



**Educación**  
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



## TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

### TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**LICENCIADA EN BIOLOGIA**

PRESENTA:  
**ELIZABETH CONSUELO GONZALEZ PECH**

ASESOR INTERNO:  
**LORENA GUADALUPE RAMON CANUL**

TÍTULO:  
**Evaluación nutricional, fitoquímica, antioxidante e hipoglucemiante en diversos cultivos del programa Sembrando Vida en Campeche**

**MAYO/2026**



**2026**  
año de  
**Margarita  
Maza**



Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná, Campeche, C.P. 24520.  
Tel. 9818272052 y 9818272082 dir\_china@tecnm.mx [www.itchina.edu.mx](http://www.itchina.edu.mx)





**Educación**  
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



## TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

### TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTA:  
**ELIZABETH CONSUELO GONZALEZ PECH**

ASESOR INTERNO:  
**LORENA GUADALUPE RAMON CANUL**

TÍTULO:  
**Evaluación nutricional, fitoquímica, antioxidante e hipoglucemiante en diversos cultivos del programa Sembrando Vida en Campeche**

**MAYO/2026**



**2026**  
año de  
**Margarita  
Maza**





Chiná, Campeche; 19/mayo/2026  
Oficio No. DIR/518/2026

**C. GONZALEZ PECH ELIZABETH CONSUELO  
PRESENTE**

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo de la Titulación Integral por Tesis denominada **"EVALUACIÓN NUTRICIONAL, FITOQUÍMICA Y ANTIOXIDANTE E HIPOGLUCEMIANTE EN DIVERSOS CULTIVOS DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA EN CAMPECHE"**; es **APROBADO** como requisito parcial para obtener el Título de Licenciada en Biología.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica®*  
*Aprender Produciendo*

**MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA  
DIRECTOR**



**2026**  
año de  
Margarita  
Maza



## COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por la C. **GONZALEZ PECH ELIZABETH CONSUELO** como requisito parcial para obtener el título de: **LICENCIADA EN BIOLOGÍA** el día 27 del mes de mayo del año 2026 en Chiná, Campeche.

LORENA GUADALUPE RAMON CANUL  
Presidenta

NORMA LAURA RODRIGUEZ AVILA  
Secretaria

GERARDO ALFONSO AVILES RAMIREZ  
Vocal

KARINA VERDEL ARANDA  
Vocal Suplente


## DEDICATORIA

Quiero agradecer profundamente a Dios, en primer lugar, por regalarme la vida, por cada una de sus bendiciones y su acompañamiento en cada momento, por darme la fuerza y valentía para seguir adelante día con día.

A mi familia, con todo mi amor y gratitud por ser el motor que impulsa cada uno de mis sueños, en especial a mi mamá por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y amor incondicional. Gracias por apoyarme siempre, por alentarme a seguir mis sueños y metas, por confiar en mí incluso en los momentos en los que yo misma dudaba. Gracias por estar en cada etapa de vida; este logro también es tuyo.

A mi pareja Edwart, gracias por ser mi refugio y mi fuerza en los días más difíciles, por no dejarme sola y por siempre estar presente en cada momento de mi vida, por tu paciencia, por tu comprensión, por acompañarme en cada desvelo y por recordarme siempre las razones por las cuales estoy aquí, por enseñarme que soy capaz de lograr todo lo que me proponga. Gracias por darme valor cuando más lo necesitaba, por impulsarme a no rendirme y por motivarme a esforzarme.

A mis amigos Jonathan, Marcos y Harvey, por estar siempre para apoyarme, por las risas, por las experiencias que me llevo y por hacer este camino más ligero y significativo, gracias por su amistad y sobre todo por su cariño, hoy representan una parte importante en mi vida, gracias por ser quienes son, por su lealtad y por el cariño que comparten, me siento afortunada de contar con amigos que son como hermanos.

Maestro Gerardo Avilés, gracias por ayudarme a descubrir y desarrollar mi gusto por esta carrera, así como valorarla, e inspirarme a seguir este camino con compromiso, dedicación. Su conocimiento, su paciencia y su forma de enseñar han sido fundamentales en mi formación; más que un maestro, ha sido una figura paternal en mi vida. Gracias por creer en mí, por siempre motivarme a dar lo mejor. Su ejemplo como profesional y como persona ha dejado huella en mi vida. Este trabajo también lleva parte de sus enseñanzas, su esfuerzo, compromiso y su confianza depositada en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi directora de tesis, a la Doctora Lorena, mi más sincero agradecimiento por la orientación, el tiempo y la dedicación brindada durante este tiempo; le agradezco sus consejos, por compartir sus conocimientos que fueron esenciales para la culminación de este trabajo, desde el primer día, su pasión por la investigación y su compromiso han sido una fuente de inspiración, su apoyo incondicional me han motivado a salir adelante, le agradezco de todo corazón por ser una guía y por contribuir de manera significativa a lo largo de este proceso, estoy eternamente agradecida por la oportunidad de haber trabajado bajo su dirección.

A mi revisora, la Doctora Norma, le expreso mi gratitud por su valioso tiempo, sus observaciones y recomendaciones que contribuyeron a esta investigación, además de su compromiso y su atención que fueron importantes para fortalecer este proyecto.

Finalmente, a los agricultores de la comunidad Chemblás y Hampolol, por permitirme llevar a cabo esta investigación, les agradezco su apoyo en la obtención de las muestras y por su disposición, sobre todo por abrirles las puertas y compartir conmigo parte de su trabajo y conocimiento.

A todas las personas que de una u otra forma formaron parte de este proceso, gracias por acompañarme a cumplir un logro más en mi vida.

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar actividades biológicas y nutricionales en los cultivos nativos del programa Sembrando Vida en los municipios de Chemblás y Hampolol, Campeche, para fundamentar su uso como estrategia para la prevención de las comorbilidades asociadas al síndrome metabólico y el fortalecimiento de la soberanía alimentaria.

Dentro de esta investigación se realizó muestreo probabilístico simple, en el cual se recolectaron muestras de cilantro, frijol, chaya, dos variantes de maíz, las cuales fueron secadas, molidas y llevadas a extracción por ultrasonido empleando metanol (80%). Enseguida, se realizaron análisis de química proximal, como la determinación de fibra, fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP) e hipoglucemiante ( $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa).

Los resultados revelan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ); el frijol demostró valores en proteína de 28.47%, la chaya en fibra cruda con 10.21% y dietética con 25.01%, mientras que las variantes de maíz presentaron alto contenido de carbohidratos (66.89 y 68.56%). En cuanto al contenido de fenoles, el cilantro registró valores de 987.4 mg AG/g y en flavonoides 481 mg Q/g, así como la mayor actividad antioxidante: DPPH con 349  $\mu$ mol Trolox/g, ABTS 365  $\mu$ mol trolox/g, FRAP: 487  $\mu$ mol Trolox/g. En comparación con la actividad hipoglucemiante, donde el maíz Chac Chob mostró valores de  $\alpha$ -amilasa de 26.3  $\mu$ g/mL y  $\alpha$ -glucosidasa de 16.7  $\mu$ g/mL. Se identificaron correlaciones positivas entre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante. Con los resultados obtenidos se evidencia el potencial de los cultivos nativos como estrategia para la prevención de enfermedades.

**Palabra clave:** actividad antioxidante, actividad hipoglucemiante, síndrome metabólico, cultivos nativos.

## ABSTRACT

The present study aims to evaluate the biological and nutritional activities in the native crops of the Sembrando Vida program in the municipalities of Chemblás and Hampolol, Campeche, to support their use as a strategy for the prevention of comorbidities associated with metabolic syndrome and the strengthening of food sovereignty. Within this research, a simple probabilistic sampling was conducted, in which samples of cilantro, beans, chaya, and two varieties of corn were collected. These samples were dried, ground, and subjected to ultrasound extraction using methanol (80%). Next, proximal chemistry analyses were conducted, such as the determination of fibre, phenols, flavonoids, antioxidant capacity (DPPH, ABTS, FRAP), and hypoglycemic activity ( $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase).

The results reveal significant differences ( $p \leq 0.05$ ); the bean showed protein values of 28.47%, chaya had raw fibre with 10.21% and dietary fibre with 25.01%, while the corn variants presented high carbohydrate content (66.89 and 68.56%). Regarding the phenolic content, cilantro recorded values of 987.4 mg AG/g and 481 mg Q/g in flavonoids, as well as the highest antioxidant activity: DPPH with 349  $\mu$ mol Trolox/g, ABTS 365  $\mu$ mol Trolox/g, FRAP: 487  $\mu$ mol Trolox/g. In comparison with the hypoglycemic activity, where Chac Chob corn showed values of  $\alpha$ -amylase: 26.3,  $\alpha$ -glucosidase: 16.7. Positive correlations were identified between phenolic compounds and antioxidant activity. With the obtained results, the potential of native crops as a strategy for disease prevention is evidenced.

**Keyword:** antioxidant activity, hypoglycemic activity, metabolic syndrome, native crops.

## CONTENIDO

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. INTRODUCCIÓN                                                                  | 16 |
| II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                                                   | 17 |
| III. JUSTIFICACIÓN                                                               | 19 |
| IV. OBJETIVOS                                                                    | 20 |
| Objetivo General                                                                 | 20 |
| Objetivo Específicos                                                             | 20 |
| V. ANTECEDENTES                                                                  | 21 |
| 5.1. Actividades biológicas del cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.)         | 21 |
| 5.2. Actividades biológicas del maíz ( <i>Zea mays</i> L.)                       | 22 |
| 5.3. Actividades biológicas del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)           | 23 |
| 5.4. Actividades biológicas de la chaya ( <i>Cnidoscolus aconitifolius</i> )     | 24 |
| VI. MARCO TEÓRICO                                                                | 25 |
| 6.1. Origen y características del cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.)       | 25 |
| 6.2. Origen y características del maíz ( <i>Zea mays</i> L.)                     | 25 |
| 6.3. Origen y características del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)         | 26 |
| 6.4. Descripción botánica de la chaya ( <i>Cnidoscolus chayamansa</i> )          | 26 |
| 6.5. Síndrome metabólico                                                         | 27 |
| 6.5.1. Estadísticas del síndrome metabólico a nivel mundial, nacional y regional | 27 |

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.5.2 Estrategias dietéticas para el control del Síndrome metabólico mediante el consumo de alimentos de origen agrícola. | 29 |
| 6.6. Flavonoides y su actividad antioxidante presente en diversas familias vegetales de cultivo agrícola.                 | 30 |
| 6.7. Actividad antioxidante                                                                                               | 30 |
| 6.8. Actividad antidiabética o hipoglucemiante                                                                            | 31 |
| 6.9. Compuestos fenólicos y flavonoides en plantas                                                                        | 32 |
|                                                                                                                           | 33 |
| 6.10 Agroecosistemas tradicionales y soberanía alimentaria: El papel del programa Sembrando vida                          | 33 |
| VII. MATERIALES Y MÉTODOS                                                                                                 | 35 |
| 7.1. Área de estudio                                                                                                      | 35 |
| 7.2 Muestreo                                                                                                              | 36 |
| 7.3 Extracción del tejido vegetal a polvo                                                                                 | 37 |
| 7.4 Extracción por ultrasonido                                                                                            | 38 |
| 7.5. Evaluación de la calidad nutricional                                                                                 | 38 |
| 7.5.1 Análisis químico proximal                                                                                           | 38 |
| 7.5.2. Fibra dietética total (FDT), fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI)                       | 38 |
| 7.5.3. Determinación de Fenoles                                                                                           | 39 |

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.5.4. Determinación de Flavonoides                                                                                                                                                    | 39 |
| 7.5.5. Capacidad antioxidante por DPPH                                                                                                                                                 | 40 |
| 7.5.6. Actividad antioxidante por ABTS                                                                                                                                                 | 40 |
| 7.5.7. FRAP                                                                                                                                                                            | 41 |
| 7.5.8. Actividad hipoglucemiante                                                                                                                                                       | 41 |
| VIII. RESULTADOS                                                                                                                                                                       | 43 |
| Análisis nutricional de los cultivos (humedad, ceniza, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, fibra dietética total, fibra soluble y fibra insoluble). | 43 |
| Contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante e hipoglucemiante de los cultivos analizados.                                                                                | 46 |
| Análisis de correlación de Pearson entre el contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante e hipoglucemiante.                                                               | 48 |
| IX. DISCUSIÓN                                                                                                                                                                          | 50 |
| X. CONCLUSIÓN                                                                                                                                                                          | 52 |
| XI. RECOMENDACIONES                                                                                                                                                                    | 54 |
| XII. ANEXOS                                                                                                                                                                            | 55 |
| XIII. LITERATURA CITADA                                                                                                                                                                | 57 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Prevalencia de obesidad en hombres y mujeres pertenecientes a localidades rurales desde el año 2000 al 2023.....                                                                                                                       | 28 |
| <b>Figura 2.</b> Prevalencia de obesidad y sobrepeso en mujeres y hombres en regiones de México (norte, centro, y sur).....                                                                                                                             | 29 |
| <b>Figura 3.</b> Estructura química de Flavonoides .....                                                                                                                                                                                                | 33 |
| <b>Figura 4.</b> Vista satelital de las comunidades rurales de Chemblás y Hampolol .....                                                                                                                                                                | 35 |
| <b>Figura 5.</b> Vista satelital del Instituto Tecnológico de Chiná .....                                                                                                                                                                               | 36 |
| <b>Figura 6.</b> Vista satelital de las parcelas beneficiarias del programa Sembrando Vida. ....                                                                                                                                                        | 37 |
| <b>Figura 7.</b> Contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en cultivos del programa Sembrando Vida. FDT: Fibra dietética total. FS: Fibra soluble. FI: Fibra Insoluble. Los valores representan la media ( $n = 5$ , $p \leq 0.05$ )..... | 45 |
| <b>Figura 8.</b> Curva de calibración con ácido gálico para compuestos fenólicos.....                                                                                                                                                                   | 55 |
| <b>Figura 9.</b> Curva de calibración con Quercitina para flavonoides. ....                                                                                                                                                                             | 55 |
| <b>Figura 10.</b> Curva de calibración con Trolox para DPPH .....                                                                                                                                                                                       | 56 |
| <b>Figura 11.</b> Curva de calibración con Trolox para ABTS .....                                                                                                                                                                                       | 56 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Análisis nutricional de los diferentes cultivos del programa Sembrando Vida .....                                                                                                                                                                             | 43 |
| <b>Cuadro 2.</b> Contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante e hipoglucemiante $\alpha$ -amilasa IC50 ( $\mu\text{g/mL}$ ) y $\alpha$ -glucosidasa IC50 ( $\mu\text{g/mL}$ ) en diferentes cultivos del Programa Sembrando Vida.....                             | 46 |
| <b>Cuadro 3.</b> Coeficiente de correlación de Pearson entre el contenido de fenoles totales y flavonoides, la actividad antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP) e hipoglucemiante $\alpha$ -amilasa IC50 ( $\mu\text{g/mL}$ ) y $\alpha$ -glucosidasa IC50 ( $\mu\text{g/mL}$ ). .... | 48 |

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

**ABTS:** Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)

**AG:** Ácido gálico

**AOAC:** Association of Official Analytical Chemists

**BHT:** Butilhidroxitolueno

**CAT:** Catalasa

**CI<sub>50</sub> o (IC<sub>50</sub>):** Concentración inhibitoria media al 50%

**CONABIO:** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

**DM2:** Diabetes mellitus tipo II

**DPPH:** 2,2-difenil-1-picrilhidracilo

**EAG:** Equivalentes de ácido gálico

**ECNT:** Enfermedades crónicas no transmisibles

**ELN:** Extracto libre de nitrógeno

**ENSANUT:** Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

**EQ:** Equivalentes de quercetina

**ET:** Equivalentes de Trolox

**FDT:** Fibra dietética total

**FDI:** Fibra dietética insoluble

**FDS:** Fibra dietética soluble

**FRAP:** Ferric Reducing Antioxidant Power (Poder antioxidante reductor de hierro)

**GLUT4:** Transportador de glucosa tipo 4

**GPx:** Glutación peroxidasa

**IC<sub>50</sub>:** Concentración inhibitoria media

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:** Carbonato de sodio

**NaNO<sub>3</sub>:** Nitrato de sodio

**NaOH:** Hidróxido de sodio

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**ORAC:** Oxygen Radical Absorbance Capacity (capacidad de absorción de radicales de oxígeno).

**pNPG:** Paranitrofenil- $\alpha$ -D-glucopiranosido

**ROS:** Especies reactivas de oxígeno

**SM:** Síndrome metabólico

**SOD:** Superóxido dismutasa

**SV:** Sembrando Vida

**TEAC:** Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (Capacidad antioxidante equivalente al Trolox)

## I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como la DM2, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares, han incrementado de manera significativa, constituyendo uno de los problemas más importantes en la salud a nivel mundial. Por lo general, estas patologías se encuentran relacionadas con el síndrome metabólico, caracterizado por presentar un conjunto de alteraciones metabólicas como la resistencia a la insulina, dislipidemia y acumulación de grasa abdominal (Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores, 2024).

De acuerdo con los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2024), revela que, en el año 2023, durante el periodo enero a junio, se registraron 97,187 defunciones por enfermedades del corazón, siendo la primera causa de muerte en México, seguido de la diabetes mellitus con 55,885 muertes y, finalmente, se encuentran los tumores malignos con 45,409 casos.

En México, especialmente en el estado de Campeche, existe una amplia variedad de cultivos agrícolas, que forman parte de la dieta tradicional y del patrimonio en las comunidades rurales, por lo que se han desarrollado estrategias como el programa Sembrando Vida, que han impulsado la producción de cultivos nativos, promoviendo no solo su consumo, sino su valorización como parte fundamental de la soberanía alimentaria, pese a su importancia, estos cultivos no han sido estudiados en cuanto a sus propiedades biológicas (Secretaría de Bienestar, 2020).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue caracterizar la composición nutricional y fitoquímica, así como evaluar las actividades antioxidante e hipoglucemiante *in vitro* de cultivos representativos del programa Sembrando Vida en los municipios de Chemblás y Hampolol, Campeche.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El síndrome metabólico actualmente es considerado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como uno de los principales desafíos en la salud pública a nivel mundial, debido a su presencia en la población adulta como en la infantil y su relación con enfermedades crónicas no transmisibles tales como la diabetes mellitus tipo II y enfermedades cardiovasculares. Por lo general, este síndrome se caracteriza por presentar alteraciones metabólicas que suceden de forma simultánea dentro del organismo, entre las que destacan la resistencia a la insulina, la dislipidemia y la obesidad abdominal; por lo tanto, estas enfermedades en conjunto incrementan el riesgo de morbilidad y mortalidad en la población.

En los últimos años, este síndrome se ha vuelto alarmante para México. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2025), revela que la presencia de obesidad en el 2023 fue de 40.2% en zonas rurales y en zonas urbanas fue de 38.6%. Mientras que, en la región del sur, zona donde se localiza el estado de Campeche, la situación se encuentra en una etapa crítica. Con base en los resultados de ENSANUT (2025), se reporta que entre el año 2020 y el 2023, la prevalencia de sobrepeso en hombres se encuentra entre el 36.4 a 40.9% y en mujeres se observó un incremento de 40.3 a 44.4%.

Del mismo modo, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2025) menciona que la tasa de mortalidad por enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, la diabetes, el síndrome metabólico y padecimientos del corazón ha incrementado considerablemente un 80%.

Estos datos evidencian una problemática que va en constante crecimiento a través de los años, que afecta de forma directa a la salud metabólica de la población; una de las causas principales es el reemplazo de dietas tradicionales con un alto valor nutritivo por alimentos ultraprocesados con una gran cantidad de azúcares y grasas saturadas.

El programa Sembrando Vida surge como una alternativa sostenible que busca implementar sistemas agroforestales y de milpa intercalada en comunidades rurales, como Chemblás y Hampolol, Campeche; sin embargo, este programa fomenta la producción de cultivos, la reparación del suelo y promueve la seguridad alimentaria; además, fortalece el tejido social y la generación de empleo.

A pesar de los beneficios potenciales asociados al consumo de cultivos nativos, la evidencia científica que respalde su valor nutricional y fitoquímico en el marco de sistemas productivos como Sembrando Vida es aún escasa y fragmentada. Esta limitación no solo restringe la comprensión de sus propiedades funcionales, sino que también impide establecer una relación clara entre la producción local de estos cultivos y sus posibles efectos benéficos para la salud metabólica. En consecuencia, resulta imperativo desarrollar estudios sistemáticos que caractericen dichos cultivos, ya que los datos generados constituirían una base sólida para orientar estrategias de salud pública dirigidas a la prevención del síndrome metabólico. La presente investigación responde directamente a esta necesidad, generando registros cuantitativos del valor nutricional y fitoquímicos de los cultivos analizados en las parcelas del programa Sembrando Vida.

### III. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación busca generar evidencia científica que permita determinar la relación entre la producción agrícola tradicional y la salud humana, su importancia radica en la necesidad de revalorar estos sistemas productivos desde una perspectiva nutrimental, ambiental y social.

En este sentido, uno de los principales aportes es generar conocimiento sobre el contenido nutricional y fitoquímico de los productos cultivados en el programa Sembrando Vida. Además, la evaluación de actividades biológicas *in vitro*, como la capacidad antioxidante y antidiabética, permitirá identificar y describir el potencial de las especies vegetales que se encuentran dentro de las parcelas de los beneficiarios, contribuyendo al reconocimiento de posibles agentes en la preservación de anomalías metabólicas. Desde el punto de vista científico, esta investigación aporta un sustento, que puede constituir un fundamento para investigaciones futuras, especialmente en el desarrollo de alimentos funcionales y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

En términos sociales, este estudio adquiere relevancia debido a que promueve el rescate de conocimiento tradicional asociado a la producción y aprovechamiento de alimentos que forman parte de la vida cotidiana de las comunidades, esto a su vez fomenta la implementación de hábitos alimenticios con un alto valor nutricional y contribuye a mejorar la calidad de vida de la población, de modo que ayuda a reducir la dependencia de alimentos ultraprocesados.

Desde una perspectiva ambiental, los resultados obtenidos promueven el uso de sistemas forestales sustentables que favorecen la conservación de la diversidad y el manejo sostenible de los recursos naturales. Finalmente, en el ámbito académico es determinante para la formación de conocimiento multidisciplinario y el desarrollo de habilidades.

## **IV. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Caracterizar la composición nutricional y fitoquímica, así como evaluar las actividades antioxidante e hipoglucemiante *in vitro* de cultivos representativos del programa Sembrando Vida en los municipios de Chemblás y Hampolol, Campeche.

### **Objetivo Específicos**

- Analizar el contenido nutricional (proteínas, grasas, carbohidratos y fibra) y fitoquímico (fenoles totales y flavonoides) de las partes comestibles de los cultivos nativos seleccionados dentro de los sistemas de producción del programa de Sembrando Vida.
- Evaluar *in vitro* las actividades biológicas (actividad antioxidante y antidiabética) de los extractos de dichos cultivos, correlacionándolas con su contenido fitoquímico.

## V. ANTECEDENTES

### 5.1. Actividades biológicas del cilantro (*Coriandrum sativum* L.)

En estudios previos, se ha evidenciado la composición química y la actividad antioxidante del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) mediante técnicas como la cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a espectrometría de masas, logrando identificar 6 aminoácidos (triptófano, tirosina, leucina, valina, fenilalanina y prolina) y 13 compuestos fenólicos (entre ellos, rutina, quercetina, luteolina, ácido cumárico y ferúlico). Asimismo, se ha reportado que el contenido de fenoles varía en función de factores como la composición del suelo, la edad de la planta, el tratamiento poscosecha, la genética del cultivo, el método de extracción y el volumen de la solución empleada (Márquez-Hernández et al., 2022). En esa misma línea, Rojas-Angulo et al., (2020) analizaron muestras de cilantro procedentes de diferentes condiciones como cultivo en invernadero, a la intemperie, adquiridas en supermercado y provenientes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y encontraron diferencias significativas en los parámetros de calidad de la droga seca, con valores de humedad entre 6.77 % y 8.07 %, y de cenizas totales en un rango de 9.57 % a 13.58 %.

No obstante, otros estudios han profundizado en la relación entre los compuestos fenólicos, los flavonoides y las actividades biológicas del cilantro, particularmente la antioxidante y la hipoglucemiante. Por ejemplo, Sriti et al., (2011) evaluaron frutos de cilantro provenientes de Túnez y Canadá, reportando variaciones geográficas significativas en el contenido de polifenoles (entre 12.10 y 15.16 mg GAE/g), flavonoides (hasta 13.2 mg CE/g) y taninos, lo que refuerza la influencia del origen en la composición fitoquímica. En cuanto a la capacidad antioxidante, Ozen et al., (2022) demostraron que el tipo de disolvente empleado en la extracción modifica drásticamente el perfil fitoquímico del cilantro; por ejemplo, los extractos obtenidos con hexano mostraron mayor contenido de fenoles y flavonoides, mientras que los extractos acuosos destacaron en ciertas actividades antioxidantes, subrayando la importancia del método de extracción para aprovechar sus propiedades.

## 5.2. Actividades biológicas del maíz (*Zea mays L*)

Las investigaciones sobre la composición fitoquímica del maíz han proporcionado una base sólida, estudios posteriores han profundizado en la cuantificación de estos compuestos y en su vinculación con propiedades biológicas como la actividad antioxidante e hipoglucemiante. Un claro ejemplo es el trabajo de Řepka y Lapčík (2025), quienes evaluaron siete partes de la planta, encontrando que los estigmas acumulaban la mayor concentración de fenoles totales (4.07 mg GAE/g), mientras que los granos presentaron el valor más bajo (0.69 mg GAE/g), confirmando mediante HPLC la presencia de 22 polifenoles distintos, como ácido gálico y ferúlico, así como catequina y quercetina. Este estudio no solo destaca la distribución diferencial de estos metabolitos, sino que subraya la importancia de seleccionar el tejido vegetal adecuado para estudios posteriores.

Paralelamente, se ha establecido que factores como la genética, el ambiente y el procesamiento determinan el perfil fenólico del maíz. Peniche-Pavía et al., (2022) señalan que las fitohormonas y las señales ambientales modulan la expresión de flavonoides en los tejidos, afectando el valor nutricional. Rodríguez-Salinas (2020) confirmó esta relación al establecer una correlación directa entre la intensidad del color del grano y el contenido de antocianinas en 15 genotipos, demostrando que una mayor pigmentación implica una mayor concentración de estos compuestos con potencial para el control del estrés oxidativo.

En este contexto, otros autores han proporcionado evidencia cuantitativa, por ejemplo, Cadena-Cadena et al., (2024) evaluaron híbridos de maíz pigmentado en Sonora, reportando que el maíz morado presentó un contenido significativamente mayor de antocianinas (340.98 mg/100 g), polifenoles (173.68 mg GAE/100 g) y flavonoides (575.10 mg QE/100 g) en comparación con el maíz rojo. Ambos híbridos mostraron una capacidad antioxidante superior al 50% frente a los radicales ABTS y DPPH, lo que evidencia que no solo la presencia, sino la concentración de estos compuestos es determinante para la actividad biológica. De manera similar, Mex-Álvarez et al., (2018) encontraron que, entre varias variedades criollas, el maíz morado tuvo la mayor actividad hipoglucemiante (16.7%) en modelos murinos, junto con el índice glucémico más bajo

(46.88%) y una notable capacidad para inhibir la enzima  $\alpha$ -amilasa (29.2%), mientras que las variedades de menor pigmentación mostraron un efecto nulo o reducido. Estos resultados correlacionan la alta concentración de antocianinas y polifenoles directamente con una respuesta hipoglucemiante significativa.

### **5.3. Actividades biológicas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

En cuanto al frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), diversos estudios han caracterizado su composición fitoquímica y su relación con la salud humana. Pérez-Perez et al., (2020) analizaron seis variedades de frijol, encontrando que el contenido de fenoles totales en estado crudo oscilaba entre 1.91 y 5.66 mg GAE/g, mientras que tras la cocción este rango disminuyó a 0.68-3.47 mg GAE/g. De manera similar, los flavonoides se redujeron de 0.833-3.31 mg EQ/g en crudo a 0.21-0.37 mg EQ/g en cocido. La capacidad antioxidante, evaluada mediante DPPH, ABTS y FRAP, también mostró una disminución generalizada tras el tratamiento térmico. Por su parte, Cid-Gallegos et al., (2023) reportaron que el consumo de frijol se asocia con una disminución de enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes, obesidad, síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares, atribuyendo este efecto a su alto contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y capacidad antioxidante, lo que posiciona al frijol como una alternativa para la sustitución de carnes.

No obstante, investigaciones posteriores han matizado estos hallazgos y ampliado el espectro de actividades biológicas atribuidas al frijol. Contrario a la tendencia descrita por Pérez-Perez et al., (2020), Mani et al., (2024) reportaron que, en el frijol rojo (*red kidney bean*), el contenido de fenoles totales fue mayor en la muestra cocida en comparación con la cruda, aunque los flavonoides fueron más elevados en el grano crudo. Estos autores también demostraron que tanto el frijol crudo como el cocido presentaron una excelente actividad antioxidante (% de inhibición del DPPH de hasta 97.05%) y antidiabética, con una inhibición de la  $\alpha$ -amilasa que alcanzó el 81.98%, lo que sugiere que el procesamiento térmico no necesariamente compromete el potencial funcional de todas las variedades de frijol.

En línea con estas observaciones, diversos trabajos han explorado específicamente el potencial hipoglucemiante del frijol a través de mecanismos enzimáticos. Se ha demostrado que los extractos de frijol son capaces de inhibir enzimas clave en el metabolismo de los carbohidratos, como la  $\alpha$ -amilasa y la  $\alpha$ -glucosidasa. En un estudio que evaluó nueve variedades de frijol cultivadas en Chile, se observó que los mejores efectos sobre la  $\alpha$ -glucosidasa correspondieron a las variedades Negro Argel, Bayote y Enriqueta, con valores de  $IC_{50}$  que oscilaron entre 0.006 y 0.820  $\mu\text{g/mL}$ , lo que evidencia un potente efecto hipoglucemiante en estas variedades. Asimismo, Thummajitsakul et al., (2023) encontraron que los extractos etanólicos de frijol rojo (*red kidney bean*) mostraron la mayor actividad antioxidante, mientras que los de frijol blanco (*white kidney bean*) presentaron la mayor capacidad anti-glucosidasa, estableciendo una correlación positiva significativa entre el contenido de fenoles totales y la actividad anti-glucosidasa ( $r=0.41$ ).

#### **5.4. Actividades biológicas de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*)**

Varios estudios han determinado que la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) tiene propiedades biológicas como la prevención y el tratamiento de enfermedades inflamatorias; además de su principal actividad antioxidante, los extractos etanólicos de esta especie presentan la capacidad de disminuir los radicales libres mediante ensayos como DPPH y ABTS. Del mismo modo, los resultados de DPPH reportaron concentraciones de 150 a 90  $\mu\text{g/mL}$ ; la mayor presencia se observó con extracto acetónico, mientras que el ABTS demostró una capacidad antioxidante dependiente en cuanto a la relación dosis-dependiente (Us-Medina, Millán-Linares, Arana-Argaes, & Segura-Campos, 2020).

## **VI. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Origen y características del cilantro (*Coriandrum sativum* L.)**

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta herbácea perteneciente a la familia Apiaceae, con una estructura botánica que consiste en hojas polimórficas; la parte superior es fina y dividida con apariencia plumosa, mientras que la parte inferior son anchas, bipinnadas y lobuladas, con un color verde brillante característico en etapas jóvenes, volviéndose amarilla en la madurez, que al ser liberadas desprende un intenso olor debido a los compuestos volátiles, en su mayoría aldehídos. Además, presenta un tallo delgado, recto y ramificado, con flores que se agrupan en inflorescencias compuestas, con diámetro de 5 y 10 cm; suelen ser pequeñas y de color blanco o rosado pálido. Así mismo, el fruto conocido como semilla es un esquizocarpo globular que va de 3 a 5 mm de diámetro, el cual se divide en dos mericarpos al madurar (Patel Mk, 2025).

*Coriandrum sativum* L. presenta un alto contenido de fenoles y flavonoides, estos compuestos han sido relacionados por contribuir con la regulación de niveles de glucosa en la sangre; además, facilitan la producción de insulina. Esta especie vegetal presenta propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antidiabéticas y anticancerígenas; por lo general, es empleada como auxiliar en el tratamiento de la diabetes mellitus II, debido a que favorece el control glucémico a través de mecanismos antioxidantes (De la Fuente-Salcido & Escalante-González, 2025).

### **6.2. Origen y características del maíz (*Zea mays* L.)**

Desde la antigüedad hasta el día de hoy, el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante a nivel mundial, ya que forma parte de la dieta de millones de personas; además, representa una fuente de ingresos para los productores. Por lo general, este cultivo es originario de México; su clasificación taxonómica es la siguiente: Pertenece al reino Plantae, clase Monocotiledóneas, orden Poales, familia Poaceae, género *Zea* y especie *Zea mays* L. En cuanto a su estructura, el maíz puede alcanzar entre 3 metros de altura y 5.4 a 12 cm de ancho; sus hojas inician desde el tallo y pueden llegar a medir entre 16 y 19 cm. Sin embargo, presenta inflorescencias unisexuales que se encuentran separadas en la misma planta; la inflorescencia masculina es conocida como espiga y se encuentra en la parte superior, mientras que la inflorescencia femenina se encuentra

en las yemas axilares, denominada mazorca, que puede presentar diversos colores dependiendo de la variedad. Finalmente, el grano del maíz presenta un pericarpio que puede ser incoloro o tener tonalidades rojas, marrones o moradas (Osorio-Santiago, 2022).

### **6.3. Origen y características del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

El frijol también es conocido con otros nombres como alubia, caraota, judía y poroto; pertenece a la familia de Fabaceae, una de las más extensas dentro del reino vegetal con 19,400 especies. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tiene una importancia, cultural, nutricional y económica debido a que ha formado una parte fundamental en la alimentación humana desde tiempos prehispánicos, especialmente en Mesoamérica. A nivel mundial, México ha sido reconocido como el centro del origen y domesticación del género *Phaseolus*, donde se han identificado aproximadamente 150 especies, de las cuales solo 57 se encuentran en territorio mexicano. Sin embargo, es una planta herbácea que presenta un hábito perenne con crecimiento trepador o semitrepador; en su estructura posee flores hermafroditas y tienden a mostrar una colorimetría morada, blanca o combinaciones bicolors; sus vainas son lisas o suelen presentar diminutos puntos glandulares en su superficie (CONABIO, 2024).

### **6.4. Descripción botánica de la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*)**

*Cnidoscolus chayamansa* Mc Vaugh es conocida como la chaya en la Península de Yucatán, pertenece a la familia Euphorbiaceae, es una planta semiperenne y semileñosa; por lo general, se encuentra en cálidos subhúmedos. Sus hojas son usadas como parte de la dieta tradicional; sin embargo, se le atribuyen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y contra enfermedades como la diabetes (Molina-Equihua, y otros, 2024).

De la chaya *Cnidoscolus aconitifolius* surge una variante conocida como *Cnidoscolus chayamansa*, una especie que se encuentra distribuida en regiones tropicales, principalmente en el sur de México. Se caracteriza por tener un crecimiento tipo arbusto, que llega a alcanzar hasta 3 metros de altura y 2 metros de ancho. Desarrolla flores femeninas y masculinas en la cima, pedunculadas, que ayudan a su reproducción. Sus hojas son comestibles cuando pasan por un proceso de cocción, debido a que liberan

sus toxinas en forma de gas; por lo general, los brotes pueden ser entre 8 y 10 semanas (Posada-Mayorga, 2020).

### **6.5. Síndrome metabólico**

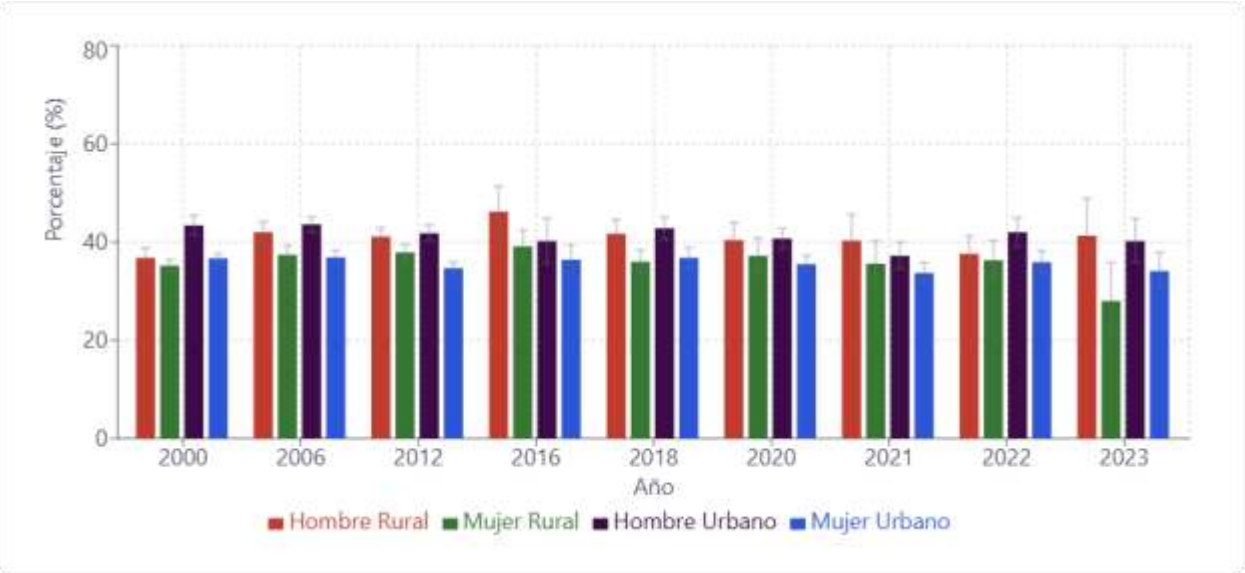
Actualmente, el síndrome metabólico constituye uno de los principales desafíos en la salud pública en México, cuya etiología se desconoce. Según Peinado-Martínez et al., (2021), el síndrome se define como un conjunto de alteraciones metabólicas, que se presenta de manera simultánea en un individuo, asociada principalmente a la resistencia a la insulina, impidiendo la absorción y aprovechamiento de la glucosa, lo que genera un aumento descontrolado de los niveles de glucosa en la sangre, favoreciendo el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes mellitus tipo II y enfermedades cardiovasculares. Por lo general, la prevalencia de este síndrome varía de acuerdo con factores como el género, el origen étnico y tiende a aumentar con la edad

A través de los años se han propuesto diversos mecanismos que contribuyen al desarrollo del síndrome metabólico, como la obesidad, los trastornos del tejido adiposo, la resistencia a la insulina, factores metabólicos, vasculares o inmunológicos. Estos mecanismos no actúan de manera aislada, sino que se interrelacionan y se potencian entre sí. Bajo este contexto, la mala alimentación basada en exceso de calorías, la falta de actividad física o el sedentarismo propicia el desarrollo de este síndrome. Con el fin de mejorar la identificación, distintas organizaciones internacionales han propuesto criterios basados en la presencia de factores de riesgo metabólicos. Por lo que, en Latinoamérica, se han propuesto medidas para la identificación de obesidad abdominal para los hombres de 95.5 cm y mujeres de 91.5 cm (Ramírez-López, Aguilera, Rubio, & Aguilar-Mateus, 2021).

#### **6.5.1. Estadísticas del síndrome metabólico a nivel mundial, nacional y regional**

La Organización Mundial de la Salud (2025) afirma que en el año 2021 se registró 3,7 millones de muertes en todo el mundo por enfermedades no transmisibles como la diabetes, el cáncer, enfermedades respiratorias, trastornos digestivos y enfermedades cardiovasculares. Mientras que en el 2022 alrededor de 2,500 millones de personas de 18 años presentaban sobrepeso, de los cuales 890 millones eran obesos, es decir, que el 43% de la población adulta tenía sobrepeso y 16% obesidad, durante ese mismo año,

la población infantil también ha demostrado un crecimiento significativo: más de 390 millones de niños entre los 5 y 19 años tenían sobrepeso, de los cuales 160 millones eran obesos, mientras que en el 2024, se registró 35 millones de niños menores a 5 años presentaban sobrepeso. La prevalencia de estas enfermedades se ha duplicado desde 1990. Con base en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2025) en el 2023 la prevalencia de obesidad fue mayor en localidades rurales con 40.2%, mientras que en zonas urbanas fue del 38.6% (Figura 1).

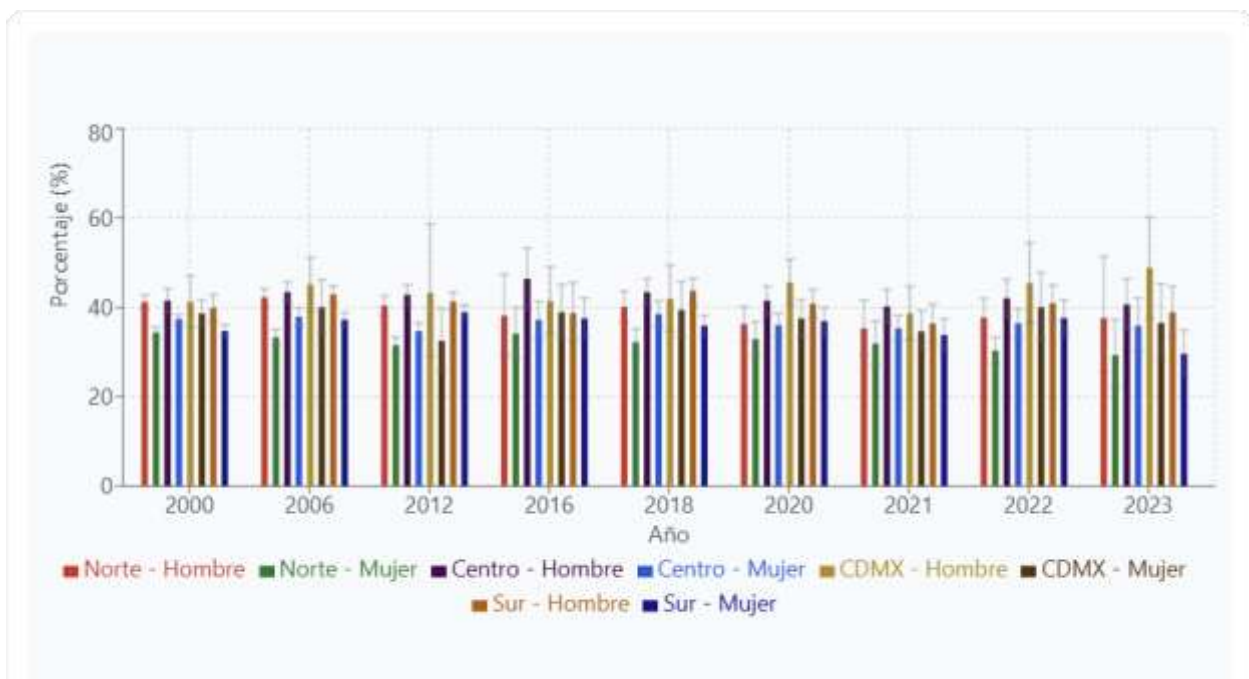


**Figura 1.** Prevalencia de obesidad en hombres y mujeres pertenecientes a localidades rurales desde el año 2000 al 2023.

**Fuente:** Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2025).

La Secretaría de Salud (2025) menciona que México presenta un 37.3% de sobrepeso y un 38.9% en obesidad en adultos mayores; sin embargo, la prevalencia de obesidad es del 13.2%, más alta en mujeres que en hombres, de igual manera, la prevalencia de sobrepeso fue del 13.7%, más frecuente en hombres que en mujeres. De acuerdo con los datos publicados en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2025) la región del Sur de México presentó variaciones en cuanto al sobrepeso en hombres adultos durante el 2020 al 2023, dentro de estos datos se presentaron porcentajes que van de 36.4 al 40.9%, mientras que, las mujeres registraron valores más bajos alrededor de 29.6 a 36.9%, durante los 3 años. De igual manera, se registraron valores alarmantes

en la población femenina en cuanto a la prevalencia de la obesidad, debido a que, en el 2021, se registró un 40.3% el cual aumento drásticamente en el 2023 hasta alcanzar un 44.2%, en cambio, la población masculina se mantuvo estable durante los años, pasando de un 33.2 a 33.5% (Figura 2).



**Figura 2.** Prevalencia de obesidad y sobrepeso en mujeres y hombres en regiones de México (norte, centro, y sur).

**Fuente:** Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2025).

### 6.5.2 Estrategias dietéticas para el control del Síndrome metabólico mediante el consumo de alimentos de origen agrícola.

Los resultados obtenidos por diferentes investigaciones manifestaron que el origen del SM se encuentra relacionado con el sobrepeso y la obesidad, provocando un estado de inflamación crónica, lo que favorece la aparición de este síndrome; no obstante, se ha demostrado que las dietas hipocalóricas permiten la pérdida de peso y mantienen niveles estables, por lo general, el consumo de legumbres y otros alimentos de cultivo ha demostrado una reducción de riesgo de padecer enfermedades como el síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares (Dearos-Sanchis, 2023).

## **6.6. Flavonoides y su actividad antioxidante presente en diversas familias vegetales de cultivo agrícola.**

Las familias botánicas como Leguminosae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Rutaceae, Boraginaceae y Compositae, han sido objeto de estudio durante los últimos años, por su capacidad antioxidante y contenido de flavonoides (quercetina, catequina, luteolina, naringenina, diosmetina, y kaempfero) que contribuyen a la prevención y tratamiento de diversas enfermedades; sin embargo, diversas investigaciones han evidenciado que los métodos más usados para evaluación de su actividad antioxidante son el DPPH, ABTS, FRAP Y ORAC las cuales destacan por ser técnicas rápidas, confiables y económicas (Santafe-Rocha, 2022).

## **6.7. Actividad antioxidante**

Los antioxidantes son sustancias que poseen la capacidad de neutralizar la acción oxidante de los radicales, mediante liberación de electrones; sin embargo, varios estudios revelan que los frutos de regiones templadas son alimentos que, por su composición química, contienen gran cantidad de compuestos antioxidantes; por lo general, son moléculas con un bajo peso molecular, que pueden tener origen endógeno o exógeno (Mejía-Reyes, García-Cabrera, Velázquez-Ovalle, & Vázquez-Ovando, 2022).

Gulcin (2020) afirma que los antioxidantes endógenos se desarrollan dentro del organismo debido a la exposición a radicales libres; no obstante, los antioxidantes exógenos se obtienen de los alimentos que ingerimos al día, como la vitamina E, vitamina C y carotenoides. De igual forma, se pueden adquirir de compuestos fenólicos, flavonoides, quercetina e isoflavonas (Banerjee, et al., 2016).

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se ejerce mediante múltiples mecanismos:

1. Captación directa de radicales libres: Los polifenoles, gracias a sus grupos hidroxilo aromáticos, donan átomos de hidrógeno o electrones para estabilizar radicales como el anión superóxido ( $O_2^-$ ), el radical hidroxilo ( $OH\cdot$ ) y el peroxilo ( $ROO\cdot$ ), interrumpiendo las reacciones en cadena de peroxidación lipídica (Saibabu, Fatima, Khan, & Hameed, 2015).

2. Quelación de metales de transición: Compuestos como flavonoides y ácidos fenólicos quelan iones metálicos ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ) que catalizan la formación de radicales hidroxilos mediante la reacción de Fenton, previniendo así el daño oxidativo (Leopoldini et al., 2011).
3. Inhibición de enzimas prooxidantes: Diversos polifenoles inhiben enzimas como la xantina oxidasa, la lipoxigenasa y la NADPH oxidasa, reduciendo la generación intracelular de ROS (Pietta, 2000).
4. Modulación de sistemas de defensa antioxidante endógenos: Los compuestos fenólicos pueden activar factores de transcripción como Nrf2 (factor nuclear eritroide 2 relacionado con factor 2), incrementando la expresión de enzimas antioxidantes como el superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GPx) (Ullah, Zhongqiu, Zuberi, Ui-Arifeen, & Faran, 2019).

## **6.8. Actividad antidiabética o hipoglucemiante**

La DM2 se caracteriza por hiperglucemia crónica resultante de defectos en la secreción de insulina, resistencia a la insulina o ambas. El control de la glucosa postprandial es crucial para prevenir complicaciones microvasculares y macrovasculares. Una estrategia terapéutica efectiva es la inhibición de enzimas digestivas de carbohidratos, específicamente la  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa, que hidrolizan polisacáridos y disacáridos en monosacáridos absorbibles (Ramón-Canul et al., 2023).

La actividad antidiabética de los extractos vegetales se ejerce mediante los mecanismos siguientes:

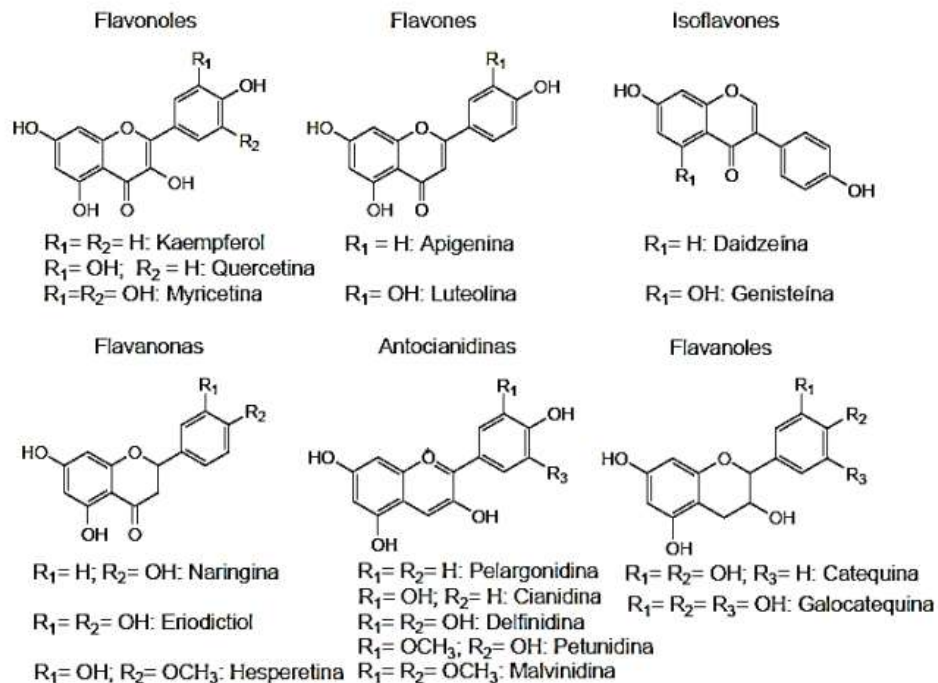
1. Inhibición de  $\alpha$ -amilasa: Esta enzima pancreática hidroliza el almidón en oligosacáridos y disacáridos. Su inhibición retrasa la digestión de carbohidratos complejos, reduciendo la velocidad de aparición de glucosa en sangre. Los polifenoles, especialmente taninos y flavonoides, forman complejos con la enzima o con el sustrato, modificando su actividad catalítica (Tundis et al., 2010). Extractos de *Momordica charantia* (melón amargo) y *Swietenia humilis* han

mostrado capacidad para reducir niveles de glucosa mediante este mecanismo (Yuan et al., 2008; Ovalle et al., 2015).

2. Inhibición de  $\alpha$ -glucosidasa: Esta enzima localizada en el borde en cepillo del intestino delgado hidroliza disacáridos (maltosa, sacarosa, lactosa) en monosacáridos. Su inhibición retrasa la absorción de glucosa, atenuando los picos postprandiales. Fármacos como acarbosa y miglitol actúan mediante este mecanismo, pero presentan efectos secundarios gastrointestinales. Los flavonoides y ácidos fenólicos ofrecen una alternativa con menor incidencia de efectos adversos (Dineshkumar, Mitra, & Manjunatha, 2010).
3. Mejora de la sensibilidad a la insulina: Compuestos como el ácido clorogénico y la quercetina activan la vía de señalización de AMPK (proteína quinasa activada por AMP), promoviendo la translocación de GLUT4 a la membrana celular y aumentando la captación de glucosa en músculo y tejido adiposo (Eid et al., 2010).
4. Inhibición de la gluconeogénesis hepática: Algunos polifenoles reducen la producción hepática de glucosa mediante la inhibición de enzimas clave como la glucosa-6-fosfatasa y el fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK) (Ong et al., 2012).

### **6.9. Compuestos fenólicos y flavonoides en plantas**

Las plantas tienen la capacidad de sintetizar una amplia variedad de metabolitos secundarios que contienen en su estructura un grupo fenol, estas sustancias son conocidos como compuestos fenólicos, polifenoles o fenilpropanoides, que presentan como base un anillo aromático unido al grupo hidroxilo, por otro lado, los flavonoides contienen una estructura química de varios grupos hidroxilos y fenólicos (Figura 3), además son conocidos como bioflavonoides, que comprenden alrededor de 3000 compuestos con una estructura similar. Tanto los fenoles como flavonoides se encuentran distribuidos en la mayoría de las especies vegetales (Martín-Gordo, 2018).



**Figura 3.** Estructura química de Flavonoides

**Fuente:** Tomado de Posada-Mayorga (2020), quien cita a Manach et al., (2004).

## 6.10 Agroecosistemas tradicionales y soberanía alimentaria: El papel del programa Sembrando vida

De acuerdo con Secretaría de Bienestar (2020), el programa Sembrando Vida es una estrategia impulsada por el Gobierno de México, cuyo objetivo principal es mejorar la calidad de vida de los habitantes en las comunidades rurales, mediante la autosuficiencia alimentaria y la reconstrucción del tejido social y ambiental; sin embargo, este programa fundamenta el enfoque de desarrollo sostenible, el cual busca un equilibrio en el uso responsable de los recursos naturales, además de impulsar el conocimiento tradicional de las comunidades. Sembrando Vida impulsa la implementación de sistemas agroforestales en los cuales se combinan cultivos agrícolas con árboles frutales y maderables.

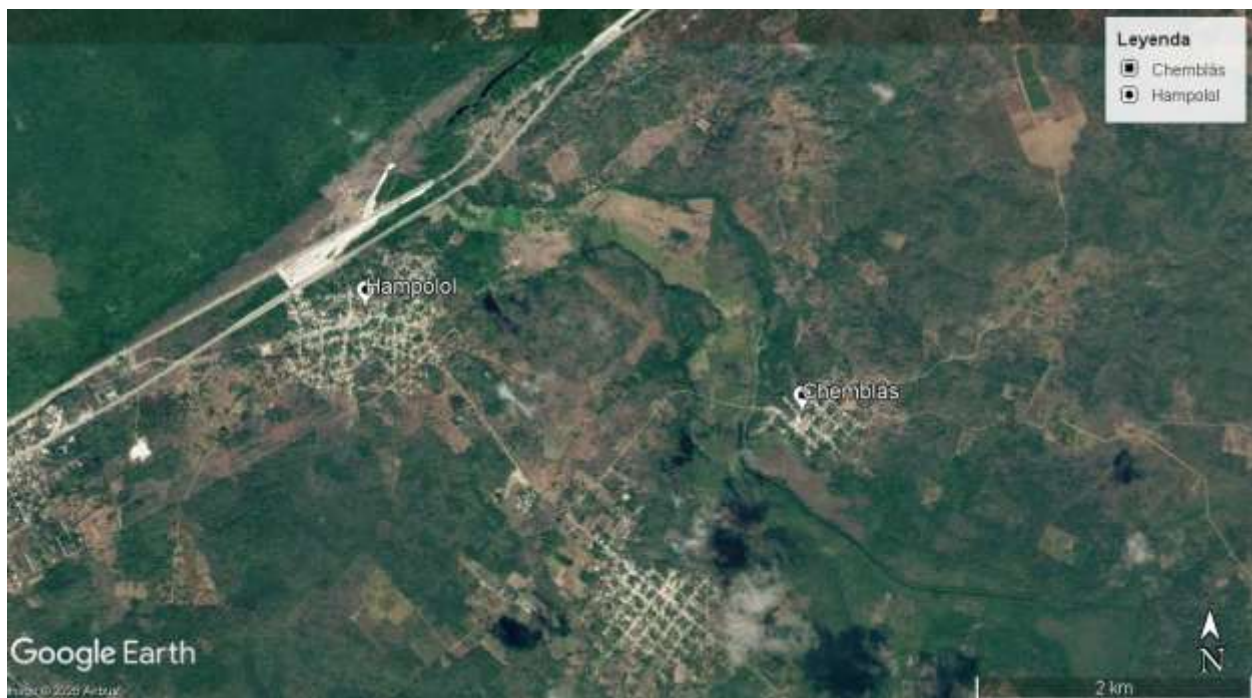
La disponibilidad y conservación de estos recursos alimenticios con potencial nutracéutico están intrínsecamente ligadas a la salud de los agroecosistemas tradicionales, como la milpa y los sistemas agroforestales. Estos sistemas se

caracterizan por su alta biodiversidad, resiliencia ecológica, adaptación cultural y capacidad para proporcionar una dieta diversa y equilibrada a lo largo del ciclo agrícola (Martínez-Salvador et al., 2020).

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. Área de estudio

El presente estudio, se desarrolló en los municipios de Chemblás y Hampolol. Ambas comunidades pertenecen al estado de Campeche, se caracterizan por tener condiciones climáticas cálidas con precipitaciones predominantes en meses de verano y temperatura media anual de 26.9 °C, con rangos que van de 12.6°C hasta 43.4°C (Figura 4).



**Figura 4.** Vista satelital de las comunidades rurales de Chemblás y Hampolol

**Fuente:** Imagen obtenida de Google Eart (2026).

El análisis de las muestras obtenidas se realizó en el Instituto Tecnológico de Chiná (Figura 5), en las instalaciones del laboratorio de Instrumentación y equipos, donde se emplearon técnicas adecuadas para la conservación y extracción, así mismo, equipos especializados, lo que garantizó la precisión y confiabilidad de los resultados.



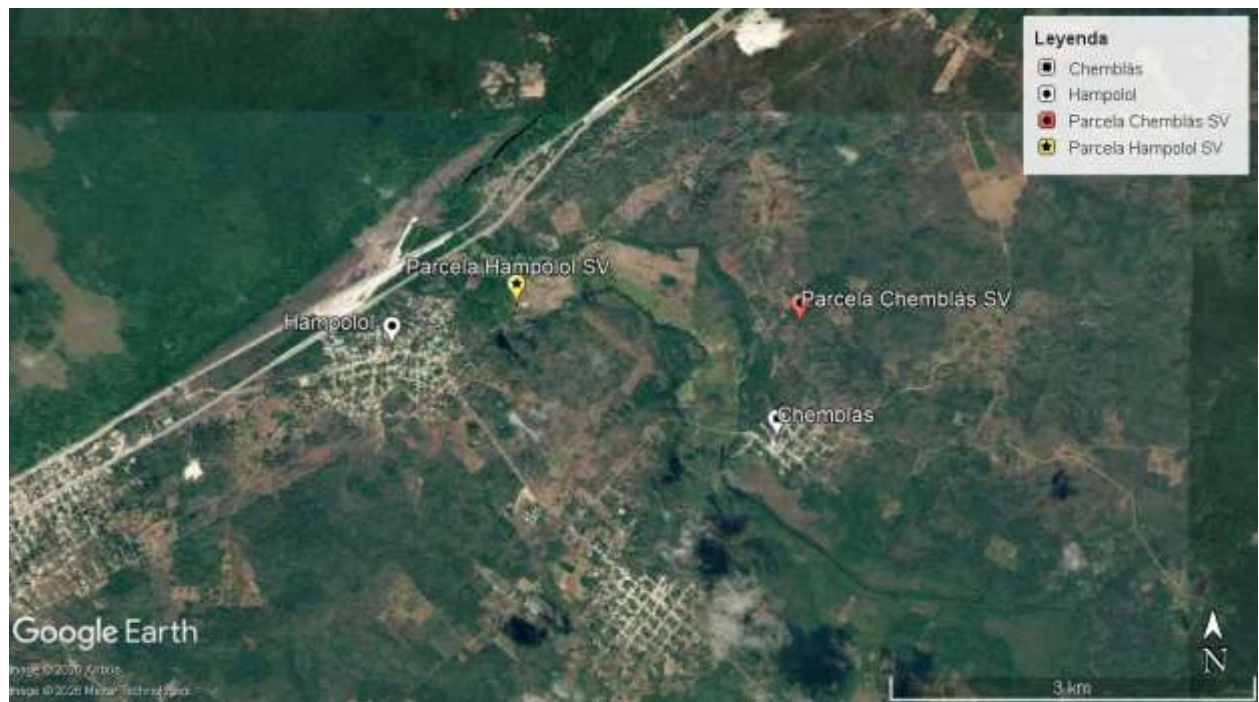
**Figura 5.** Vista satelital del Instituto Tecnológico de China

**Fuente:** Imagen obtenida de Google Eart (2026).

## 7.2 Muestreo

En cada comunidad, se seleccionaron una parcela agrícola beneficiaria del programa Sembrando Vida para la recolección de muestras vegetales como cilantro, chaya, maíz y frijol, donde se llevaron a cabo actividades de observación, muestreo y registro de datos.

La primera parcela se encuentra ubicada Chemblás en las coordenadas ( $19.928871^\circ$ ,  $-90.337623^\circ$ ) donde se obtuvieron muestras de cilantro y chaya. Mientras que, la segunda parcela se encuentra en Hampolol, en las coordenadas ( $19.930228^\circ$ ,  $-90.351880^\circ$ ) en él se extrajeron muestras de dos variantes de maíz y frijol (Figura 6).



**Figura 6.** Vista satelital de las parcelas beneficiarias del programa Sembrando Vida.

**Fuente:** Imagen obtenida de Google Eart (2026).

La recolección de las muestras vegetales se llevó a cabo de manera manual; se seleccionaron plantas representativas de cada cultivo bajo condiciones adecuadas de higiene y sanidad. Finalmente, las muestras fueron resguardadas y etiquetadas.

### **7.3 Extracción del tejido vegetal a polvo**

Con las muestras vegetales obtenidas se realizó una limpieza mediante lavado de agua corriente, con el fin de retirar restos de suelo y material externo adherido. Una vez limpias, las muestras fueron distribuidas de manera uniforme sobre las bandejas metálicas del horno de secado (modelo 223-M3-INOX) para un secado homogéneo; en seguida, se introdujeron en el horno para un secado a temperatura controlada de 50°C a 24 horas.

Una vez finalizado el secado, las muestras se retiraron del horno y trituradas empleando un mortero con pistilo hasta obtener un polvo fino. Con el producto obtenido se procedió a tamizar con diferentes mallas de 1000, 600, 250 y 125  $\mu\text{m}$  con un tamiz modelo MINOR-M200

## **7.4 Extracción por ultrasonido**

La muestra de tejido vegetal se mezcló con metanol al 80% con proporciones de 2 g/20 mL, posteriormente se sometió a extracción con un baño de ultrasonido (modelo 22800H) con 240 W de potencia, frecuencia de 40 KHz y amplitud de frecuencia de 100% a diferentes tiempos (10 y 20 min a  $25 \pm 2$  °C).

Los extractos se centrifugaron (2500 rpm) durante 15 min en una centrífuga marca Busen (modelo FINSEN T4A), el sobrenadante se recolectó y el precipitado se sometió a una segunda extracción siguiendo el mismo procedimiento. Los sobrenadantes se combinaron hasta completar un volumen de 40 mL y se almacenaron en refrigeración.

## **7.5. Evaluación de la calidad nutricional**

### **7.5.1 Análisis químico proximal**

Los análisis químicos proximales se determinaron de acuerdo con los métodos de la AOAC (2005 a,b,c,d). La humedad y materia seca se calcularon mediante el método 926.08. El contenido de proteína cruda se obtuvo mediante el cálculo de los niveles de nitrógeno total como se describe en el método 920.23. El contenido de cenizas y fibra cruda se determinó por los métodos 923.03 y 962.09. El contenido de grasa cruda se realizó por el método 920.39 utilizando un sistema Soxhlet.

### **7.5.2. Fibra dietética total (FDT), fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI)**

El contenido de FDT, FDS y FDI se analizó utilizando el método enzimático gravimétrico propuesto por Prosky et al., (1998). Para esto se pesó un gramo de muestra en cada uno de los respectivos matraces y se le añadió a cada uno 50 mL de buffer de fosfato (0.05 N, pH 6) y 0.1 mL de enzima  $\alpha$ -amilasa (Sigma P-3910). Los matraces se calentaron en un baño de agua a 100 °C con agitación constante (60 rpm) durante 15 min, se enfrió y se ajustó el pH a 7.5.

Los matraces se colocaron en un baño de agua a 60 °C, se le añadió a cada uno 0.3 mL de la enzima amiloglucosidasa (Sigma A-9913) y se agitó durante 30 min. Posteriormente, se les añadió 95 g/kg de etanol precalentado a 60 °C en una relación de 1:4 (v/v). El contenido de los matraces se filtró a vacío en recipientes de fusión que contenían Celite (Sigma C-8656). El residuo restante en el matraz se lavó tres veces con

20 mL de etanol al 78%, dos veces con 10 mL de etanol al 95% y dos veces con 10 mL de acetona. Los residuos se colocaron en crisoles, se secaron (105 °C durante 90 min) y se pesaron. Finalmente, se pasaron a la mufla a 550 °C durante cinco horas y se volvieron a pesar. Los cálculos se realizaron de la manera siguiente:

$$\text{FDT} = [\text{residuo (g)} - \text{proteína (g)} - \text{contenido de cenizas (g)} - \text{blanco}] / \text{peso de la muestra (g)} * 100$$

$$\text{FDS} = [(\text{residuos (g)} - \text{cenizas (g)}) (\text{peso de la muestra en mg})^{-1}] * 100$$

$$\text{FDI} = \text{FDT} - \text{FDS}$$

### 7.5.3. Determinación de Fenoles

Se determinó mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965) modificado por González-Aguilar et al., (2007). 50 µL del extracto metanólico se diluyó en 3 mL de agua destilada y 250 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu (1N en agua destilada) dejando reposar 5 min. Posterior al tiempo de equilibrio, 750 µL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (20% v/v  $\text{H}_2\text{O}$ ), 950 µL de agua destilada fueron añadidos a los extractos, el cual se dejaron reposar por 30 min en oscuridad a temperatura ambiente. Las muestras se leyeron a una absorbancia de 760 nm con un espectrofotómetro UV-Thermo Scientific-G10S-UV-VIS (2L50299111). Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de polvo seco (CS). La curva de calibración se realizó con concentraciones entre 100 y 1000 ppm de ácido gálico.

### 7.5.4. Determinación de Flavonoides

Se determinó mediante el método descrito por González-Aguilar et al., (2007). 1 mL del extracto metanólico se mezcla con 4 mL de agua destilada y 300 µL de nitrito de sodio de  $\text{NaNO}_3$  (5 % v/v,  $\text{H}_2\text{O}$ ) dejando reposar por 5 min. Posterior al tiempo de equilibrio, 300 µL de la disolución de cloruro de aluminio  $\text{AlCl}_3$  (10% v/v, metanol) se adiciona a la mezcla. Después de 1 min, se adiciona 2000 µL de hidróxido de sodio NaOH 1M y 2400 µL de agua destilada, la mezcla se homogeniza y se leyó a una absorbancia de 415 nm con un espectrofotómetro UV- Thermo Scientific-G10S-UV-VIS (2L50299111). La concentración de flavonoides totales se expresó como mg equivalentes de Quercetina (EQ)/g de polvo seco utilizando una curva de calibración con patrones de Quercetina con concentraciones de 25-300 ppm.

#### 7.5.5. Capacidad antioxidante por DPPH

La evolución de la actividad antioxidante de los extractos se determinó empleando la metodología de Brand- Williams et al (1995). La solución stock se preparó mezclando 2.5 mg de radical DPPH con 100 ml de metanol puro. Esta solución fue ajustada a una absorbancia de  $0.7 \pm 0.02$  con el mismo disolvente a 515 nm. Tras ajustar el blanco con metanol, una alícuota de 100  $\mu$ l de extracto fue añadido a 3.9 ml de solución de DPPH. La disminución de la absorbancia a 515 nm fue medido a intervalos de 1 min por 5 min y luego cada 5 min hasta lograr la estabilidad utilizando un espectrofotómetro UV- Thermo Scientific-G10S-UV-VIS (2L50299111). Se calculó el porcentaje de inhibición como  $(\text{absorbancia control} - \text{absorbancia muestra} / \text{absorbancia control}) * 100$  y el resultado fue expresado como mM equivalentes a trolox (ET)/g de polvo seco, usando una curva de calibración con concentraciones entre 100 y 1000  $\mu$ M ET/mL. Adicionalmente fue expresado los resultados como: g EBHT/100 g de peso seco, usando una curva de calibración con concentraciones entre 5 y 100 ppm.

#### 7.5.6. Actividad antioxidante por ABTS

La evolución de la actividad antioxidante de los extractos se determinó empleando la metodología de Re et al., (1999). El catión  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  se generó mediante la mezcla de 19.2 mg de  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  con 5 mL de agua destilada y 88  $\mu$ L de persulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) (0.0378 g/mL. en agua destilada). La solución se homogenizo y se incubo en oscuridad a temperatura ambiente ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ) durante 18 h; entonces 1 mL de esta solución de  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  se diluyó en 100 mL de etanol. El radical fue ajustado a una absorbancia de  $0.7 \pm 0.02$  a 734 nm. Posteriormente en una cubeta de espectro de 4 ml, se adiciono 3970  $\mu$ L de solución de  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  y 30  $\mu$ L de extracto. La disminución de la absorbancia a 734 nm fue medido a intervalos de 1 min por 10 min y luego cada 5 min hasta que las variaciones de absorbancia estuvieron en torno a 0.003/minuto, lo cual indico que la reacción se ha completado (Schlesier et al., 2002). El porcentaje de inhibición se realizó como:  $(\text{absorbancia control} - \text{absorbancia muestra} / \text{absorbancia control}) * 100$  y el resultado se expresó como mM equivalente a trolox (ET) 100 g de polvo seco, mediante una curva de calibración con concentración de 100 y 1700  $\mu$ M ET/mL. Adicionalmente fue expresado los resultados como: g equivalente a BHT (EBHT)/100 g de polvo seco,

usando una curva de calibración con concentraciones entre 5 y 250 ppm. En caso de tener una concentración alta de antioxidantes, diluir 10 veces.

#### **7.5.7. FRAP**

La actividad antioxidante se determinó mediante el método de reducción férrica (FRAP, por sus siglas en inglés) según Arnous et al., (2002). Se mezclaron 100 µL de extracto, 100 µL de cloruro férrico (3 mM) y 1800 µL de solución de TPTZ (2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina) (1 mM). La reacción se mantuvo en un baño de agua a 37 °C durante 30 min. La absorbancia se midió a 620 nm. Los resultados se expresaron como mg de equivalentes de Trolox (TEAC) por 100 g de muestra, utilizando una curva de calibración con estándares de Trolox.

#### **7.5.8. Actividad hipoglucemiante**

Esta actividad se llevó a cabo siguiendo la metodología de Dineshkumar et al., (2010). El almidón se suspendió en un tubo que contenía 0.2 mL de Tris-HCl 0.5 M (pH 6.9) con cloruro de calcio (0.01 M) (sustrato). El tubo se calentó a 100 °C durante cinco minutos y luego se preincubó a 37 °C durante cinco minutos. El extracto acuoso se disolvió con 1 mL de sulfóxido de dimetilo (0.1%) para obtener concentraciones de 50, 100, 200, 400, 600, 800 y 1000 µg/mL. Luego se colocó 0.2 mL de extracto acuoso de una concentración particular en el tubo que contenía la solución de sustrato.

Posteriormente se añadió 0.1 mL de amilasa pancreática porcina en tampón Tris-HCl (2 unidades/mL) al tubo que contiene el extracto acuoso y el almidón. El proceso se llevó a cabo a 37 °C durante 10 minutos. La reacción se detuvo añadiendo 0.5 mL de ácido acético al 50% a cada tubo. La mezcla se centrifugó a 2000 revoluciones por cinco minutos. Finalmente, con ayuda de un espectrofotómetro se leyó la absorbancia del sobrenadante a 595 nm. La concentración del extracto acuso para inhibir el 50% de la actividad de la amilasa se definió como el valor de IC<sub>50</sub>. Los ensayos se realizaron por quintuplicado.

La inhibición de la α-glucosidasa se realizó de acuerdo con la metodología de Dineshkumar *et al.* (2010). La α-glucosidasa se mezcló con 20 µL de extracto acuoso a

diversas concentraciones (50, 100, 200, 400, 600, 800 y 1000  $\mu\text{g/mL}$ ) y se incubó durante cinco minutos a 37 °C. Luego se añadió paranitrofenil glucopiranosido mM (pNPG) (20  $\mu\text{l}$ ) en 50 mM de tampón fosfato (pH 6,8) para iniciar la reacción. La mezcla se incubó a 37 °C durante 20 min. La reacción finalizó cuando se le adicionó 50  $\mu\text{L}$  de carbonato de sodio (1 mM) y el volumen final se completó hasta 150  $\mu\text{L}$ . La actividad de  $\alpha$ -glucosidasa se determinó espectrofotométricamente a 405 nm en un lector de microplacas Biorad midiendo la cantidad de paranitrofenol liberado de pNPG. El ensayo se realizó por quintuplicado. La concentración del extracto acuoso requerida para inhibir el 50% de la actividad de  $\alpha$ -glucosidasa en las condiciones se definió como el valor de  $\text{IC}_{50}$ .

#### **7.5.9 Análisis estadístico**

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con un nivel de significación del 5%. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. El coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) se determinó entre los compuestos bioactivos, la actividad antioxidante e hipoglucemiante ( $P < 0,05$ ). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI (Statistical Graphics Corp., USA).

## VIII. RESULTADOS

**Análisis nutricional de los cultivos (humedad, ceniza, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, fibra dietética total, fibra soluble y fibra insoluble).**

**Cuadro 1.** Análisis nutricional de los diferentes cultivos del programa Sembrando Vida

| <b>Muestra</b> | <b>Humedad (%)</b> | <b>Ceniza (%)</b> | <b>Proteína cruda (%)</b> | <b>Grasa cruda (%)</b> | <b>Fibra cruda (%)</b> | <b>E.L.N (%)</b> |
|----------------|--------------------|-------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| Cilantro       | 84.246 ± 0.63a     | 0.14 ± 0.01e      | 1.21 ± 0.02e              | 4.492 ± 0.01c          | 2.516 ± 0.03e          | 7.39 ± 0.66c     |
| Chaya          | 65.78 ± 0.41b      | 4.65 ± 0.02a      | 10.76 ± 0.34b             | 7.41 ± 0.18a           | 10.21 ± 0.03a          | 1.20 ± 0.35d     |
| Maiz Chac Chob | 13.5 ± 0.07c       | 1.24 ± 0.03c      | 6.92 ± 0.85d              | 4.99 ± 0.06b           | 6.502 ± 0.04c          | 66.89 ± 0.88a    |
| Frijol negro   | 8.53 ± 0.08d       | 3.05 ± 0.05b      | 28.47 ± 0.08a             | 1.8 ± 0.04e            | 9.14 ± 0.02b           | 49.02 ± 0.14b    |
| Maiz Eh-Hu     | 13.49 ± 0.28c      | 1.17 ± 0.05d      | 8.3 ± 0.25c               | 3.16 ± 1.87d           | 4.4 ± 0.3d             | 68.56 ± 0.52a    |

E.L.N: Extracto Libre de Nitrógeno \* Los valores representan la media ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa de acuerdo con la prueba de Tukey (n = 5,  $p \leq 0.05$ ).

Los resultados del análisis proximal de las muestras evaluadas presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la composición nutricional de los cultivos del programa SV (Cuadro 1).

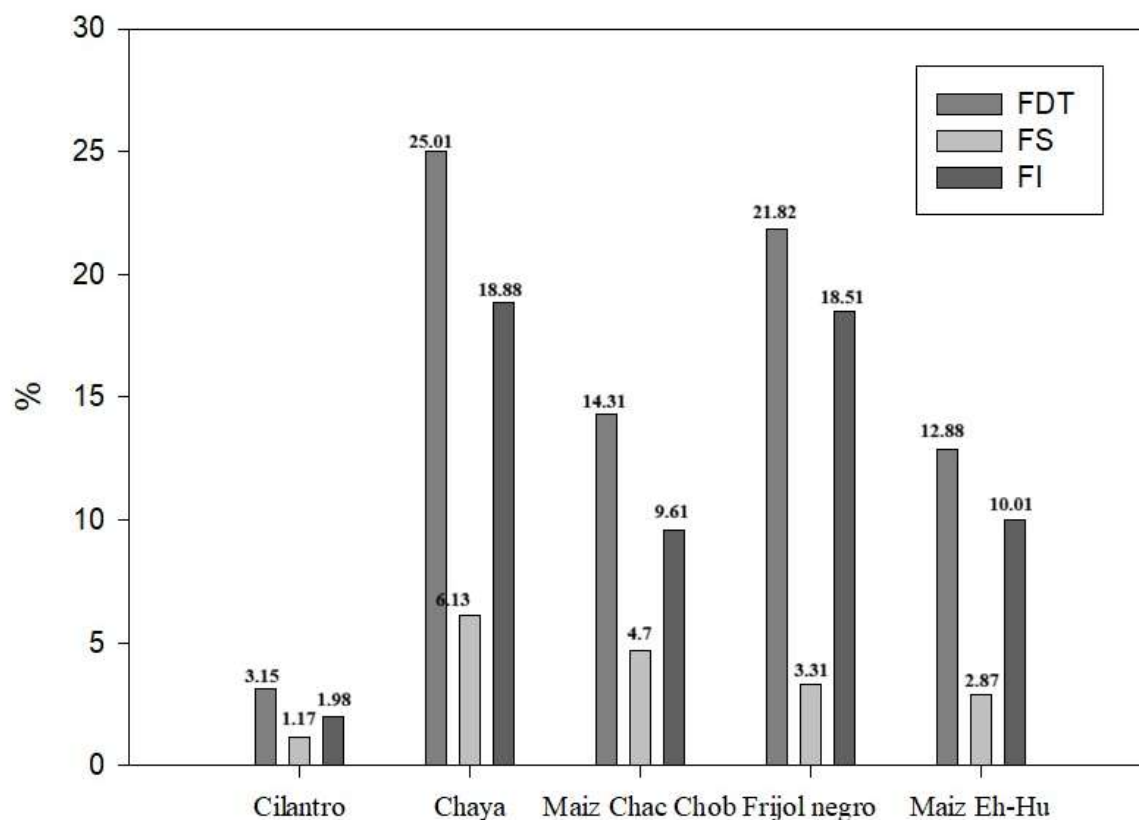
En cuanto al contenido de humedad, se observó que el cilantro registró el valor más alto con 84.24%, seguido de la chaya con un 65.78%, lo que es característico en tejidos vegetales frescos, debido a su alto contenido de agua, en comparación con el frijol, que presentó un valor bajo de 8.53% por su semilla seca, característico de su morfología.

Con respecto al contenido de ceniza, la chaya presentó un valor más alto de 4.65% y, en segundo lugar, el frijol con 3.05%, lo que indica un mayor aporte de minerales. Por su parte, los maíces Chac Chob se encuentran en contenidos intermedios

de 1.24% y el Eh-Hu con 1.17%, mientras que el cilantro registró el valor más bajo con 0.14%, sugiriendo una menor concentración en minerales.

Así mismo, el frijol negro sobresalió con un alto contenido proteico de 28.47%, seguido de la chaya con 10.76%, y el cilantro mostró un valor reducido de 1.21%. En lo que concierne al contenido de grasas crudas, la chaya alcanzó el valor más alto con 7.41% en comparación con el frijol, que registró un contenido menor a 1.8%.

En relación con la fibra cruda, la chaya presentó mayor contenido con 10.21%; posteriormente, el frijol negro con 9.14%. En cambio, el cilantro presentó menor contenido con 2.51%. Por último, el extracto libre de nitrógeno se encuentra relacionado con el contenido de carbohidratos; se encontró mayor presencia en la variedad de maíces, como el Chac Chob con 66.89% y en Eh-Hu con 68.56%, confirmando su función como fuente energética.



**Figura 7.** Contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en cultivos del programa Sembrando Vida. FDT: Fibra dietética total. FS: Fibra soluble. FI: Fibra Insoluble. Los valores representan la media ( $n = 5$ ,  $p \leq 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración Propia

En la Figura 7, se presenta el Contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en cultivos del programa Sembrando Vida. La chaya presentó un alto contenido de FDT de 25.01%, así como de FI de 18.88%, posicionándolo como una fuente importante de fibra, del mismo modo, el frijol reveló valores elevados en FDT con 21.82% y FI con 18.51%, demostrando su importancia a nivel nutricional en la dieta; sin embargo, las variantes de maíz como el Chac-Chob y Eh-Hu demostraron valores intermedios en FDT que van desde 14.31 y 12.88 %, mientras que el cilantro registró valores más bajos en todas las categorías: FDT con 3.15%, FS con 1.17% y FI con 1.98%. En general, los cultivos analizados presentaron mayor contenido de fibra insoluble sobre la fibra soluble.

## Contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante e hipoglucemiante de los cultivos analizados.

**Cuadro 2.** Contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante e hipoglucemiante  $\alpha$ -amilasa IC<sub>50</sub> ( $\mu\text{g/mL}$ ) y  $\alpha$ -glucosidasa IC<sub>50</sub> ( $\mu\text{g/mL}$ ) en diferentes cultivos del Programa Sembrando Vida.

| Muestra           | Fenoles<br>totales (mg de<br>AG/g de<br>extracto seco) | Flavonoides<br>(mg de Q/g de<br>extracto seco) | Actividad Antioxidante                                  |                                                         |                                                         | Actividad hipoglucemiante<br>(IC <sub>50</sub> ) |                                               |
|-------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                   |                                                        |                                                | DPPH ( $\mu\text{mol}$<br>trolox/ g de<br>muestra seca) | ABTS ( $\mu\text{mol}$<br>trolox/ g de<br>muestra seca) | FRAP ( $\mu\text{mol}$<br>trolox/ g de<br>muestra seca) | $\alpha$ -amilasa<br>( $\mu\text{g/mL}$ )        | $\alpha$ -glucosidasa<br>( $\mu\text{g/mL}$ ) |
| Cilantro          | 987.4 $\pm$ 129a                                       | 481 $\pm$ 42a                                  | 349 $\pm$ 13a                                           | 365 $\pm$ 8.9a                                          | 487 $\pm$ 1.9a                                          | 201.5 $\pm$ 0.5a                                 | 190.8 $\pm$ 0.6a                              |
| Chaya             | 313.9 $\pm$ 11b                                        | 331.7 $\pm$ 2.0b                               | 110.2 $\pm$ 5.0c                                        | 281 $\pm$ 3.9b                                          | 398.5 $\pm$ 1.0b                                        | 62.7 $\pm$ 0.5c                                  | 38.4 $\pm$ 0.2c                               |
| Maiz Chac<br>chob | 326.7 $\pm$ 1.5b                                       | 203.2 $\pm$ 5.6c                               | 90.6 $\pm$ 3.5d                                         | 106.5 $\pm$ 0.85d                                       | 139.4 $\pm$ 0.33d                                       | 26.3 $\pm$ 1.0e                                  | 16.7 $\pm$ 0.7e                               |
| Frijol<br>negro   | 28.2 $\pm$ 0.07c                                       | 21.9 $\pm$ 0.3d                                | 45.1 $\pm$ 0.44e                                        | 58.3 $\pm$ 0.19e                                        | 82.3 $\pm$ 0.7e                                         | 71.5 $\pm$ 0.3b                                  | 50.0 $\pm$ 0.2b                               |
| Maiz Eh-<br>Hu    | 414.5 $\pm$ 4.5b                                       | 332.7 $\pm$ 2.3b                               | 151.2 $\pm$ 0.8b                                        | 159.5 $\pm$ 0.9c                                        | 179.0 $\pm$ 1.0c                                        | 30.5 $\pm$ 1.0d                                  | 20.6 $\pm$ 0.4d                               |

DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidracilo. ABTS: ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico). FRAP: Ensayo poder antioxidante reductor de hierro. AG: Ácido gálico. Q: Quercetina. TROLOX: Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico. Los valores representan la media  $\pm$  la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ( $n = 5$ ,  $p \leq 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en el cuadro 2 revelan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante mediante DPPH, ABTS y FRAP y actividad hipoglucemiante por  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa.

El cilantro presentó valores elevados tanto de fenoles con 987.4 mg de AG/g de extracto seco como en flavonoides 481 mg de Q/g sobre el resto de las muestras analizadas, en comparación con el frijol, que mostró valores bajos en fenoles con 28.2 mg de AG/g de extracto seco y 21.9 mg de Q/g en flavonoides. La chaya y las dos variaciones de maíz presentaron

contenido de fenoles entre 313.9 a 414.5 mg de AG/g de extracto seco, siendo el maíz Eh-Hu el que mostró valores superiores en este grupo.

Con respecto a la actividad antioxidante, el cilantro mostró la mayor capacidad en los tres ensayos realizados. El DPPH tuvo un valor de 349  $\mu\text{mol trolox/g}$ , ABTS 365  $\mu\text{mol trolox/g}$  y FRAP 487  $\mu\text{mol trolox/g}$ , lo que indica una buena capacidad para neutralizar radicales libres. Sin embargo, la chaya mostró una actividad antioxidante moderada, mientras que el maíz y el frijol tuvieron valores bajos.

La actividad hipoglucemiante expresada como  $\text{IC}_{50}$  por las enzimas  $\alpha$ -amilasa,  $\alpha$  y glucosidasa, suele mostrar un comportamiento inverso a la actividad antioxidante; bajo este contexto, los valores más bajos indican mayor capacidad de inhibición en la actividad hipoglucemiante, por lo que el maíz Chac Chob presentó mayor actividad hipoglucemiante con un  $\text{IC}_{50}$  de 26.3  $\mu\text{g/mL}$  para  $\alpha$ -amilasa y 16.7  $\mu\text{g/mL}$  para  $\alpha$ -glucosidasa, seguido del maíz Eh-Hu. La chaya mostró una actividad media (62.7  $\mu\text{g/mL}$  para  $\alpha$ -amilasa y 38.4  $\mu\text{g/mL}$  para  $\alpha$ -glucosidasa). Mientras que el cilantro presentó los valores de  $\text{IC}_{50}$  más altos ( $\alpha$ -amilasa: 201.5;  $\alpha$ -glucosidasa: 190.8), lo que indica la menor actividad hipoglucemiante entre los cultivos analizados.

### **Análisis de correlación de Pearson entre el contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante e hipoglucemiante.**

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre el contenido de fenoles totales y flavonoides, la actividad antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP) e hipoglucemiante  $\alpha$ -amilasa IC50 ( $\mu\text{g/mL}$ ) y  $\alpha$ -glucosidasa IC50 ( $\mu\text{g/mL}$ ).

| <b>Coeficiente de Correlación (r)</b>    | <b>Fenoles totales</b> | <b>Flavonoides totales</b> | <b>DPPH</b> | <b>ABTS</b> | <b>FRAP</b> | <b><math>\alpha</math> - amilasa</b> | <b><math>\alpha</math> - glucosidasa</b> |
|------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Fenoles totales</b>                   |                        | 0.875                      | 0.836       | 0.674       | 0.652       | 0.777                                | 0.819                                    |
| <b>Flavonoides totales</b>               | 0.875                  |                            | 0.636       | 0.659       | 0.658       | 0.549                                | 0.580                                    |
| <b>DPPH</b>                              | 0.836                  | 0.636                      |             | 0.865       | 0.838       | 0.991                                | 0.991                                    |
| <b>ABTS</b>                              | 0.674                  | 0.659                      | 0.866       |             | 0.998       | 0.841                                | 0.806                                    |
| <b>FRAP</b>                              | 0.652                  | 0.658                      | 0.838       | 0.998       |             | 0.812                                | 0.775                                    |
| <b><math>\alpha</math> – amilasa</b>     | 0.777                  | 0.549                      | 0.991       | 0.841       | 0.812       |                                      | 0.995                                    |
| <b><math>\alpha</math> – glucosidasa</b> | 0.819                  | 0.580                      | 0.991       | 0.806       | 0.775       | 0.995                                |                                          |

Todos los datos muestran una correlación significativa ( $p \leq 0.05$ ). DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidracilo. ABTS: ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico). FRAP: Ensayo poder antioxidante reductor de hierro.

En el cuadro 3, se analizan los coeficientes de correlación de Pearson de las muestras evaluadas, en donde se observaron correlaciones positivas en todas las muestras analizadas.

Se identificó una correlación fuerte entre el contenido de fenoles totales y los flavonoides de ( $r=0.875$ ), lo que sugiere que a mayor concentración de compuestos fenólicos corresponde a mayor contenido de flavonoides.

Del mismo modo, los compuestos fenólicos presentaron una correlación fuerte con los ensayos antioxidante como el DPPH con  $r: 0.836$ , seguido del ABTS con  $r:0.674$  y el FRAP con  $r:0.652$ . Estos resultados revelan una relación entre los fenoles y la capacidad antioxidante. Mientras que los flavonoides indican correlaciones intermedias con la actividad antioxidante,

con valores de DPPH con  $r:0.636$ , ABTS con  $r:0.659$  y FRAP con  $r: 0.658$ , lo que sugiere que, aunque forman parte de la capacidad antioxidante no son el único grupo responsable de la actividad.

En cuanto a la inhibición de enzimas se encontró una correlación entre las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa, de  $r:0.995$  lo que sugiere que existe un comportamiento similar en los extractos. La actividad antioxidante determinada mediante el método de DPPH mostró una relación con la inhibición de enzimas, de  $r=0.991$ , lo que demuestra que existe una correlación entre ambas actividades, es importante aclarar que esta correlación no implica una relación casual directa, y puede estar sujeta a otros factores o mecanismos de acción presentes en los extractos analizados.

## IX. DISCUSIÓN

El contenido de humedad del cilantro obtenido en este estudio fue de 84.24%, ligeramente menor con datos reportados por el estudio de Nisa MU et al., (2025) donde se registró un valor de 86.96%, sin embargo (Rojas-Angulo et al., 2020) analiza la diversas muestras de *Coriandrum sativum* L, en diferentes condiciones: Cultivos en invernaderos (CQ1), Cultivo a la intemperie (CQ2), Supermercado (CQ3) y de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, cultivadas a la intemperie (CM4) las cuales demostraron diferencias significativas, la humedad reportada va de 6.77% a 8.07%, indicando un valor muy bajo con respecto a otros estudios realizados.

La chaya presentó un alto contenido de minerales de 4.65% en comparación con el estudio realizado por Villegas-Hernández et al., (2023) el cual presenta un valor bajo de 1.16%. Estas variaciones pueden atribuirse a diversos factores como la disponibilidad de nutrientes, distribución geográfica o al manejo y tratamiento de las muestras.

El contenido de fibra dietética total reportado para la chaya (25.01%) y el frijol (21.82%) es relevante en el contexto de la prevención del síndrome metabólico.

La muestra de frijol analizada indica niveles alto de contenido proteico de 28.47%, de acuerdo con De Paiva Gouvêa L et al., (2024) en su estudio analiza que el frijol común registra valores bajos de proteínas de 21.83% a base seca en comparación con otras legumbres. Cruz-Cruz et al., (2021) afirma que el frijol presenta un alto contenido de proteína que va de 22 hasta 28%, los datos reportados de estudio se encuentran en el rango establecido en la literatura.

La chaya presentó un valor alto contenido de fibra cruda de 10.21% y fibra dietética de 25.01%, lo que revela que es una fuente importante de nutrientes, por lo general estos valores reportados son superiores a los mencionados en el estudio (Villegas-Hernández et al., 2023), donde se encontró contenido de fibra dietética de 1.20 g en hojas de chaya.

Los carbohidratos presentes en el maíz representan el 76% del peso seco del grano, aunque en maíces morados llegan a presentar el 84% (Alegría-Marroquín, Castillo-Ruíz, & Saldaña-Trinidad, 2020). En el caso de los maíces los resultados presentan valores

altos en extracto libre de nitrógeno el maíz Chac Chob de 66.89 y el maíz Eh-Hu de 68.56%.

La composición de fenoles y flavonoides tiene una relación estrecha con la actividad antioxidante, los resultados obtenidos en la correlación revelan que el cilantro tiene valores altos, tanto de fenoles con 987.4 mg de AG/g de extracto seco como en flavonoides 481 mg de Q/g, lo cual mostró mayor capacidad antioxidante en los tres ensayos realizados, lo que indica una capacidad para neutralizar radicales libres. Valencia-Gutiérrez et al., (2023) señala que los metabolitos secundarios como los polifenoles y flavonoides son responsables de su capacidad antioxidante, ya que, estos compuestos actúan como donadores de electrones que contribuyen a la estabilización y reducción del estrés oxidativo.

Las variedades del maíz presentaron mayor actividad hipoglucemiante como el maíz Chac Chob con 26.3 en  $\alpha$ -amilasa y 16.7  $\alpha$ -glucosidasa, seguido del maíz Eh-Hu. Sin embargo, al comparar el estudio de Mex-Álvarez et al., (2018), se encontró que algunos tipos de maíz como los blanco, híbridos y amarillos presentan una actividad hipoglucemiante limitada, mientras que las variantes de maíz rojo y morado tienden a tener actividad moderada.

En conjunto, los resultados de este estudio destacan el cilantro como una fuente rica de compuestos antioxidantes y a las variedades de maíz Chac Chob y Eh-Hu se destacan como alimentos prometedores para el control de la glucosa.

## **X. CONCLUSIÓN**

El análisis proximal químico realizado en las muestras revela diferencias significativas; el cilantro y la chaya destacaron por su alto contenido en humedad de 84.24% y 65.78%, característico de su morfología vegetal, mientras que el frijol presentó bajo contenido del 8.53% debido a su naturaleza. En cuanto a minerales, la chaya mostró un valor alto de 4.65%, seguido del frijol con 3.5%; así mismo presentó un alto contenido de proteína de 28.47%, demostrando ser una fuente de aporte de aminoácidos. Sin embargo, la chaya presentó un valor alto de fibra cruda con 10.21% y 25.01% de fibra dietética. El maíz Chac Chob presento valores altos en extracto libre de nitrógeno de 66.88% y maíz Eh-Hu de 68.56%, respectivamente.

El cilantro presentó el mayor contenido de fenoles y flavonoides totales; no obstante, mediante los ensayos DPPH, ABTS y FRAP, se observó que existe una asociación entre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante, debido a que los metabolitos secundarios actúan como donadores, lo que permite neutralizar radicales libres y contribuye a la prevención de daños oxidativos, mientras que el frijol mostró concentraciones menores de estos compuestos y, por ende, una baja actividad antioxidante.

Las muestras de chaya y las variantes de maíz (Chac Chob y Eh-Hu) presentaron valores intermedios en contenidos fenólicos y en actividad antioxidante, lo que sugiere una menor capacidad en comparación con el cilantro, no obstante, el maíz Chac Chob presentó mayor actividad hipoglucemiante, seguido del maíz Eh-Hu, estos cultivos presentan una alta eficacia para inhibir enzimas en la digestión de carbohidratos, lo cual es de gran importancia para el control de los niveles de glucosa en la sangre; sin embargo, la chaya presenta actividad hipoglucemiante moderada, mientras que el cilantro una baja actividad.

Los resultados obtenidos permiten concluir que existe una relación directa entre el contenido de fenoles y flavonoides con la actividad antioxidante de los cultivos analizados. Por su parte, la inhibición de enzimas como  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa presentan una correlación fuerte de  $r:0.995$ , evidenciando que existe un comportamiento similar en los extractos analizados, del mismo modo, la actividad antioxidante

determinada por el ensayo del DPPH, demuestra que existe una correlación de  $r=0.991$ , si bien existe una correlación no se establece que exista una relación entre la actividad antioxidante y la actividad hipoglucemiante.

Finalmente, se destaca el potencial de las variantes del maíz Chac Chob y el Eh-Hu como posibles fuentes importantes de compuestos con actividad hipoglucemiante y el cilantro como fuente de antioxidantes naturales, en conjunto, estos hallazgos constituyen una base científica que respalda el uso de cilantro, chaya, frijol y maíces nativos del programa Sembrando Vida como ingrediente funcionales con potencial para la prevención del síndrome metabólico, contribuyendo así al fortalecimiento de la soberanía alimentaria en las comunidades rurales de Campeche.

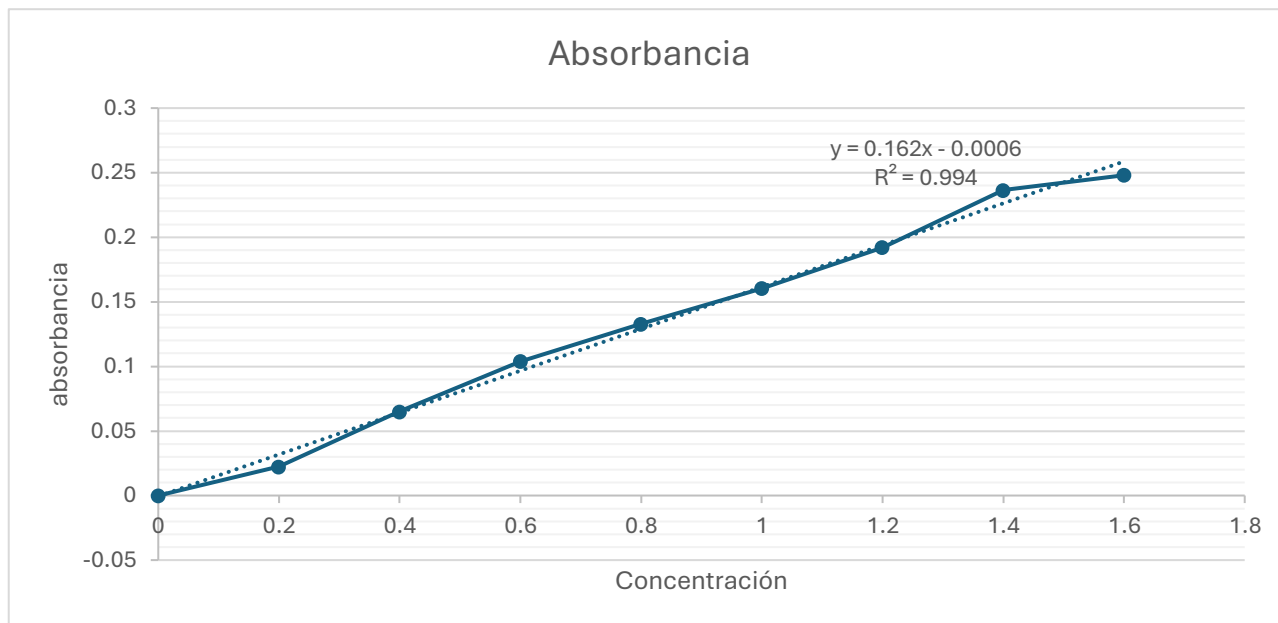
## **XI. RECOMENDACIONES**

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda realizar estudios *in vivo* que permitan conocer y validar los efectos biológicos de los cultivos en cuanto a la actividad antioxidante y antidiabética en el organismo y su posible aplicación en la prevención de enfermedades metabólicas como el SM; además, sería pertinente evaluar el efecto del consumo regular en poblaciones humanas.

Finalmente, se propone identificar y cuantificar los fenoles y flavonoides presentes en los cultivos nativos, empleando técnicas avanzadas como cromatografía líquida de alta resolución, métodos electroquímicos y espectrometría de masas.

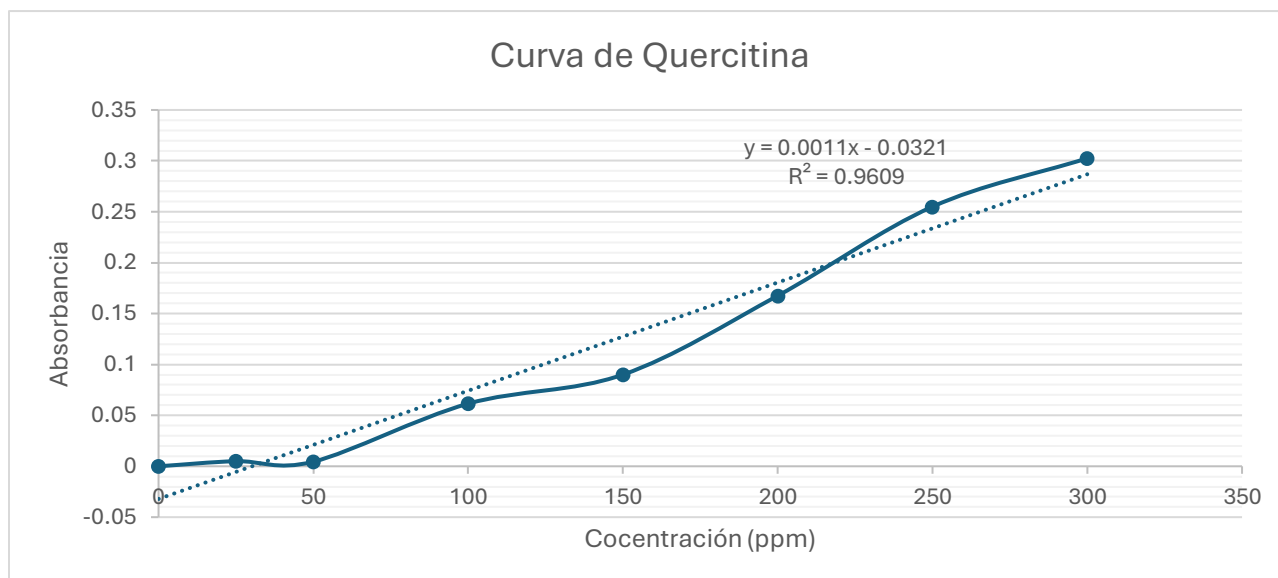
Así mismo, se recomienda evaluar la influencia de los factores ambientales, químicos y su manejo después de cosecha, para conocer si dentro de estas etapas se pueden modificar significativamente sus propiedades.

## XII. ANEXOS



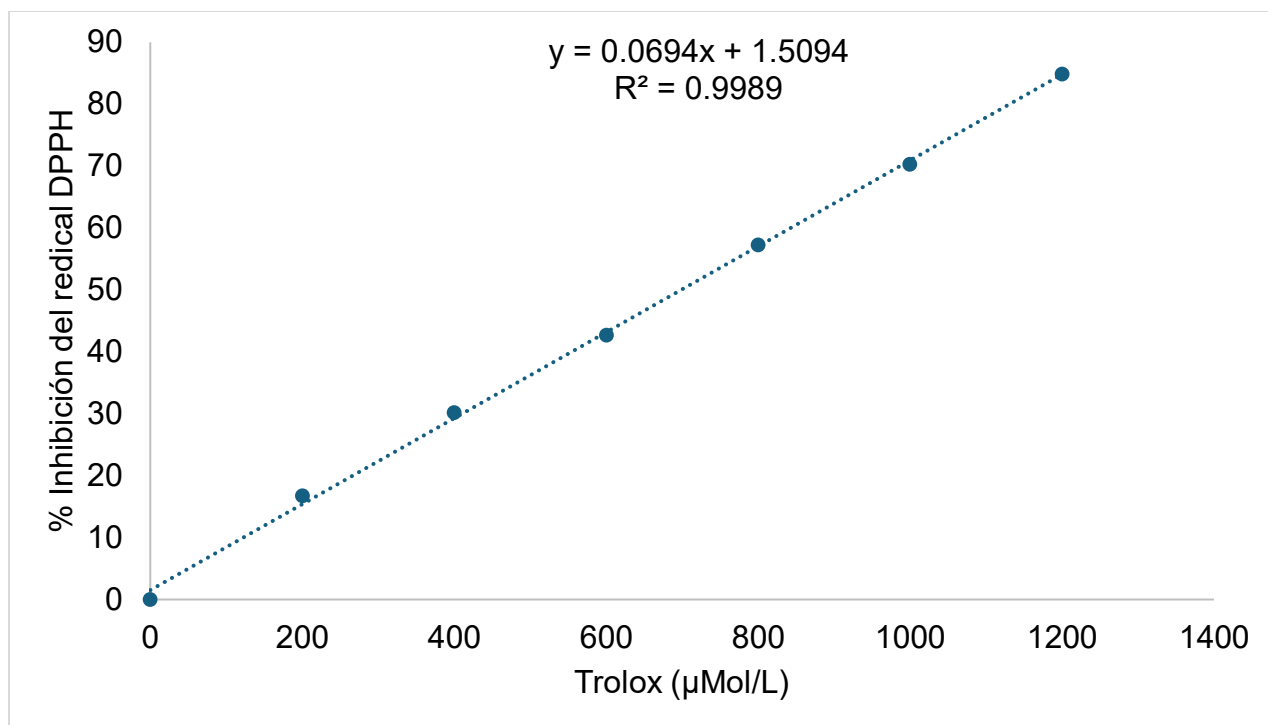
**Figura 8.** Curva de calibración con ácido gálico para compuestos fenólicos.

**Fuente:** Elaboración propia



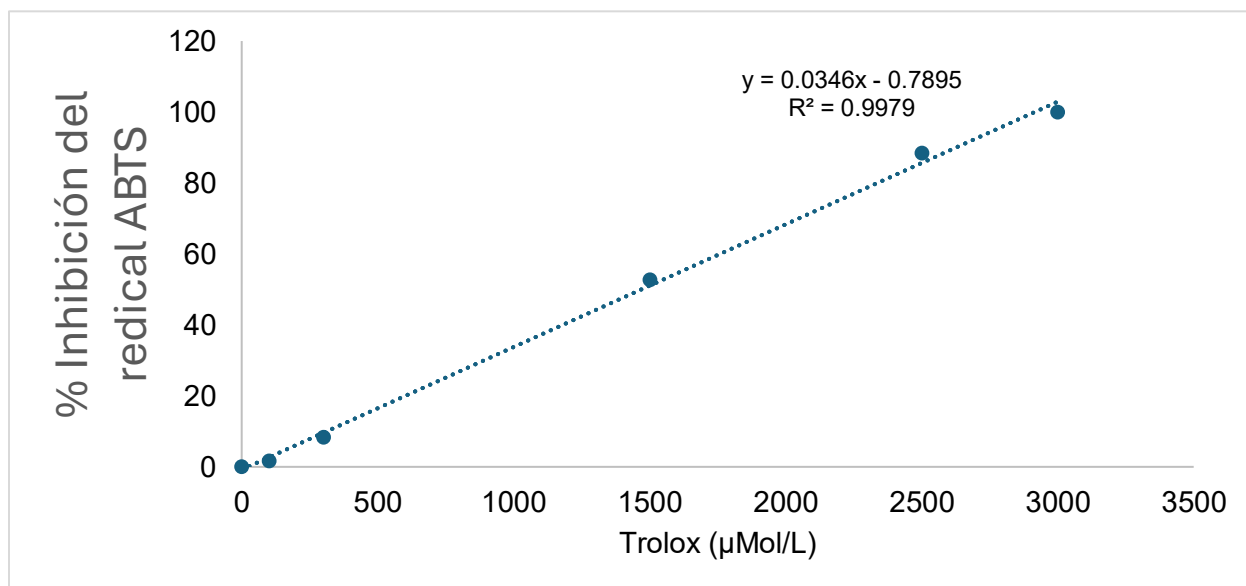
**Figura 9.** Curva de calibración con Quercitina para flavonoides.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 10.** Curva de calibración con Trolox para DPPH

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 11.** Curva de calibración con Trolox para ABTS

**Fuente:** Elaboración propia

### XIII. LITERATURA CITADA

- Cid-Gallegos, M. S., Gómez -Gómez, Y., Corzo-Ríos, L. J., Sanchez-Chino, X. M., Moguel-Concha, D., Borges-Martínez, E., & Jiménez-Martínez, C. (2023). Potencial nutricional y bioactivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la salud humana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 310-315. Obtenido de <https://idcyta.uanl.mx/index.php/i/article/view/42/378>
- Márquez-Hernández, I., Jaramillo-Jaramillo, C. G., Campo-Fernández, M., Cuesta-Rubio, O., & Matute-Castro, L. (2022). Comparación fitoquímica y antioxidante de extractos de hojas de *Coriandrum sativum* L. (cilantro). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 27(4), 3-15. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2022/cpm224f.pdf>
- Alegría-Marroquín, J., Castillo-Ruiz, O., & Saldaña-Trinidad, S. (2020). Caracterización fisicoquímica de maíz (*Zea mays* L.) pigmentado para potenciar su consumo. *Revista de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 272-276.
- AOAC International. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. Secs. 920.23, 920.39, 923.03, 926.08, 962.09, 932.12. 18th ed. Washington, DC: . *Association of Official Analytical Chemists*. .
- Arnous, A., Makris, D., & Kefalas, P. (2002). Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. *Journal of Food Composition and Analysis*, 655-665.
- Banerjee, J., Singh, R., Vijayaraghavan, R., MacFarlane, D., Patti, A. F., & Arora, A. (2016). Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. *Food Chemistry*, 225, 10-22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.093>.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi:[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- CONABIO. (2024). *Frijoles, ayocotes, téparis, ibes*. Obtenido de Biodiversidad mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/frijoles>.
- Cruz-Cruz, E., Acosta-Gallegos, J. A., Reyes-Muro, L., & Cueto-Wong, J. A. (2021). Variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del INIFAP. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. (2), 98.
- De la Fuente-Salcido, N. M., & Escalante-González, M. A. (2025). El cilantro: La nueva cara de la medicina natural. *Revista de Ciencias Médicas Torreón*, 17(33), 38-43.

Obtenido de

<https://revistas.uadec.mx/cienciasmedicastorreon/article/view/177/135>

- De Paiva Gouvêa L, C. R. (2024). Nutritional properties of common bean protein concentrate compared to commercial legume ingredients for the plant-based market. *Curr Res Food Sci*, 26(9). doi:10.1016/j.crfs.2024.100937
- Dearos-Sanchis , M. (2023). Tratamiento dietéticonutricional en el síndrome metabólico. *Npunto*, VI(68), 45-78.
- 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(1), 75-85. doi:10.5138/ijaps.2010.0976.1055.01009
- Dineshkumar, M. 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.
- García-Sánchez, M. I., Muñoz-Hernández, R., Pérez-Alejo, J. L., & Arteché-Hidalgo, L. L. (2025). Fuentes naturales de antioxidantes exógenos y su papel en la prevención de enfermedades crónicas. *Investigaciones Médicoquirúrgicas*, 17.
- González-Aguilar, G. A., Villegas-Ochoa, M. A., Martínez-Téllez, A. G., & Ayala-Zavala, J. F. (2007). Improving antioxidant capacity of fresh cut mangoes treated with UV C. *Journal of Food Science*, 72, 197-202.
- Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*, 94, 651-715. doi:<https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía . (2024). *Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR)*. Obtenido de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/EDR/EDR2023\\_En-Jn.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/EDR/EDR2023_En-Jn.pdf)
- Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores. (2024). *En México, 80% de las muertes de todas las edades corresponde a enfermedades no transmisibles*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/inapam/articulos/en-mexico-80-de-las-muertes-de-todas-las-edades-corresponde-a-enfermedades-no-transmisibles?idiom=es>
- La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. (2025). *Instituto Nacional de Salud Pública*. Obtenido de Ideas ENSANUT: <https://ideasensanut.insp.mx>

- Martín-Gordo, D. A. (2018). Los Compuestos Fenólicos, Un Acercamiento A Su Biosíntesis, Síntesis Y Actividad Biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* , 9(1). doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1968>
- Mejía-Reyes, J. D., García-Cabrera, K. E., Velázquez-Ovalle, G., & Vázquez-Ovando, A. (2022). Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(1), 9-33. doi:<https://doi.org/10.23850/24220582.4023>
- Mex-Álvarez, R. M., Garma-Quen, P. M., Bolívar-Fernández, N., Escalante-Magaña, R. M., & Guillen-Morales, M. M. (2018). Actividad Hipoglucemiante de Variedades Criollas de Maíz (*Zea mays* L). *Revista CENIC*, 49(3), 001-0013. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1812/181261083017/html/>
- Molina-Equihua, V., Delgado-Martínez , D. L., Gómez-Galicia, D. S., Solis-Marrufo, R., Herrera-España, Á. D., & Cauich-Kumul, R. G. (2024). Cnidoscolus chayamansa (chaya): una planta medicinal con propiedades terapéuticas y antiinflamatorias. *Centro de Investigación Científica de Yucatán*, 16, 30-34.
- Organización Mundial de la Salud . (2025). *Enfermedades no transmisibles*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Organización Mundial de la Salud . (2025). *Obesidad y sobrepeso*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Osorio-Santiago, V. J. (2022). Producción de materia verde de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes densidades de siembra. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.
- Ozen, T., Yenigun, S., & Toka, M. (2022). Phenolic profile, antioxidant, DNA protection, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase and urease inhibition activities of *Coriandrum sativum* L. leaf, seed and flower extract. *International Journal of Chemistry and Technology*, 6(1), 21-32.
- Patel Mk, J. A. (2025). *Coriandrum sativum*: Review of Its Botany, Medicinal Uses, Pharmacological Activities and Phytochemistry. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 15(8), 294-302. doi:<https://doi.org/10.22270/jddt.v15i8.7340>
- Peinado-Martínez, M., Dager-Vergara, I., Quintero-Molano, K., Mogollón-Perez, M., & Puello-Ospina, A. (2021). Síndrome Metabólico en Adultos: Revisión Narrativa de la Literatura. *iMedPub* , 17(2:4), 1-5. doi:10.3823/1465

- Peniche-Pavía , H. A., Guzmán, T. J., Magaña-Cerino , J. M., Gurrola-Díaz, C., & Tiessen, A. (2022). Maize Flavonoid Biosynthesis, Regulation, and Human Health Relevance: A Review. *Molecules*, 27(16). doi:10.3390/molecules27165166
- Pérez-Perez, L. M., Del Toro-Sánchez, C. L., Sánchez-Chavez, E., González-Vega, R. I., Reyes-Díaz, A., Borboa-Flores, J., . . . Flores-Cordova, M. A. (2020). Bioaccesibilidad de compuestos antioxidantes de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México, mediante un sistema gastrointestinal in vitro. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XXII(1), 117-125. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotech/v22n1/1665-1456-biotech-22-01-117.pdf>
- Posada-Mayorga, K. Y. (2020). *Actividad antioxidante in vitro de extractos etanólicos de Cnidocolus Chayamansa*. Obtenido de Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra: <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/3057/1/TESIS.pdf>
- Prosky, L., Asp, N. G., Schweizer, T. F., DeVries, J. W., & Furda, I. (1998). Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in food and food products: Interlaboratory study. *Journal of AOAC International*, 71(5), 1017-1023.
- Ramírez-López, L. X., Aguilera, A. M., Rubio, C. M., & Aguilar-Mateus, Á. M. (2021). Síndrome metabólico: una revisión de criterios internacionales. *Revista Colombiana de Cardiología*, 60(6), 60-66. doi:10.24875/RCCAR.M21000010
- Ramón-Canul, L. G., Guzmán-Victoria, E., Ramírez-Rivera, E., Cabal-Prieto, A., Rodríguez-Miranda, J., Llaguno-Aguiñaga, A., . . . Herrera-Corredor, J. H. (2023). Antidiabetic, antihypertensive and antioxidant activity of cookies formulated with ground *Mangifera indica* L. leaves. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(8), 4437–4445. doi:<https://doi.org/10.1111/ijfs.16557>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 9-10(123), 1-7. doi:10.1016/s0891-5849(98)00315-3
- Řepka , D., & Lapčík , L. (2025). Comparative Analysis of Polyphenolic Acids from Various Zea mays Parts in Ultrasound-Assisted Extraction. *Foods*, 14(9). doi:<https://doi.org/10.3390/foods14091458>
- Rodríguez-Salinas , P. A. (2020). Caracterización del contenido nutricional, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de maíces pigmentados (*Zea mays* L.) nativos del sur de Nuevo León. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/18341/1/1080289155.pdf>

- Rojas-Angulo, R., Yanez-Jara, F., Márquez-Hernández, I., & Campo-Fernández, M. (2020). Evaluación farmacognóstica de hojas y extractos de *Coriandrum sativum* L. de diferentes procedencias. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(33), 73-84.
- Saibabu, V., Fatima, Z., Khan, L. A., & Hameed, S. (2015). Therapeutic Potential of Dietary Phenolic Acids. *Advances in pharmacological sciences*. doi:<https://doi.org/10.1155/2015/823539>
- Santafe-Rocha, D. M. (2022). Relación de la estructura química de los flavonoides con la actividad antioxidante. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador.
- Schlesier, K., Harwat, M., Böhm, V., & Bitsch, R. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radic Res*, 177, 87. doi:10.1080/10715760290006411
- Secretaría de Bienestar . (2020). *Programa Sembrando Vida*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>
- Secretaría de Salud . (2025). *Secretaría de Salud llama a la población a sumarse a la lucha contra la obesidad*. Obtenido de <https://www.gob.mx/salud/prensa/044-secretaria-de-salud-llama-a-la-poblacion-a-sumarse-a-la-lucha-contra-la-obesidad>
- Singleton, V. J., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Sriti, J., Wannes, W., Talou, T., Vilarem, G., & Marzouk, B. (2011). Chemical composition and antioxidant activities of Tunisian and Canadian Coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit. *Journal of Essential Oil Research*, 23(4), 7-15.
- Ullah, S., Zhongqiu, L., Zuberi, A., Ui-Arifeen, M., & Faran, M. (2019). Biomarkers of pyrethroid toxicity in fish. *Environmental Chemistry Letters*, 17, 945-973. doi:<https://doi.org/10.1007/s10311-018-00852-y>
- Us-Medina, U., Millán-Linares, M., Arana-Argaes, V. E., & Segura-Campos, M. R. (2020). Actividad antioxidante y antiinflamatoria in vitro de extractos de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst). *Nutrición Hospitalaria*, 37(1). doi:<https://dx.doi.org/10.20960/nh.02752>
- Valencia-Gutiérrez, Marvel del Carmen; Niño-Castillo , Isaías Naú; López-Méndez, Magnolia del Rosario. (2023). Explorando los tesoros ocultos del Cilantro: Un enfoque innovador para impulsar la conciencia ambiental en el nivel superior a

través de la determinación de metabolitos. *Ecociencia International Journal*, 5(8). doi:<https://doi.org/10.35766/j.ecociencia>

Villegas-Hernández, Y. V., Reyes-Munguía, A., Carranza-Álvarez, C., & Campos-Montiel, R. G. (2023). Evaluación fisicoquímica de *Cnidoscopus chayamansa* y *Zingiber officinale*. *Revista Internacional de Investigación e Innovación*.

Villegas-Hernández, Y. V., Reyes-Munguía, A., Carranza-Álvarez, C., & Campos-Montiel, R. G. (2023). Physicochemical evaluation of *Cnidoscopus chayamansa* y *Zingiber officinale*. *Revista Internacional de Investigación e Innovación*(60), 59-63. Obtenido de [https://riiit.com.mx/apps/site/files\\_v2450/zingiber\\_uaslp.\\_3\\_riiit\\_div\\_ene-feb\\_2023.pdf](https://riiit.com.mx/apps/site/files_v2450/zingiber_uaslp._3_riiit_div_ene-feb_2023.pdf)

Winiarska, A. J.-R.-K.-W. (2025). Investigating Coriander Leaf Phenolics With HPLC-UV and Their Role in Modulating Nitrogen Metabolism. *Food Sci Nutr*, 13(3). doi: 10.1002/fsn3.70029