, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal of Negative and No Positive Results*, 3(6), 423-436.
- Muñiz-Márquez, D., Rodríguez, R., Balagurusamy, N., Carrillo, M., Belmares, R., Contreras, J., Nevárez, G., & Aguilar, C. (2013). Phenolic content and antioxidant capacity of extracts of *Laurus nobilis* L., *Coriandrum sativum* L. And *Amaranthus hybridus* L. *CyTA - Journal of Food*, 12(3), 271-276. <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.847500>
- Nkobile, N., Bodede, O., Hussein, A. A., & Prinsloo, G. (2021). *In vitro* α -Glucosidase and α -Amylase Activities of Wild and Cultivated *Amaranthus* spp. and Isolated Compounds. *Pharmacognosy Journal*, 13(6s), 1614-1620. <https://doi.org/10.5530/pj.2021.13.208>
- Pukalskas, A., van Beek, T. A., Venskutonis, R. P., Linssen, J. P., van Veldhuizen, A., de Groot, A. E. (2002). Identification of radical scavengers in sweet grass (*Hierochloa odorata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 2914-2919. <https://doi.org/10.1021/jf011016r>

- Pulipati, S., Srinivasa Babu, P., Naveena, U., Rafeeka Parveen, SK, Smaya Nausheen, SK y Tanmai Naga Sai, M. (2017). Determinación del contenido de fenólicos totales, taninos, flavonoides y evaluación de la propiedad antioxidante de *Amaranthus tricolor* L. *Revista Internacional de Farmacognosia e Investigación Fitoquímica*, 9 (6).
- Rastogi, A. & Shukla, S. (2013). Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 109-125. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2010.517876>
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of agricultural and food chemistry*, 40(6), 945-948. <https://doi.org/10.1021/jf00018a005>
- Showkat, S. (2020). Antioxidant and Anti-diabetic Potential of Nutraceutical Rich *Amaranthus caudatus*. *Indian Journal Of Pure & Applied Biosciences*, 8(3), 140-148. <https://doi.org/10.18782/2582-2845.8078>
- Trino, R. D., Torrez, R. E. G., Del Pilar Gutiérrez Duran, M., Mayta, D. D. M., Gonzales, J. P., Loredó, W. M., Miranda, J. L. A., & Dávalos, E. G. (2017). Evaluación del aporte nutricional del amaranto (*Amaranthus caudatus* L), quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) en el desayuno. *Revista Con-ciencia*, 5(2), 15-28. http://www.scielo.org.bo/pdf/rcfb/v5n2/v5n2_a03.pdf
- Terán, W. I. C., Vilcacundo, R., & Carpio, C. (2015). compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua bioactive components derived from amaranth and quinoa. http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_16/num_1/RSAN_16_1_18.pdf
- Wolosik, K., & Markowska, A. (2019). *Amaranthus Cruentus Taxonomy, Botanical Description, and Review of its Seed Chemical Composition*. *Natural Product Communications*, 14(5), 1934578X1984414. doi:10.1177/1934578x19844141
- Velarde-Salcedo, A.J. (2015). Caracterización de péptidos inhibidores de la dipeptidil peptidasa IV (DPPIV) encriptados en las proteínas de las semillas de amaranto. [Tesis de doctorado]. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí.

ANEXOS

EVALUACIÓN BIOACTIVA DE EXTRACTOS DE HOJAS E INFLORESCENCIAS DE AMARANTO ROJO (*Amaranthus cruentus*) CULTIVADOS EN VALLADOLID, YUCATÁN

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	gacetajuchiman.ujat.mx Internet	227 palabras — 2%
2	ri.ujat.mx Internet	179 palabras — 2%
3	issuu.com Internet	106 palabras — 1%
4	hdl.handle.net Internet	88 palabras — 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS

50 PALABRAS

U.J.A.T.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE ESTUDIOS TERMINALES

Alojamiento de la tesis en el repositorio institucional	
Título de la tesis	Evaluación bioactiva de extractos de hojas e inflorescencias de amaranto rojo (<i>Amaranthus cruentus</i>) cultivados en Valladolid, Yucatán.
Autor de la tesis	Jair Sarrazaga Ramón
ORCID	https://orcid.org/0009-0004-9598-6825
Resumen de la tesis	El amaranto rojo (<i>Amaranthus cruentus</i> L) no es un cultivo contemporáneo, fue descubierto en México hace unos 500 años A.C. En Estados Unidos de América se le ha considerado como un nuevo cultivo, debido a las técnicas empleadas en la agricultura moderna. El <i>A. cruentus</i> tiene efectos benéficos a la salud, por su efecto antioxidante, antibacteriano, antidiabético, entre otros. Se determinó la capacidad antioxidante de extractos liofilizados de hojas (AH) e inflorescencias (AI) de 10 accesiones de <i>A. cruentus</i> por medio de ensayos antioxidantes in vitro 2,2-Difenil-1- Picrilhidrazilo (DPPH) y 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS), así como su capacidad inhibitoria de enzimas amilolíticas con técnicas espectrofotométricas (α-amilasa y α-glucosidasa). La capacidad antioxidante por DPPH fue mayor en los extractos de hojas en comparación con las inflorescencias; con capacidades antioxidantes de 78.04, 72.17 y 63.08% para extractos AH3, AH4 y AH10, respectivamente y de 61.25, 54.05 y 49.88% para los extractos AH4, AH10 Y AH8, respectivamente en el ensayo ABTS. En cuanto a la inhibición de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa, los mayores resultados obtenidos fueron en los extractos de hojas; con porcentajes de inhibición para -amilasa de 85.86, 82.64 y 80.20% para AH6, AH4 y AH2, y 65.9, 65.5 y 64.6 % de para los extractos de AH4, AH9 y AH6, respectivamente en el ensayo de inhibición de la α-glucosidasa. Con los resultados encontrados, muestran que las accesiones cultivadas en Yucatán, México; podrían ser una fuente natural alternativa de compuestos bioactivos que puedan ser utilizados en la industria alimentaria.
Palabras claves	<i>A. Cruentus</i> , DPPH, ABTS, α -amilasa y α -glucosidasa.
Referencias citadas	Aguilera-Cauich, E. A., Solís-Fernández, K. Z., Ibarra-Morales, A., Cifuentes-Velásquez, R., & Sánchez-del Pino, I. (2020). Amaranto: distribución y diversidad morfológica del recurso genético en partes de la región Maya (sureste de México, Guatemala y Honduras). <i>Acta Botánica Mexicana</i>, (128). https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1738 Araujo-León, J.A.; Aguilar-Hernández, V.; Sánchez-del Pino, I.; Brito-Argáez, L.; Peraza- Sánchez, S.R.; Xingú-López, A.; Ortiz-

	Andrade, R. (2023). Analysis of Red Amaranth (<i>Amaranthus cruentus</i> L.) Betalains by LC-MS. <i>J. Mex. Chem. Soc</i>, 67, 227–239. Baghani, M., & Es-Haghi, A. (2019). The Antioxidant Activity and Cytotoxic Effects of <i>Amaranthus cruentus</i>-Biosynthesized Silver Nanoparticles Toward MCF-7 Breast Cancer Cell Line. <i>International Journal of Basic Science In Medicine</i>, 4(1), 17-22. https://doi.org/10.15171/ijbsm.2019.04 Belton, P. S., & Taylor, J. R. N. (2002). Pseudocereals and less common cereals: Grain properties and utilization potential. Berlin: Springer. Carrillo-Terán, W. I., Vilcacundo, R. & Carpio, C. (2015). Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinoa. <i>Actualización en Nutrición</i>, 16(1), 18-22
--	--