

POLIFENOLES, FLAVONOIDES, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *Sechium edule* (Jacq.) Sw. “chayote”

Adil Barrientos Amau^a, Felix Castillo Morales^a, Ronaldo Villagra Ccasa^a, Sofia Otori Querevalu^a, Maricielo Puma Puma^a, Nacarid Caso Francia^a, John Barrantes Yucra^a, Gabriel Reynaga Zavala^a, Rocio Reynoso Landacay^a, Christian Trujillo Ramos^a, Norma Ramos Cevallos^a, Américo Castro Luna^{*a}

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la composición química, la actividad antioxidante y el efecto hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* Jacq. Sw. “chayote”. El extracto se obtuvo mediante maceración con un solvente hidroalcohólico en proporción 7:3. El contenido de polifenoles y flavonoides se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu y la formación de complejos con tricloruro de aluminio, respectivamente. La actividad antioxidante se evaluó mediante los ensayos DPPH•, ABTS•+ y FRAP. El efecto hipoglucemiante se determinó mediante una prueba de tolerancia a la glucosa en un modelo murino. El tamizaje fitoquímico evidenció la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, glicósidos y otros metabolitos secundarios. El extracto presentó un contenido de polifenoles totales de $255,835 \pm 1,3279$ mg AG/g de extracto y 2,9 mg QE/g de extracto de flavonoides. Asimismo, mostró actividad antioxidante con valores de IC₅₀ de 1055,17 µg/mL para DPPH• y 550,97 µg/mL para ABTS•+, y una capacidad antioxidante equivalente a ácido ascórbico de 20,68 mg AAE/g de extracto en el ensayo FRAP. Asimismo, el estudio *in vivo* evidenció que el extracto hidroalcohólico de *Sechium edule* presentó un efecto hipoglucemiante dependiente de la dosis, siendo más pronunciado y sostenido a la concentración de 400 mg/kg, especialmente a partir de los 90 minutos post-administración, en comparación con el control negativo, lo que respalda su potencial uso como agente hipoglucemiante de origen natural.

Palabras clave: *Sechium edule*, polifenoles, antioxidante, hipoglucemiante

^a Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Jr. Puno N.º 1002, Lima, Perú.

*Autor de correspondencia: acastrol@unmsm.edu.pe

POLYPHENOLS, FLAVONOIDS, ANTIOXIDANT ACTIVITY, AND HYPOGLYCEMIC EFFECT OF THE HYDROALCOHOLIC EXTRACT OF *Sechium edule* (Jacq.) Sw. “chayote”

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical composition, antioxidant activity, and hypoglycemic effect of the hydroalcoholic extract of the mesocarp of *Sechium edule* Jacq. Sw. “chayote.” The extract was obtained by maceration with a hydroalcoholic solvent in a 7:3 ratio. The polyphenol and flavonoid content was determined using the Folin-Ciocalteu method and the formation of complexes with aluminum trichloride, respectively. Antioxidant activity was evaluated using the DPPH•, ABTS•+, and FRAP assays. The hypoglycemic effect was determined using a glucose tolerance test in a murine model. Phytochemical screening revealed the presence of phenolic compounds, flavonoids, glycosides, and other secondary metabolites. The extract had a total polyphenol content of 255.835 ± 1.3279 mg AG/g of extract and 2.9 mg QE/g of flavonoid extract. It also showed antioxidant activity with IC₅₀ values of 1055.17 µg/mL for DPPH• and 550.97 µg/mL for ABTS•+, and an antioxidant capacity equivalent to ascorbic acid of 20.68 mg AAE/g of extract in the FRAP assay. Likewise, the *in vivo* study showed that the hydroalcoholic extract of *Sechium edule* had a dose-dependent hypoglycemic effect, which was more pronounced and sustained at a concentration of 400 mg/kg, especially 90 minutes after administration, compared to the negative control, supporting its potential use as a natural hypoglycemic agent.

Key words: *Sechium edule*, polyphenols, antioxidant, hypoglycemic

INTRODUCCIÓN

El chayote (*Sechium edule*) es una especie de planta comestible perteneciente a la familia Cucurbitaceae. Se trata de una planta herbácea trepadora y perenne, caracterizada por la presencia de zarcillos tenaces, raíces tuberosas y frutos verdes con forma similar a la de una pera ⁽¹⁾. Su cultivo se ha extendido a nivel mundial debido a su alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas. Históricamente, tuvo su origen en México, pero en la actualidad su cultivo se ha expandido a los cinco continentes ⁽²⁾.

Los alimentos funcionales han despertado un creciente interés debido a la presencia de compuestos bioactivos, entre ellos los polifenoles y flavonoides, que pueden proporcionar diversos beneficios para la salud. Sin embargo, su efectividad está condicionada por su biodisponibilidad en el tracto gastrointestinal, la cual puede verse limitada debido a su estabilidad en soluciones acuosas y a las condiciones fisiológicas del organismo. La bioaccesibilidad, definida como la fracción de estos compuestos que puede ser liberada de los alimentos y potencialmente absorbida, juega un papel crucial en su actividad biológica y terapéutica ⁽³⁾.

No obstante, existen discrepancias entre los efectos observados *in vitro* e *in vivo*, lo que se atribuye a las diferencias en la bioaccesibilidad y metabolismo de estos compuestos tras la ingesta. A fin de comprender mejor su biodisponibilidad y efectos fisiológicos, es

necesario contar con estudios clínicos adicionales que permitan dilucidar su impacto en la salud humana. Además, la composición de los compuestos bioactivos en las plantas puede variar según las condiciones ambientales y los métodos de cultivo, lo que influye significativamente en sus propiedades medicinales y potencial terapéutico ⁽⁴⁾.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la composición química, la actividad antioxidante y el efecto hipoglicemiante del extracto hidroalcohólico del mesocarpo de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote” en un modelo experimental con *Mus musculus*. Esta investigación busca contribuir al conocimiento sobre las propiedades funcionales del chayote y su potencial aplicación en el desarrollo de alternativas naturales para la prevención y manejo de enfermedades metabólicas como la diabetes mellitus.

PARTE EXPERIMENTAL

Colecta y tratamiento de muestras

Los frutos de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote” fueron colectadas, en el distrito de Chorrillos, provincia de Lima Metropolitana, región de Lima. Esto se realizó durante el mes de agosto del año 2024. Las muestras serán secadas en una estufa de lecho estático a 40°C.

Obtención de extracto hidroalcohólico de mesocarpo de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. “chayote”

La extracción se realizó por el método de la maceración, usando un disolvente etanólico al 70% en un frasco ámbar con agitación cada doce horas y se mantuvo en oscuridad durante siete días. Posteriormente se filtró al vacío con papel Whatman N°42, y luego se concentró en un evaporador rotatorio. El producto obtenido se almacenó en una estufa a 45 °C hasta sequedad.

Tamizaje fitoquímico

Se realizó un estudio fitoquímico mediante los ensayos de coloración y precipitación siguiendo el método descrito por Lock de Ugaz ⁽⁵⁾.

Prueba de solubilidad

Se realizó un análisis fisicoquímico de solubilidad del extracto hidroalcohólico en polvo del mesocarpo de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. La muestra se evaluó en nueve solventes ordenados por polaridad, utilizando 1 mL de cada uno: éter etílico, n-hexano, cloroformo, acetato de etilo, acetonitrilo, acetona, metanol, etanol y agua ⁽⁵⁾.

Determinación del contenido de polifenoles

El contenido de polifenoles totales se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu. Se diluyeron aproximadamente $0,2 \pm 0,0001$ g de extracto hidroalcohólico en 5 mL de metanol al 70%, solubilizándose en baño maría a 70 °C y agitación en vórtex durante 10 min. Posteriormente, la mezcla se centrifugó a 3 500 rpm por 10 min y el sobrenadante se enrasó a 10 mL con metanol al 70%. De esta solución, 4 mL se diluyeron a 100 mL con agua destilada. Para el análisis, se mezclaron 100 µL de extracto con 500 µL de

reactivo Folin-Ciocalteu 0,2 N, se agitó durante 5 min y se añadieron 400 μ L de carbonato de sodio al 7,5%. La absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 10s (Thermo Scientific). El ácido gálico (5–50 μ g/mL) se utilizó como estándar y los resultados se expresaron en mg GAE/g de extracto ⁽⁶⁾.

Determinación del contenido de flavonoides por formación de complejos con tricloruro de aluminio (AlCl₃)

El contenido de flavonoides se determinó mediante el método de formación de complejos con tricloruro de aluminio. El extracto hidroalcohólico se preparó a una concentración de 1 mg/mL en metanol. Para el análisis, se añadieron 50 μ L de nitrito de sodio al 5% a 400 μ L de extracto y se agitó durante 5 min; posteriormente se incorporaron 50 μ L de tricloruro de aluminio al 2,5% y se agitó por 6 min. Luego, se añadieron 700 μ L de hidróxido de sodio 1 M. La absorbancia se midió a 500 nm en un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 10s (Thermo Scientific). La quercetina (5–50 μ g/mL) se utilizó como estándar y los resultados se expresaron en mg QE/g de extracto ⁽⁷⁾.

Determinación de la capacidad antioxidante por método de (DPPH)

Se preparó una solución stock de DPPH (0,4 mg/mL) en metanol y se almacenó a 4 °C hasta su uso. El extracto hidroalcohólico se disolvió en el mismo solvente de extracción y se mezclaron 800 μ L de la solución de trabajo de DPPH con 400 μ L de muestra a diferentes concentraciones. La mezcla se incubó durante 30 min en oscuridad y la absorbancia se midió a 517 nm en un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 10s (Thermo Scientific). Se utilizó como estándar, Trolox (1,2–10 μ g/mL) y los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición de radicales libres (IC₅₀) y capacidad antioxidante equivalente de Trolox (mg TEAC/g de extracto) ⁽⁸⁾.

Determinación de la capacidad antioxidante por el método de captación del radical catiónico (2,2- axinobis [3 – etilbenzotiaxina – 6 – sulfonato]) (ABTS⁺)

Se preparó una solución stock de ABTS (7 mM) en agua desionizada y se adicionó persulfato de potasio (2,45 mM), dejándose reaccionar en oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente, la solución se diluyó hasta alcanzar una absorbancia aproximada de 0,7 a 734 nm. Para el ensayo, se mezclaron 3 mL de solución ABTS con 100 μ L de extracto y se incubó a 30 °C durante 10 min. La absorbancia se midió a 734 nm en un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 10s (Thermo Scientific). Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición de radicales libres (IC₅₀) y capacidad antioxidante equivalente de Trolox (mg TEAC/g de extracto) ⁽⁹⁾.

Determinación del poder reductor (FRAP)

El reactivo FRAP se preparó mezclando buffer acetato 300 mM (pH 3,6), TPTZ 10 mM en HCl 40 mM y tricloruro férrico 20 mM en metanol, en una proporción 100:1:1. El extracto se preparó a una concentración de 2 mg/mL y se evaluó en un rango de 12,5–100 μ g/mL. Para el análisis, se añadieron 950 μ L de reactivo FRAP a 50 μ L de extracto, se agitó e incubó durante 15 min, y la absorbancia se midió a 593 nm en un espectrofotómetro UV-Vis Genesys 10s (Thermo Scientific). El ácido ascórbico (5–25 μ mol/L) se utilizó como estándar y los resultados se expresaron como capacidad antioxidante equivalente a ácido ascórbico (mg AAEAC/g de extracto) ⁽¹⁰⁾.

Prueba de tolerancia a la glucosa

La prueba oral de tolerancia a la glucosa del extracto se realizó según el método de Saha *et al.* (2021) ⁽¹¹⁾ con ligeras modificaciones en las que se utilizó glibenclamida como fármaco estándar. Los ratones se dividirán en 5 grupos (control negativo, control positivo y tres grupos de prueba con 6 animales por grupo. Tras 12 horas de ayuno, recibirán el tratamiento correspondiente. Los grupos de prueba recibieron extracto a dosis de 200 mg/Kg, 400 mg/Kg y 800 mg/Kg de peso corporal ⁽¹²⁾. El grupo control positivo recibió glibenclamida a una dosis de 10 mg/Kg. Al grupo control negativo se le administró dosis de agua destilada. A continuación se midió el nivel de glucosa en sangre con un glucómetro Accu Check instant, extrayendo sangre de la cola con ayuda de un bisturí. Treinta minutos después del tratamiento, se administró a todos los grupos una solución de glucosa al 10% por vía oral (2 g/kg de peso corporal). Tras la administración de glucosa, se extrajo sangre de la cola y volverá a comprobar los niveles de glucosa a los 0, 30, 60, 90, 120 y 150 min. y se expresaron en mmol/L ⁽¹³⁾.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. evidenció una presencia intensa de compuestos fenólicos y flavonoides. En menor proporción se identificaron heterósidos cardiotónicos, sesquiterpenlactonas, naftoquinonas, antraquinonas y glicósidos. No se detectó la presencia de saponinas ni alcaloides (Tabla 1).

Tabla 1. Tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Reacción	Metabolito secundario	Resultado
Cloruro férrico	Compuestos fenólicos	(+++)
Shinoda/Cl ₃ Al	Flavonoides	(+++)
Gelatina	Taninos	
Bontrager	Naftoquinonas, Antraquinonas,	(++)
Liebermann-Bouchardat	Triterpenoides	(+)
Dragendorff	Alcaloides	(-)
Wagner	Alcaloides	(-)
Bertrand	Alcaloides	(-)
Popoff	Alcaloides	(-)
Mayer	Alcaloides	(-)
	Heterósidos cardiotónicos y	
Baljet	sesquiterpenlactonas	(++)
Índice afrosimétrico	Saponinas	(-)
Vainillina/H ₂ SO ₄	Glicósidos	(++)

Leyenda: Evidencia alta (+++), evidencia media (++) , evidencia baja (+), sin evidencia (-).Fuente propia.

Los resultados obtenidos concuerdan con el estudio de Díaz *et al.*, quienes identificaron mediante HPLC-TOF-MS diversos compuestos fenólicos del chayote, como ácido cinámico, hexósido de ácido protocatecuico y ácido cumárico, así como fenoles simples (alcohol bencílico hexosa-pentosa I y II). Respecto a los flavonoides, se reportó la presencia predominante de flavonas, flavonoles y flavonas metoxiladas, destacando apigenina y luteolina entre las flavonas, y kaempferol-3-O-sambubiósido y miricitrina entre los flavonoles ⁽¹⁴⁾. La prueba de Liebermann-Bouchardat mostró una evidencia baja de triterpenoides, lo que es consistente con lo reportado por Viera *et al.*, quienes identificaron estos metabolitos secundarios en partes aéreas y pericarpio del fruto mediante cromatografía de gases. Entre los alcoholes triterpénicos predominantes se encontraron α -amyrin, β -amyrin, cycloartenol y 24-methylenecycloartanol, con concentraciones variables según el tejido analizado ⁽¹⁾.

Prueba de solubilidad

La Tabla 2 muestra la solubilidad del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. frente a solventes de diferente polaridad.

Tabla 2. Ensayo de solubilidad del extracto hidroalcohólico de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Solvente	Resultado
Éter etílico	-
n-hexano	-
Cloroformo	-
Acetato de etilo	-
Acetonitrilo	-
Acetona	-
Metanol	+++
Etanol	+
Agua	+++

Leyenda: Muy soluble (+++), poco soluble (++) , ligeramente soluble(+), insoluble (-). Fuente propia.

La muestra en polvo del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. fue soluble en solventes polares como metanol, agua y etanol. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Nyirenda *et al.*, quienes señalaron que los principales compuestos bioactivos de *Sechium edule*, como los compuestos fenólicos y flavonoides, presentan mayor solubilidad en solventes acuosos que en solventes orgánicos ⁽¹⁵⁾. Ello se explica por la presencia de anillos fenólicos y grupos hidroxilo en su estructura, los cuales, debido a su polaridad, permiten la formación de enlaces de hidrógeno con agua, metanol y etanol, favoreciendo la solubilidad del extracto ⁽¹⁶⁾.

Determinación del contenido de polifenoles

Respecto al contenido de polifenoles determinado mediante el método de Folin-Ciocalteu, en la Tabla 3 y la Figura 1 se presentan las absorbancias obtenidas y la curva de calibración del estándar ácido gálico.

Tabla 3. Datos espectrofotométricos de la curva de Ácido gálico.

Concentración de Ácido gálico (µg/ml)	Absorbancia promedio
5	0,061
10	0,122
20	0,236
30	0,337
40	0,445
50	0,560

Fuente propia

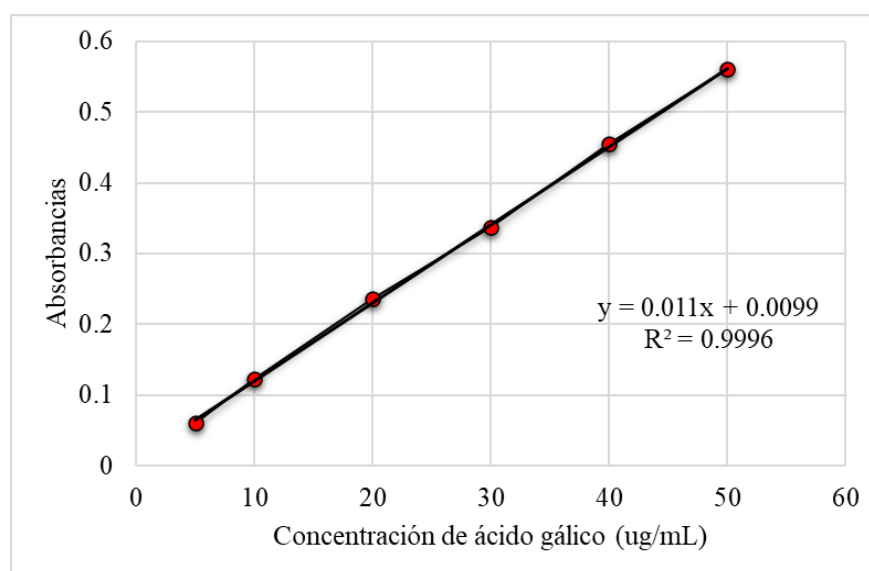


Figura 1. Curva de calibración del estándar ácido gálico para la cuantificación de polifenoles.

En la Tabla 4 se presentan las absorbancias obtenidas en la determinación de polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Tabla 4. Datos espectrofotométricos del extracto hidroalcohólico mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote”

Extracto (µg/ml)	Absorbancias	Promedio	Desv. Est.
20,22	0,233	0,2323	± 0,0011547
	0,233		
	0,231		

Fuente propia.

Finalmente, en la Tabla 5 se presentan los miligramos de ácido gálico equivalentes por gramo de extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* Jacq. Sw. (mg AG/g de extracto).

Tabla 5. Determinación de polifenoles totales del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Muestra	Cantidad de polifenoles (mg AG/g extracto)	Desv. Est.
Extracto hidroalcohólico del mesocarpio de <i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw	255,835	± 1,3279

Fuente propia

En la cuantificación de polifenoles totales del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* se obtuvo $255,83 \pm 1,32$ mg GAE/g extracto. En el estudio de Morillas y Delgado realizaron un extracto metanólico de *Sechium edule* (Jacq.) variedad Quelite, el cual presentó $0,4876 \pm 0,00001$ mg GAE/g muestra fresca ⁽¹⁷⁾. Asimismo, Fernández *et al.* realizaron un extracto hidroalcohólico al 70% v/v de la pulpa de *Sechium edule* variedad Virens levis y determinaron que contenía $0,417 \pm 0,0542$ mg GAE/g en extractos sin purificación y $0,231 \pm 0,0358$ mg GAE/g en extractos purificados con microextracción en fase sólida usando cartuchos C18 selectivos para aislar compuestos fenólicos ⁽¹⁸⁾. En otro estudio Chao *et al.* compararon 27 hortalizas autóctonas, entre ellas *Sechium edule* (Jacq.) Swartz-amarillo y *Sechium edule* (Jacq.) Swartz-verde, realizaron un extracto metanólico de cada variedad y obtuvieron resultados de $2,62 \pm 0,52$ mg GAE/g muestra seca en el chayote verde y $0,63 \pm 0,18$ mg GAE/g muestra seca en el chayote amarillo ⁽¹⁹⁾. Asimismo, Riviello *et al.* compararon los extractos etanólicos de la pulpa de dos variedades de *Sechium edule* (Jacq.), obteniendo 8,56 mg GAE/g muestra seca en Virens levis y 10,05 mg GAE/g muestra seca en *Nigrum spinosum* ⁽²⁰⁾. En otro estudio, Fidrianny *et al.* compararon extractos de acetato de etilo y de n-hexano de *Sechium edule* provenientes de distintas regiones de Indonesia, obteniendo valores entre 1,02 a 6,18 mg GAE/g de extracto ⁽²¹⁾. Las diferencias en las concentraciones de polifenoles totales entre los estudios y el presente trabajo pueden atribuirse a factores como las variedades de chayote, métodos de extracción, incluso se considera la región de cultivo y la forma de expresar los resultados.

Determinación del contenido de flavonoides por formación de complejos con tricloruro de aluminio (AlCl₃)

Respecto al contenido de flavonoides determinado mediante el método de complejación con tricloruro de aluminio, en la Tabla 6 y la Figura 2 se presentan las absorbancias obtenidas y la curva de calibración del estándar quercetina.

Tabla 6. Datos espectrofotométricos de la curva de calibración de quercetina.

Concentración de Quercetina (µg/ml)	Absorbancia promedio
5	0,0509
10	0,1088
20	0,2273
30	0,3368
40	0,4616
50	0,5785

Fuente propia

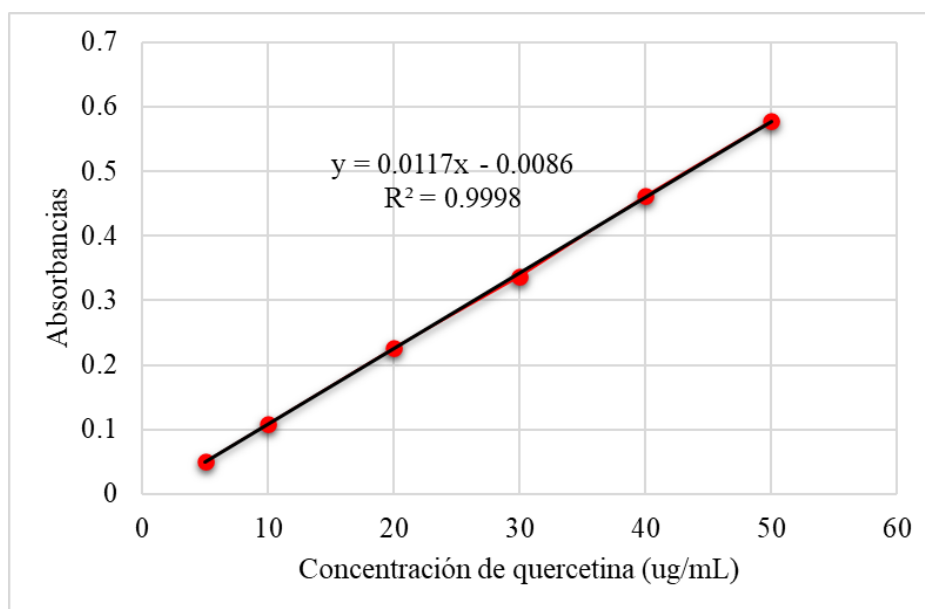


Figura 2. Curva de calibración del estándar quercetina para la cuantificación de flavonoides.

En la Tabla 7 se presentan las absorbancias obtenidas en la determinación de flavonoides totales mediante el método de complejación con tricloruro de aluminio del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Tabla 7. Datos espectrofotométricos del extracto hidroalcohólico mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote”

Extracto (µg/ml)	Absorbancias	Promedio	Desv. Est.
998	0,001	0,0027	± 0,0011527
	0,004		
	0,004		

Fuente propia.

Finalmente, en la Tabla 8 se presentan los miligramos de quercetina equivalentes por gramo de extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* Jacq. Sw. (mg QE/g de extracto).

Tabla 8. Determinación de flavonoides del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote”.

Muestra	Cantidad de flavonoides (mg QE/g extracto)	Desv. Est.
Extracto hidroalcohólico del mesocarpio de <i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw	2,9	± 0,0656

Fuente propia

La cantidad de flavonoides del extracto hidroalcohólico de *S. edule* obtenida fue de 2,9 mg QE/g extracto. En el estudio de A.L.Ordoñez *et al.*, se evaluó el total de compuestos fenólicos y contenido de flavonoides en extractos de *S. edule* obtenidos mediante distintos métodos a partir de las hojas, semillas y tallos de la planta. Como resultado, el mayor contenido de flavonoides se obtuvo en el extracto de las hojas obtenido por lixiviación, expresado con 0,75 mg/mL ± 0,01, seguido del extracto de las hojas obtenido por maceración 0,65 ± 0,01 ⁽²²⁾. En el estudio de Díaz-de-Cerio *et al.*, se buscó determinar los compuestos fenólicos del mesocarpio de *S. edule* mediante extracción asistida por ultrasonido (EAU) utilizando etanol puro y mezclas hidroalcohólicas en diferentes porcentajes. Se realizó una cuantificación aproximada de los compuestos fenólicos vía HPLC-ESI-TOF-MS, donde el extracto que utilizó etanol puro presentó una diferencia muy marcada respecto a las mezclas hidroalcohólicas, de las cuales el solvente con 70% de etanol demostró una mejor extracción con 188 ± 2 mg/100 g fruta. La polaridad de los solventes es fundamental para obtener una aceptable extracción de compuestos fenólicos ⁽¹⁴⁾. Para el presente estudio, también se utilizó una proporción hidroalcohólica con 70% de etanol. El órgano vegetal y el método de extracción son fundamentales para realizar una buena extracción de flavonoides. Por ejemplo, en el estudio de Vieira *et al.*, se comparan los métodos de extracción por maceración, extracción asistida por microondas y extracción por ultrasonido. La optimización adecuada de los parámetros de temperatura, tiempo, potencia ultrasónica y relación sólido solvente, potencia la capacidad de extracción de flavonoides y otros compuestos fenólicos, carotenoides y fitoquímicos naturales ⁽¹⁾.

Determinación de la capacidad antioxidante por método de (DPPH)

La actividad antioxidante del extracto se evaluó mediante el método DPPH•, observándose un incremento del porcentaje de inhibición del radical a medida que aumentó la concentración del extracto. Para el ensayo, se preparó una solución de trabajo de DPPH• en metanol a partir de una solución stock al 40%, ajustándose a una absorbancia de 0,686.

Tabla 9. Captación de radical libre de DPPH• de Trolox®

Concentración de Trolox® (µg/mL)	Absorbancia	Inhibición de DPPH• (%)	IC ₅₀ (µg/mL)
0	0,4581	0,00	2,4264
1,2	0,3379	26,23	
2,1	0,2532	44,72	
3,0	0,1721	62,42	
3,9	0,0845	81,56	
4,8	0,0284	93,80	

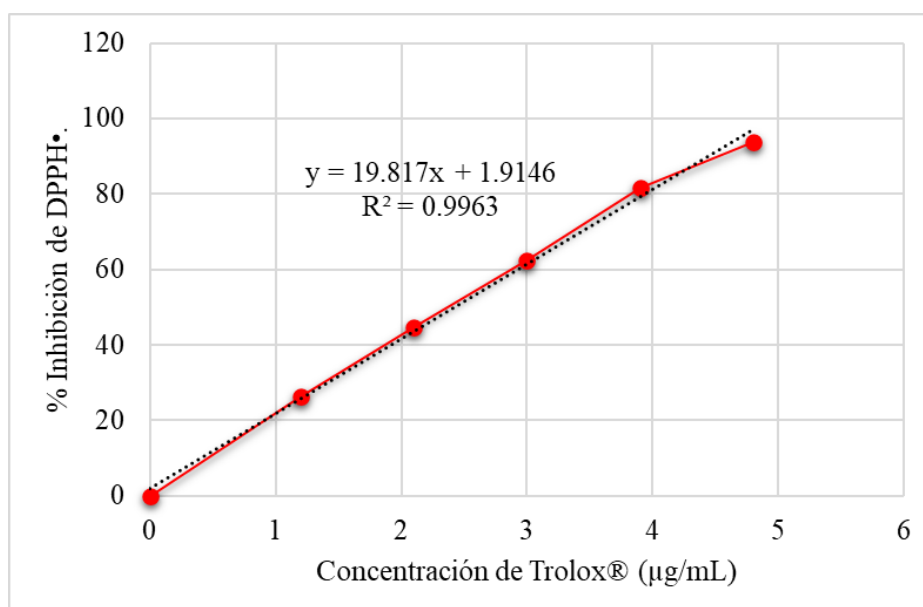


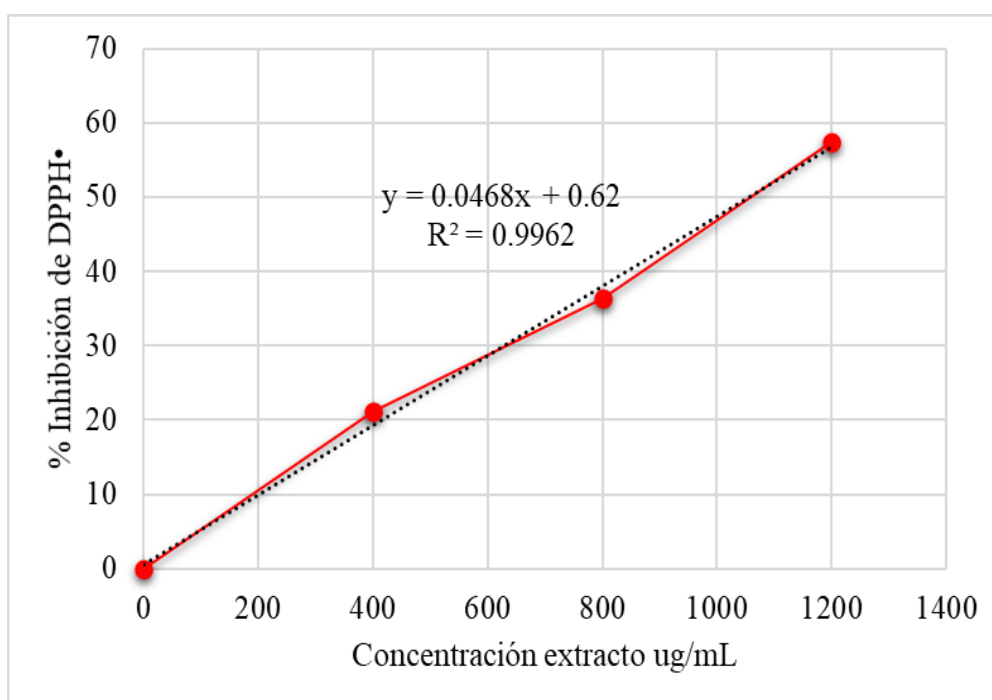
Figura 3. Inhibición del radical DPPH• del estándar Trolox®

En la Tabla 10 y la Figura 4 se observa una relación directa entre la concentración del extracto hidroalcohólico y la captación del radical DPPH•.

Tabla 10. Captación de radical libre DPPH• del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Concentración del extracto (µg/mL)	Absorbancia	Inhibición de DPPH• (%)	IC ₅₀ (µg/mL)
0	0,4260	0,00	1055,17
400	0,3360	21,13	
800	0,2710	36,38	
1200	0,1817	57,35	

Fuente propia

**Figura 4.** Curva de inhibición del radical DPPH• del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.**TEAC= 2,4156 mg Trolox / g extracto**

El método DPPH• es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar el potencial antioxidante de compuestos, extractos, alimentos y otras fuentes biológicas, empleando comúnmente el Trolox® como estándar de referencia. La actividad antioxidante, definida según Brand-Williams ⁽²³⁾ como la cantidad o concentración necesaria para disminuir en un 50% la concentración inicial del radical DPPH• (IC₅₀ = concentración eficaz). En este estudio, el extracto hidroalcohólico de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote” presentó un IC₅₀ de 1055,17 µg/mL (Tabla 10), el IC₅₀ del estándar Trolox® fue de 2,4264 µg/mL (Tabla 9), esto sugiere que el extracto presenta capacidad antioxidante pero no mayor al

Trolox®, ya que este último inhibe el 50% del radical DPPH• a una concentración considerablemente más baja.

La capacidad antioxidante está directamente relacionado con el contenido de fenoles totales. En comparación con estudios previos, Daulay *et al.* ⁽²⁴⁾ los resultados mediante el método DPPH para el extracto etanólico del fruto de *Sechium edule* joven y viejo obtuvieron valores IC₅₀ de 1281,1 y 847,5 µg/mL. La reducción observada en la actividad antioxidante a medida que las frutas maduran probablemente se debe a una disminución en las moléculas bioactivas que protegen la fruta contra las especies reactivas de oxígeno producidas durante el proceso de respiración ⁽²⁵⁾.

El extracto metanólico de un híbrido de *Sechium edule* H38707 mostró un IC₅₀ de 880 µg/mL a una dosis de 1,5 mg/mL de extracto, se obtuvo aproximadamente un 70% de inhibición del radical DPPH ⁽²⁶⁾. Loizzo *et al.* ⁽²⁷⁾ evaluaron la incidencia del proceso de cocción en la retención de fitoquímicos saludables, la pulpa se sometió a diferentes tratamientos (asado a la parrilla, horneado en horno doméstico, cocción en microondas, escaldado y cocción al vapor). Los procesos de cocción redujeron el contenido total de fenoles (58,5 mg/g de extracto para pulpa fresca frente a 26,3 y 29,3 mg/g de extracto para muestras tostadas y cocidas al vapor, respectivamente). Los resultados de la inhibición del radical DPPH se observó particularmente en las muestras tostadas, con un IC₅₀ de 100 µg/mL, seguidas de la muestra fresca con un IC₅₀ de 700 µg/mL. También se observó una tendencia similar mediante el ensayo ABTS. En este ensayo, la pulpa fresca mostró la mayor capacidad de eliminación de radicales con un valor IC₅₀ de 100 µg/mL, seguida de la muestra tostada IC₅₀ de 600 µg/mL. Entonces se induce que en el extracto de muestra fresca prevalecen compuestos antioxidantes más hidrofílicos, mostrando mayor inhibición del radical ABTS, a comparación de la muestra tostada mostrando mayor actividad en el ensayo por DPPH.

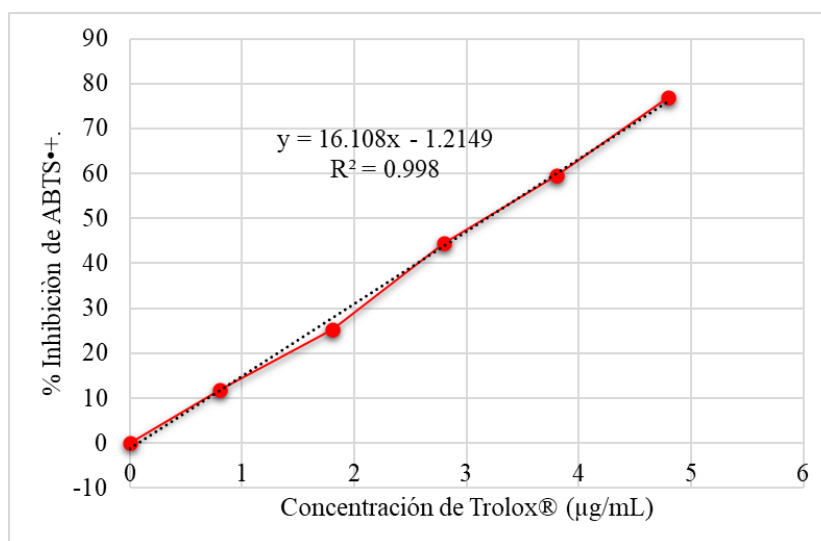
En este contexto, el extracto hidroalcohólico de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote” evaluado en el presente estudio tiene un porcentaje regular de inhibición del radical DPPH•. Esto se podría atribuir a factores como el uso de un disolvente hidroalcohólico, que optimiza la extracción de compuestos bioactivos más polares por lo que demuestran poca actividad frente al radical DPPH, a diferencias de lo reportado en los estudios, o a diferencias en las condiciones de cultivo y cosecha de la materia prima, que afectan la composición fitoquímica del extracto.

Determinación de la capacidad antioxidante por el método de captación del radical catiónico (2,2- azinobis [3 – etilbenzotiazina – 6 – sulfonato]) (ABTS•+)

La actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. fue evaluada mediante el ensayo ABTS•+. Para ello, se preparó una solución del catión ABTS•+ mediante la reacción de ABTS con persulfato de potasio en agua destilada, ajustándose la absorbancia a 0,7 a una longitud de onda de 734 nm.

Tabla 11. Captación de radical catiónico ABTS•+ de Trolox®.

Concentración de Trolox® (µg/mL)	Absorbancia	Inhibición de ABTS•+ (%)	IC ₅₀ (µg/mL)
0	0,6803	0,00	3,1793
0,8	0,5996	11,85	
1,8	0,5076	25,38	
2,8	0,3779	44,45	
3,8	0,2753	59,52	
4,8	0,1563	77,02	

**Figura 5.** Inhibición del radical ABTS•+ del estándar Trolox®

En la Tabla 12 y la Figura 6 se observa una relación directa entre la concentración del extracto hidroalcohólico y la captación del radical ABTS•+.

Tabla 13. Captación del radical libre ABTS•+ del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Concentración de extracto (µg/mL)	Absorbancia	Inhibición de ABTS•+ (%)	IC ₅₀ (µg/mL)
0	0,6070	0,00	550,965
100	0,5237	13,73	
400	0,3760	38,05	
800	0,1787	70,56	

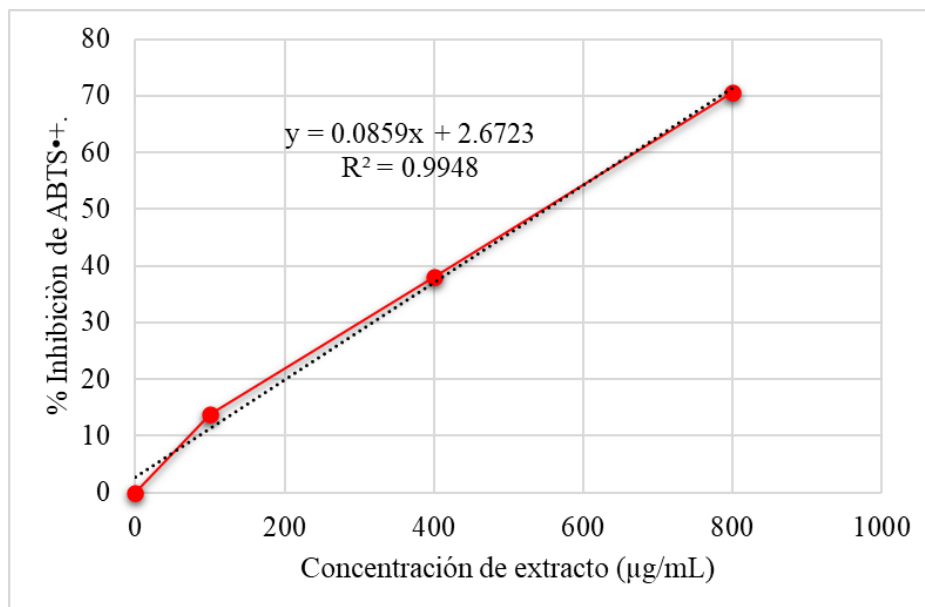


Figura 6. Curva de inhibición del radical ABTS•+ del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

TEAC= 8,267 mg Trolox / g extracto

Los valores de IC_{50} del extracto hidroalcohólico de *S. edule* y del Trolox fueron de 550,965 µg/mL y 4,5551 µg/mL, respectivamente. Esto indica que el extracto sí presenta actividad antioxidante, aunque muy inferior a la del Trolox. En el estudio de Fernández V. *et al.*, se determinó la actividad antioxidante de los extractos hidroalcohólicos de metanol al 70%. Con el método ABTS, el extracto purificado por microextracción en fase sólida selectivo para aislamiento de compuestos fenólicos presentó una actividad de $14,57 \pm 1,22$ mg de ácido ascórbico/100g, mientras que el extracto no purificados fue de $8,07 \pm 0,20$ mg de ácido ascórbico/100g⁽²⁸⁾. Por otro lado, en el estudio de Loizzo M. *et al.*, la pulpa fresca de *S. edule* mostró un IC_{50} de 0,1 mg/mL utilizando como estándar al ácido ascórbico, mientras que la pulpa tostada obtuvo un IC_{50} de 0,6 mg/mL. Esto indica que los métodos que involucren una cocción de la muestra disminuyen la actividad antioxidante⁽²⁷⁾. En el estudio de Ramos D. *et al.*, se determinó la actividad antioxidante de algunas variedades de *S. edule* disponibles en México. Con el método ABTS, la actividad antioxidante reportada se encontró en el rango de 93 hasta 220 µM ET/g de base seca, utilizando al Trolox como estándar, con porcentajes de inhibición entre 17% y 75%⁽²⁹⁾. Los estudios realizados con el método ABTS demuestran que *S. edule* presenta actividad antioxidante; sin embargo, los valores varían de acuerdo a la especie analizada y procesamiento de la muestra.

Determinación del poder reductor (FRAP)

Se preparó la solución madre del reactivo FRAP y se cuantificó la absorbancia del estándar ácido ascórbico y del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Tabla 14. Poder reductor Férrico del estándar ácido ascórbico.

Concentración de ácido ascórbico (μmol/L)	Promedio
5	0,0307
10	0,1533
15	0,3200
20	0,4250
25	0,5453

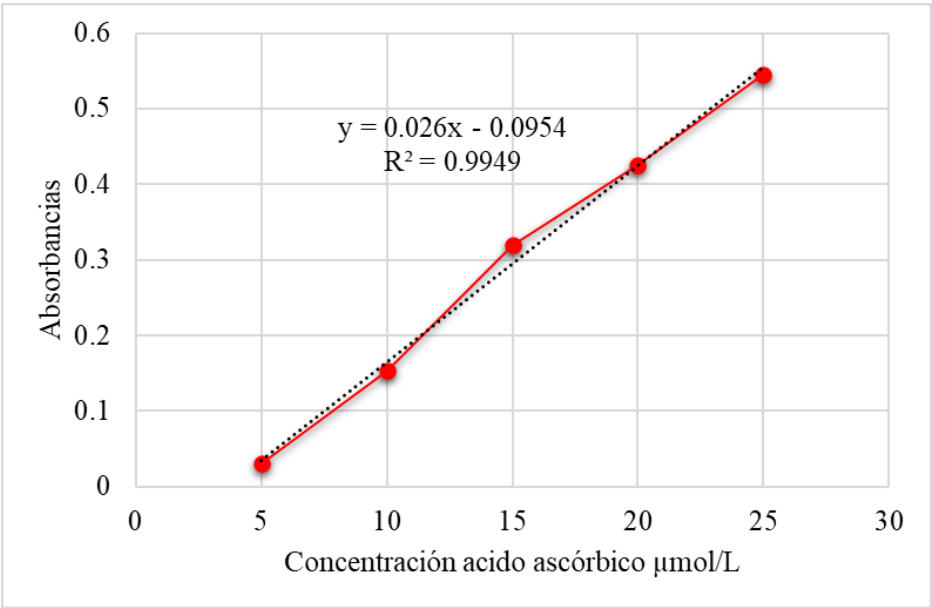


Figura 7. Curva del Poder reductor férrico del Ácido ascórbico.

Tabla 15. Poder reductor Férrico del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw “chayote”.

Concentración de extracto (μg/ml)	Absorbancia			Promedio
	1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}	
550	0,424	0,423	0,437	0,4235
650	0,44	0,441	0,443	0,4425
750	0,466	0,464	0,464	0,4650

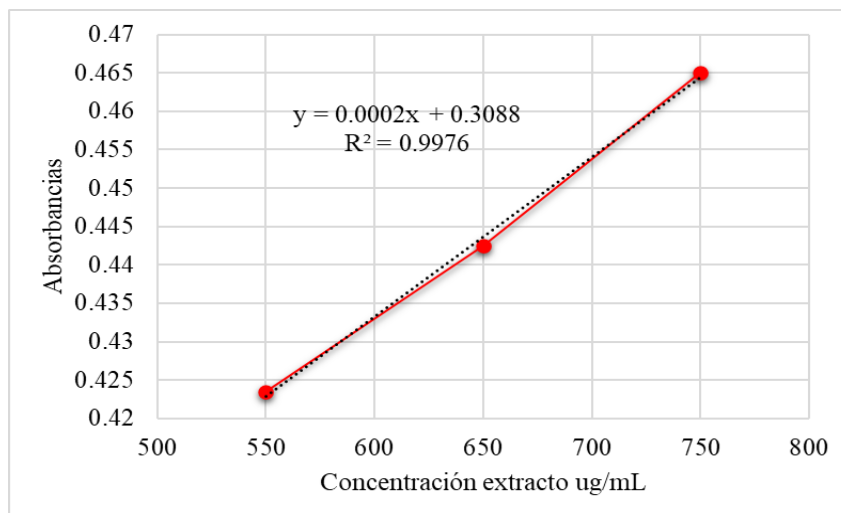


Figura 8. Curva del Poder reductor férrico del extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

$$\text{AAEAC} = 20,68 \text{ mg Ácido ascórbico / g extracto}$$

La cantidad de 20,68 mg de ácido ascórbico equivalentes a 1 g extracto nos demuestra que hay cierto poder reductor en el extracto de mesocarpio del fruto de *S. edule*. Es decir que tiene la capacidad de donar electrones ⁽³⁰⁾ y de esta forma reducir sustancias como el hierro de la cual se sabe que funciona como catalizador en la formación de radicales libres ⁽³¹⁾, así mismo reduce los compuestos oxidantes que son causantes del daño oxidativo ⁽¹⁰⁾. Los resultados se comparan con los hallados por Loizzo *et al.* donde se contempla $8,3 \pm 0,5 \mu\text{M Fe(II)/g}$ en el extracto metanólico por maceración de la pulpa para el ensayo FRAP, además se demuestra que presenta menor poder reductor que las hojas o cáscara de chayote los cuales también demostraron una mayor cantidad de polifenoles y flavonoides en comparación con la pulpa ⁽²⁷⁾, mostrándonos una correlación entre la cantidad de compuestos bioactivos como los flavonoides y la actividad antioxidante. Por otro lado, en el estudio de Vieira *et al.* para el extracto hidroalcohólico (1:1) por maceración de las hojas de *S. edule* se obtuvo el valor de 4,01 mg AAE/g peso seco en el ensayo FRAP ⁽¹⁾. Las diferencias se pueden explicar en el cambio de contenido de metabolitos secundarios de los diferentes órganos y tejidos de las plantas e incluso por los diferentes estados de desarrollo ⁽³²⁾, además del solvente utilizado, siendo que, debido a la presencia de flavonoides polares en el chayote según la literatura, es esencial usar solventes con alta polaridad como el etanol con proporciones variables de agua para la extracción de estos compuestos ⁽³³⁾. Finalmente es importante resaltar que el método FRAP mide compuestos fenólicos de características hidrofílicas encontrados en la parte acuosa del plasma ⁽³⁴⁾, la cantidad mayor se refiere a un mayor contenido de componentes hidrofílicos en las muestras de chayote obtenidas en la provincia de Lima Metropolitana, Perú.

Prueba de tolerancia a la glucosa

En la Figura 9 se observa la tendencia de la glicemia en ratones *Mus musculus*, evidenciándose una disminución progresiva a lo largo del tiempo. Este efecto fue más

evidente en el grupo tratado con la dosis de 400 mg/kg, en comparación con el control negativo, al cual solo se le administró glucosa al 10%.

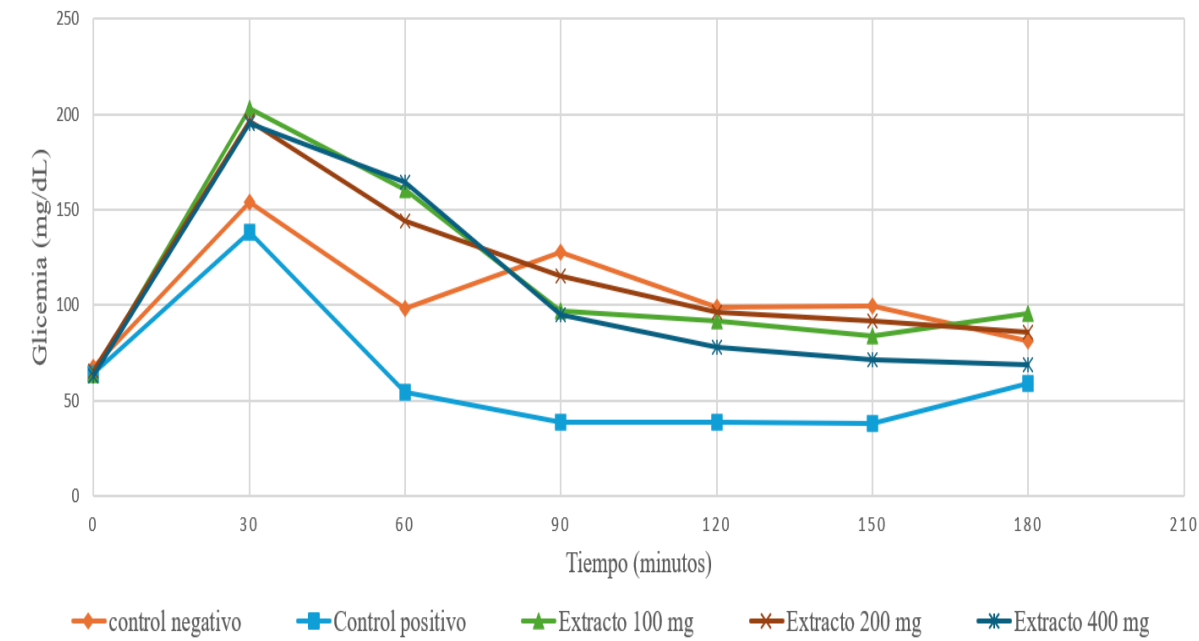


Figura 9. Niveles de glicemia en ratones *Mus musculus* con hiperglucemia inducida por glucosa al 10%, tratados con glibenclamida (10 mg/kg) y extracto de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. a dosis de 100, 200 y 400 mg/kg.

Tabla 16. Medias ajustadas de glucemia en mmol/L con intervalo de confianza del 95%.

Grupo	Inicial	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos	150 minutos	180 minutos
CN	64,00±4,75	168,00±1	113,40±	91,80±7,	79,00±6,	75,80±7,	71,20±7,
	7	4,586	11,371	615	398	946	719
CP	64,80±4,75	139,20±1	57,80±1	38,40±7,	40,00±6,	40,20±7,	48,40±7,
	7	4,586	1,371	615	398	946	719
E100	61,00±4,75	199,40±1	165,600	97,00±7,	92,60±6,	87,00±7,	100,20±
	7	4,586	±11,371	615	398	946	7,719
E200	65,83±4,34	196,33±1	144,00±	115,167	96,00±5,	91,833±	86,00±7,
	3	3,315	10,381	±6,951	840	7,253	046
E400	62,20±4,75	178,80±1	142,00±	84,40±7,	70,20±6,	63,80±7,	63,80±7,
	7	4,586	11,371	615	398	946	719

CN: control negativo (glucosa al 10%); **CP:** control positivo (glibenclamida 10 mg/kg); **E100, E200 y E400:** extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. a dosis de 100, 200 y 400 mg/kg, respectivamente.

Los resultados de la prueba de tolerancia a la glucosa fueron analizados mediante ANOVA de medidas repetidas, utilizando la corrección de Greenhouse–Geisser para los efectos intra-sujetos. Se evidenció un efecto significativo del tiempo y de la interacción tiempo $\times$ tratamiento sobre los niveles de glicemia ($p < 0,001$), lo que indica una evolución diferencial de la respuesta glucémica entre los grupos evaluados. El análisis de medias marginales y las comparaciones post hoc con ajuste de Bonferroni permitieron identificar diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que el eta cuadrado parcial demostró una magnitud elevada del efecto del tratamiento sobre la glucemia.

Se evidenció que a una concentración de 400 mg/kg del extracto hidroalcohólico, el efecto hipoglucemiante fue mayor y más sostenido, a partir de los 90 minutos post administración, estos resultados coinciden con los reportados por Silvia *et al.*, donde analizó la actividad hipoglicemiante del extracto etanólico de chayote en ratas macho con diabetes tipo 2 ⁽³⁵⁾.

Sin embargo, el grupo de ratones que fueron administrados con extracto hidroalcohólico 200 mg/kg no evidenció una relación directa entre la concentración y el efecto hipoglucemiante. Este comportamiento podría explicarse por la activación de respuestas al estrés en los animales, con liberación de catecolaminas como la epinefrina, la cual modula la captación de glucosa en los tejidos periféricos y estimula la glucogenólisis hepática. En el músculo esquelético y el tejido adiposo, la epinefrina actúa sobre los receptores β -adrenérgicos, lo que aumenta los niveles de AMPc y activa la proteína quinasa A (PKA), lo que reduce la captación de glucosa. En el hígado, la activación de receptores β y α -adrenérgicos estimula la glucogenólisis ⁽³⁶⁾.

Además, el estrés induce la liberación de glucocorticoides que producen la gluconeogénesis, produciendo mayor cantidad de glucosa que es liberada a la circulación sistémica. A nivel periférico, estas hormonas reducen la captación de glucosa por los tejidos sensibles a la insulina, como el músculo esquelético y el tejido adiposo, mediante la inhibición de la señalización insulínica, lo que impide la translocación del transportador GLUT4 a la membrana celular ^(36–38).

Por otro lado, se han encontrado metabolitos secundarios en el chayote que poseen propiedades inhibitoras sobre las enzimas α - glucosidasas, responsables de la digestión de carbohidratos en monosacáridos simples. Al reducir la actividad de estas enzimas, se retrasa la absorción de carbohidratos en el tracto digestivo, lo que contribuye a la regulación de los niveles de glucosa en sangre y podría ayudar en la prevención de la diabetes tipo 2. Diversos estudios han demostrado que la pulpa fresca del chayote exhibe una actividad significativa contra la enzima α -glucosidasa, lo que sugiere su potencial como modulador del metabolismo de los carbohidratos ⁽¹⁾.

CONCLUSIONES

El extracto hidroalcohólico del mesocarpio de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. presentó un contenido elevado de compuestos fenólicos (255,835 mg AG/g de extracto) y flavonoides (2,9 mg QE/g de extracto), los cuales contribuyen significativamente a su actividad antioxidante. La capacidad antioxidante del extracto fue confirmada mediante los ensayos DPPH•, ABTS•+ y FRAP, evidenciando valores de IC₅₀ de 1055,17 μ g/mL y 550,97 μ g/mL para DPPH• y ABTS•+, respectivamente, así como una capacidad antioxidante equivalente a ácido ascórbico de 20,68 mg AAEAC/g de extracto en el ensayo FRAP, lo que demuestra la presencia de compuestos con actividad antioxidante tanto hidrosolubles

como liposolubles. Asimismo, el estudio *in vivo* evidenció que el extracto hidroalcohólico de *Sechium edule* presentó un efecto hipoglucemiante dependiente de la dosis, siendo más pronunciado y sostenido a la concentración de 400 mg/kg, especialmente a partir de los 90 minutos post-administración, en comparación con el control negativo.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Dios, quien nos ha otorgado la fortaleza, sabiduría y paciencia necesarias para llevar a cabo esta investigación, así como por mantenernos sanos y vivos, permitiéndonos contribuir, aunque sea con un pequeño grano, al avance de la ciencia. Extendemos nuestro sincero agradecimiento al Instituto de Investigación en Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales "Juan de Dios Guevara", por proporcionarnos los laboratorios y equipos imprescindibles para el desarrollo de este estudio. Finalmente, deseamos expresar un especial reconocimiento al Grupo de Investigación Recursos Naturales (RENATU), no solo por brindarnos el espacio para llevar a cabo esta investigación, sino también por ser el lugar de encuentro y confraternidad que nos permitió dar inicio a este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vieira EF, Pinho O, Ferreira IMPLVO, Delerue-Matos C. Chayote (*Sechium edule*): A review of nutritional composition, bioactivities and potential applications. Food Chemistry [Internet]. 2018 Sep 25 [cited 2025 Mar 2];275:557–68. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618317230>
2. Saade, R. L. (1996). Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw.: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 8
3. Karaś M, Jakubczyk A, Urszula Szymanowska, Urszula Złotek, Ewelina Zielińska. Digestion and bioavailability of bioactive phytochemicals. International Journal of Food Science & Technology [Internet]. 2016 Dec 26 [cited 2025 Mar 2];52(2):291–305. Available from: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85007377399&origin=inward&txGid=6206a74fbff24ed6466c362c256959a9>
4. Carbonell-Capella JM, Buniowska M, Barba FJ, Esteve MJ, Frígola Ana. Analytical Methods for Determining Bioavailability and Bioaccessibility of Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables: A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety [Internet]. 2014 Feb 21 [cited 2025 Mar 2];13(2):155–71. Available from: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12049>
5. Lock de Ugaz. Investigación Fitoquímica. Métodos en el Estudio de los Productos Naturales. Segunda Edición. Fondo Editorial de la Pontifica Universidad Católica del Perú. 1994:114-33.
6. Singleton VL, Rossi JA, Jr J. Colorimetry of Total Phenolics With Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. Am J Enol Vitic. 1965;16(3):144-58.
7. Zhu H, Wang Y, Liu Y, Xia Y, Tang T. Analysis of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV-vis spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies. Food Anal Methods. 2010;3(2):90-7. doi: 10.1007/s12161-009-9091-2.

8. Victoria, L. Polifenoles, Flavonoides y Actividades Antioxidante, Anticolagenasa, y Antielastrasa *In Vitro* del Extracto Hidroalcohólico de Tallos y Hojas de *Krapfia Weberbaueri* (Ulbr.) Standl. & J.F. Macbr “Rima Rima”. Tesis de Título Profesional; UNMSM: Lima, Peru, 2022
9. Shahidi F, Zhong Y. Measurement of antioxidant activity. *J Funct Foods*. 2015; 18:757-81. doi: 10.1016/j.jff.2015.01.047.
10. Benzie IF., Strain J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of «Antioxidant Power»: The FRAP assay. *Anal Biochem*. 1996;239(0292):706. doi: 10.1039/c6ay01739h.
11. Saha L, Sultana T, Jahan T, Kundu P, Biswas B, Acharyya RN, et al. Phytochemical and Pharmacological Evaluation of Ethanol Leaves Extract of *Hydnocarpus kurzii* (King) Warb: doi.org/10.26538/tjnpr/v5i2.19.
12. Chemical analyses and *in vitro* and *in vivo* toxicity of fruit methanol extract of *Sechium edule* var. *nigrum spinosum*. *Pharmaceutical Biology* [Internet]. 2017 [cited 2024 Sep 16]; Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13880209.2017.1316746#d1e440>
13. Mazumder K, Tahamina Sultana Sumi, Golder M, Biswas B, None Maknoon, Kerr PG. Antidiabetic profiling, cytotoxicity and acute toxicity evaluation of aerial parts of *Phragmites karka* (Retz.). *Journal of Ethnopharmacology* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2024 Sep 16];270:113781–1. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33421602/>
14. Díaz-de-Cerio E, Verardo V, Fernández-Gutiérrez A, Gómez-Caravaca AM. Nuevo conocimiento de la composición fenólica del chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.). *Food Chemistry*. 15 de octubre de 2019;295:514-9.
15. Nyirenda, KK , JDK Saka , D. Naidoo , VJ Maharaj y CJF Muller . 2012. Actividades antidiabéticas, antioxidantes y antimicrobianas de extractos de *Fadogia aencylantha* de Malawi . *J. Ethnopharmacol*. 143 : 372 – 376 .
16. Yang, M.Y., Chan, K.C., Lee, Y.J., Chang, X.Z., Wu, C.H.,and Wang, C.J. 2015a. *Sechium edule* shoot extracts and active components improve obesity and a fatty liver that involved reducing hepatic lipogenesis and adipogenesis in high-fat-diet-fed rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(18):4587–4596.
17. Morillas-Ruiz JM, Delgado-Alarcón JM. Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2012;32(2):8-20.
18. Fernández VC, Rivas MJ, Bencomo KB, Soto LR. Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en chayota (*Sechium edule* Jacq. Sw. cv. «virens levis»). 2021; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.4926263>
19. Chao P-Y, Lin S-Y, Lin K-H, Liu Y-F, Hsu J-I, Yang C-M, et al. Antioxidant activity in extracts of 27 indigenous Taiwanese vegetables. *Nutrients* [Internet]. 2014;6(5):2115-30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/nu6052115>
20. Riviello-Flores M de la L, Arévalo-Galarza M de L, Cadena-Iñiguez J, Soto-Hernández RM, Ruiz-Posadas L del M, Gómez-Merino FC. Nutraceutic Characteristics of the Extracts and Juice of Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) Fruits. *Beverages* [Internet]. 2018;4(2):37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/beverages4020037>
21. Fidrianny A, Kevin, Hartati R. Evaluation of antioxidant activities of fruit extracts of chayote (*Sechium edule* [Jacq.] Swartz) grown in different sites in Java-Indonesia. *Asian J Pharm Clin Res*. 2016;9:270-5.

22. Ordonez A, Gomez J, Vattuone M, Lsla M. Actividades antioxidantes de extractos de *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. Food Chem [Internet]. 2006;97(3):452–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.024>
23. V. Bondet, W. Brand-Williams, C. Berset. Kinetics and Mechanisms of Antioxidant Activity using the DPPH. Free Radical Method. LWT [Internet]. 1997 Sep 1 [cited 2025 Mar 1];30(6):609–15. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643897902401>
24. Daulay AS, Ridwanto, Syahputra RA, Nafitri A. Antioxidant Activity Test of Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz) Ethanol Extract using DPPH Method. Journal of Physics: Conference Series [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2025 Mar 1];1819(1):012035. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1819/1/012035>
25. Bastos VJ, Neves LC, Monique P, Shahab M, Colombo RC, Roberto SR. Harvest point determination of indian jujube fruit (*Ziziphus mauritiana* L.) based on physicochemical and functional parameters. Scientia Horticulturae [Internet]. 2016 Nov 9 [cited 2025 Mar 1];213:392–402. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423816305325>
26. Itzen Aguiñiga-Sánchez, Soto-Hernández M, Cadena-Iñiguez J, Suwalsky M, Colina JR, Castillo I, et al. Phytochemical Analysis and Antioxidant and Anti-Inflammatory Capacity of the Extracts of Fruits of the *Sechium* Hybrid. Molecules [Internet]. 2020 Oct 12 [cited 2025 Mar 1];25(20):4637–7. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7587193/>
27. Loizzo MR, Bonesi M, Menichini F, Tenuta MC, Mariarosaria Leporini, Tundis R. Antioxidant and Carbohydrate-Hydrolysing Enzymes Potential of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz (Cucurbitaceae) Peel, Leaves and Pulp Fresh and Processed. Plant Foods for Human Nutrition [Internet]. 2016 Jul 29 [cited 2025 Mar 1];71(4):381–7. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-016-0571-4>
28. Fernández VC, Bravo MJR, Santamaría KBB, Arrieta LRS. Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en chayota (*Sechium edule* Jacq. Sw. cv. “virens levis”). 2021; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.4926263>
29. Ramos D, Avendaño C, Vásquez M, García F, López M. Bioactive compounds from different varieties of chayote (*Sechium* spp.) of distinct regions of Mexico. J Bioeng Biomed Res. 2021;6(2):18-25.
30. Munteanu IG, Apetrei C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. IJMS. 25 de marzo de 2021;22(7):3380.
31. Ott M, Gogvadze V, Orrenius S, Zhivotovsky B. Mitochondria, oxidative stress and cell death. Apoptosis. mayo de 2007;12(5):913-22.
32. Suárez-Medina K, Coy-Barrera E. Diversidad de los compuestos orgánicos bioactivos de origen natural: una singularidad manifestada por la plasticidad en el metabolismo secundario. Rev Fac Cienc Básicas. 25 de julio de 2016;12(2):252-69.
33. Chaves JO, De Souza MC, Da Silva LC, Lachos-Perez D, Torres-Mayanga PC, Machado APDF, et al. Extraction of Flavonoids From Natural Sources Using Modern Techniques. Front Chem. 25 de septiembre de 2020;8:507887.
34. Fernández-Pachón M^a Soledad, Villano Débora, Troncoso Ana M^a, García-Parrilla M^a Carmen. Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante *in vitro* del vino y valoración de sus efectos *in vivo*. ALAN [Internet]. 2006 Jun [citado 2025 Mar 07] ; 56(2): 110-122.

- Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000200002&lng=es.
35. Marti Silfia, Gusbakti Rusip, Linda Chiuma, Ade Indra Mukti, Lia Restumulia. Effect of *Sechium edule* extract on blood sugar levels and pancreatic histopathology in male Rats with type II diabetes mellitus. J. Teknol. Laboratorium [Internet]. 2024 Dec. 12 [cited 2025 Mar. 3];13(2):145-5.
Available from: <https://teknolabjournal.com/index.php/Jtl/article/view/499>
 36. She R, Suvitaival T, Andersen HU, Hommel E, Nørgaard K, Wojtaszewski JFP, et al. Metabolic effect of adrenaline infusion in people with type 1 diabetes and healthy individuals. Diabetologia [Internet]. 2024;67(6):1095–106. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-024-06116-5>
 37. Ghosal S, Nunley A, Mahbod P, Lewis AG, Smith EP, Tong J, et al. Mouse handling limits the impact of stress on metabolic endpoints. Physiol Behav [Internet]. 2015; 150:31–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.06.021>
 38. Kuo T, McQueen A, Chen T-C, Wang J-C. Regulation of glucose homeostasis by glucocorticoids. In: Advances in Experimental Medicine and Biology. New York, NY: Springer New York; 2015. p. 99–126.