

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

“DR WILMAN RUÍZ VIGO”

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**COMPARACIÓN DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE LOS EXTRACTOS
ACUOSOS DEL TALLO Y DEL FRUTO DE *Opuntia ficus-índica* “TUNA”, EN
Oryctolagus cuniculus “CONEJO BLANCO”, CON HIPERGLUCEMIA
INDUCIDA.**

Yessenia del Rocío Huamán Rojas

Teresa Huaripata Vigo

Asesor:

Mg. Q.F. Jorge Humberto Correa Ortíz

Cajamarca – Perú

Agosto - 2019

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

“DR WILMAN RUÍZ VIGO”

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**COMPARACIÓN DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE LOS EXTRACTOS
ACUOSOS DEL TALLO Y DEL FRUTO DE *Opuntia ficus-índica* “TUNA”, EN
Oryctolagus cuniculus “CONEJO BLANCO”, CON HIPERGLUCEMIA
INDUCIDA**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título

Profesional de Químico Farmacéutico

Bach. Yessenia del Rocío Huamán Rojas

Bach. Teresa Huaripata Vigo

Asesor: Mg. Q.F. Jorge Humberto Correa Ortíz

Cajamarca – Perú

Agosto - 2019

COPYRIGHT © 2019 by
YESSENIA DEL ROCÍO HUAMÁN ROJAS
TERESA HUARIPATA VIGO
Todos los derechos reservados

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO DICTAMINADOR:

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, sometemos a su evaluación y elevado criterio profesional la tesis intitulada:

COMPARACIÓN DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE LOS EXTRACTOS ACUOSOS DEL TALLO Y DEL FRUTO DE *Opuntia ficus-índica* “TUNA”, EN *Oryctolagus cuniculus* “CONEJO BLANCO”, CON HIPERGLUCEMIA INDUCIDA.

Con la cual aspiramos obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico.

Es propicia esta oportunidad para manifestar nuestro sincero reconocimiento a nuestra Alma Mater y a toda su plana docentes, que con su capacidad y buena voluntad contribuyeron a nuestra formación profesional.

Señores miembros del jurado, dejamos a su disposición la presente tesis para su evaluación y sugerencias.

Cajamarca, agosto del 2019

Yessenia del Rocío Huamán Rojas
BACH. EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Teresa Huaripata Vigo
BACH. EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

“DR. WILMAN RUÍZ VIGO”

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACÍA Y BIOQUÍMICA

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO

COMPARACIÓN DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE LOS EXTRACTOS
ACUOSOS DEL TALLO Y DEL FRUTO DE *Opuntia ficus-índica* “TUNA”, EN
Oryctolagus cuniculus “CONEJO BLANCO”, CON HIPERGLUCEMIA INDUCIDA.

JURADO EVALUADOR

Dra. Q.F. Martha Adriana Sánchez Uceda
(PRESIDENTA)

Mg. Q.F. Rafael Ricardo Tejada Rossi
(MIEMBRO)

Mg. Q.F. Jorge Humberto Correa Ortíz
(MIEMBRO)

DEDICATORIA

A Dios, por la vida y la salud que me da día a día para salir adelante. A mis Padres: Serapio Huamán Cotrina y Reina Roja Sánchez, quienes me apoyaron de manera incondicional tanto económicamente como emocionalmente en los momentos más difíciles de mi vida y durante el proyecto de mis estudios profesionales.

A todos nuestros docentes, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por los conocimientos que transmitieron durante 5 años en nuestra formación profesional y cumplir uno de nuestros sueños.

Yessenia del Rocío

DEDICATORIA

A Dios que me guio en este camino con sabiduría, para lograr un objetivo en mi vida y ser un instrumento al servicio de los demás. A mis padres, mis hermanas, mi esposo e hijo Valentino Jhair quién con su apoyo incondicional, sus consejos me ayudaron para no desfallecer en este camino a pesar de las adversidades.

A los docentes presentes y ausentes quienes impartieron sus conocimientos con nosotros durante el tiempo de nuestra formación mostrándonos respeto y puntualidad.

Teresa

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida, a nuestros padres, hermanos, docentes, compañeros de estudio con quienes compartimos gratos momentos y a todas aquellas personas que formaron parte de nuestro día a día, agradecerles por sus sabios consejos y por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. A nuestra casa superior de estudios, la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo (UPAGU), por acogernos durante los años de estudio.

A nuestro asesor, Mg. Q.F. Jorge Humberto Correa Ortíz quien con su experiencia y dedicación ha sido nuestro guía, durante el proceso de realización para nuestra tesis, por habernos brindado el tiempo necesario para culminar y lograr nuestro objetivo.

A todos nuestros amigos quienes con su apoyo nos alentaron a seguir adelante y no desfallecer para de esta manera culminar nuestros estudios con éxito.

Yessenia y Teresa

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal comparar si existe diferencia significativa entre los extractos acuosos del tallo y el extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” para lo cual se utilizaron 18 especímenes machos *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco” divididos en 3 grupos: Grupo I: Control, Grupo II: Extracto acuoso del fruto, Grupo III: Extracto acuoso del tallo, conformado por 6 especímenes cada grupo, posteriormente se realizó la toma de muestra de la sangre venosa, registrando los valores de la glucosa en ayunas para luego administrar la solución de sacarosa induciendo hiperglucemia con una dosis de 14,4mL/kg de peso por 15 días. Para la elaboración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna” la muestra vegetal fue recolectado del distrito de Jesús, provincia de Cajamarca, teniendo en cuenta los criterios de selección, la administración de los extractos acuosos fue por 10 días consecutivos en dosis de 18,4mL/kg de peso vía oral, pasado este tiempo se registraron los niveles de glucosa para el grupo II: 90, 83, 93,83,91, 83 mg/dL y el grupo III: 66, 73, 70, 67, 80, 84 mg/dL y ser analizados mediante la prueba estadística T-Student con un índice de confiabilidad del 95 % y con un nivel de significancia de 5 %.

En cuanto a la disminución en porcentaje se evidenció para el grupo III de 68,64% y para el grupo II de 81,22%. La prueba estadística T-Student determinó que existe diferencia significativa de $p < 0,05$ (0,0028). Por lo que se concluye que el extracto acuoso del tallo tiene mejor efecto hipoglucemiante frente al extracto acuosos del fruto

de *Opuntia ficus-índica* “tuna” en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco” con hiperglucemia inducida.

Palabras Claves: *Opuntia ficus-índica* “tuna”, hipoglucemia, hiperglucemia, *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco”

ABSTRACT

The main objective of this research was to compare if there is a significant difference between the aqueous extracts of the stem and the aqueous extract of *Opuntia ficus-indica* "tuna" fruit, for which 18 male specimens *Oryctolagus cuniculus* "white rabbit" divided were used. in 3 groups: Group I: Control, Group II: Aqueous extract of the fruit, Group III: Aqueous extract of the stem, made up of 6 specimens each group, subsequently the sampling of the venous blood was performed, recording fasting glucose values and then administering the sucrose solution inducing hyperglycemia with a dose of 14.4mL/kg of weight for 15 days. For the elaboration of the aqueous extracts of the fruit and the stem of *Opuntia ficus-indica* "tuna" the vegetal sample was collected from the district of Jesus, taking into account the selection criteria, the administration of the aqueous extracts was for 10 consecutive days in dose of 18,4mL/kg orally, after this time the glucose levels for group II were recorded: 90, 83, 93, 83, 91, 83mg/dL and group III: 66, 73, 70, 67, 80, 84mg/dL and analyzed by means of the T-Student statistical test with a reliability index of 95% and with a level of significance of 5%.

Regarding the decrease in percentage was evident for group III of 68.64% and for group II of 81.22%. The T-Student statistical test determined that there is a significant difference of $p < 0.05$ (0.0028). Therefore, it is concluded that the aqueous extract of the stem has a better hypoglycemic effect against the aqueous extract of the *Opuntia ficus-indica* "tuna" fruit in *Oryctolagus cuniculus* "white rabbit" with induced hyperglycemia.

Key words: *Opuntia ficus-indica* "tuna", hypoglycemia, hyperglycemia, *Oryctolagus cuniculus* "white rabbit"

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	iii
JURADO EVALUADOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	x
ÍNDICE	xi
LISTA DE GRÁFICOS	xiv
LISTA DE TABLAS	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Teorías que sustentan la investigación.....	6
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Hiperglucemia.....	8
2.3. Clasificación de la diabetes.....	11
2.3.1. Diabetes mellitus tipo 1	11
2.3.2. Diabetes mellitus tipo 2	12
2.3.3. Diabetes mellitus gestacional (DMG).....	13
2.4. <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna”	13
2.4.1. Generalidades.....	13

2.4.2. Taxonomía	14
2.4.3. Origen y distribución	15
2.4.4. Nombres comunes de la planta	16
2.4.5. Morfología y estructura.....	16
2.4.6. Componentes bioactivos	19
2.4.7. Usos y aplicaciones de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna”.....	25
2.4.8. Propiedades medicinales de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna”	25
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.1. Unidad de análisis, universo y muestra.....	26
3.1.1. Unidad de análisis	26
3.1.2. Universo	26
3.1.3. Muestra	26
3.2. Métodos de investigación	28
3.2.1. De acuerdo al fin que persigue.....	28
3.2.2. De acuerdo a la técnica de contrastación	28
3.3. Técnicas de investigación	28
3.3.1. Recolección y preparación de la muestra de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna”	28
3.3.2. Determinación de las características organolépticas de los extractos acuosos del fruto y del tallo de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna”.....	30
3.3.3. Inducción a la hiperglucemia	30
3.3.4. Determinación de glucosa.....	31

3.3.5. Obtención de sangre de la vena marginal de la oreja.....	31
3.3.6. Administración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de <i>Opuntia</i> <i>ficus-índica</i> “tuna”	32
3.3.7. Distribución de los grupos	32
3.4. Instrumentos, equipos, materiales y reactivos	33
3.4.1. Instrumentos.....	33
3.4.2. Equipos	33
3.4.3. Materiales.....	33
3.4.4. Otros.....	34
3.5. Técnicas de análisis de datos	34
3.6. Aspectos éticos de la investigación.....	35
IV. RESULTADOS	36
V. DISCUSIÓN	48
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES	52
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Valores iniciales de glucosa de los especímenes antes de ser inducidos a la hiperglucemia	37
Gráfico N°2: Variación de la glucosa, en 10 días de tratamiento con los extractos acuosos del fruto y del tallo de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna”	40
Gráfico N°3: Distribución de los valores de glucosa, antes y después de la administración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna”	42
Gráfico N°4: Comparación los valores de glucosa entre el extracto acuoso del fruto frente al extracto acuoso del tallo.....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1: Composición química de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna” en base a 100g de materia fresca	24
Tabla N°2: Valores iniciales de glucosa antes de ser inducida la hiperglucemia	36
Tabla N°3: Valores de glucosa de los especímenes, luego de ser cometidos a la hiperglucemia.....	38
Tabla N°4: Valores de glucosa a los 10 días de tratamiento con los extracto acuoso del fruto y del tallo de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna.....	39
Tabla N°5: Comparación de niveles de glucosa antes y después de la administración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna	41
Tabla N°6: Comparación entre el extracto acuoso del fruto frente al extracto acuoso del tallo de <i>Opuntia ficus-índica</i> “tuna	43
Tabla N°7: Análisis estadístico no paramétrico (normalidad) entre los grupos en estudio	45

Tabla N°8: Análisis estadístico no paramétrico de varianza T - Student..... 46

Tabla N°9: Disminución en % después de los 10 días de administrar los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna” 47

I. INTRODUCCIÓN

La asociación Americana de Diabetes (ADA) define a la diabetes mellitus (DM) como un grupo de enfermedades metabólicas que se determinan por un aumento de los niveles de azúcar en la sangre llamado hiperglucemia y que es provocada por daños en la secreción de la insulina, además de ser una enfermedad endocrina debe considerarse como una enfermedad vascular ya que el riesgo a desarrollar complicaciones cardiovasculares en personas con DM es de 2 a 5 veces más elevado que en personas sanas.²⁴ Esto se asocia con una disfunción y lesiones a largo tiempo trayendo consecuencias pérdida de la visión, daño en: riñones, nervios, corazón y a nivel de los vasos sanguíneos, el cual ocasiona una disfunción multiorgánica.^{31,40}

El número de personas que padecen de diabetes se halla en constante aumento a nivel mundial, sobre todo en personas que pasan los 65 años de edad.⁴⁴ Existen varios factores que revelan esta situación entre ellos: los cambios de crecimiento y envejecimiento de las personas, la creciente urbanización, desórdenes alimenticios, elevada prevalencia de obesidad y la falta de ejercicio. La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que en la actualidad 171 millones de personas en el mundo padecen de DM.²²

A escala mundial en el año 1980 se encontró 108 millones de personas adultas que tenía diabetes mellitus, valores que se incrementaron durante el año 2014 encontrando 422 millones de personas diabéticas. A partir de esta fecha la prevalencia mundial de

casos con diabetes (normalizada por edades) se ha incrementado a casi el doble de 4,7% a 8,5% en la población adulta.²²

En el año 2015 en Estados Unidos (EE. UU) se encontró 30,3 millones de personas diabéticas el cual representa el 9,4% de la población con diabetes, y que aproximadamente 1,25 millones de niños y adultos tienen DM tipo 1.²²

El número de personas con DM e hiperglucemia está creciendo rápidamente en el Perú y el origen principal de su rápido crecimiento es el importante cambio en la forma de vida de la población peruana, el cual se determina por una ingesta muy elevada de alimentos con niveles altos en contenido calórico, como es la “comida chatarra” y las bebidas con alto contenido de azúcar, así como una baja actividad física la cual conlleva a elevarse las tasas de sobrepeso, casos de nefropatía diabética y obesidad.^{38,50}

Los principales síntomas de esta enfermedad son: polidipsia, polifagia, poliuria y visión borrosa; además los pacientes diabéticos también pueden tener una mayor predisposición a padecer infecciones.^{19,28}

La OMS define a la medicina tradicional como la suma de prácticas, conocimientos, capacidades, y creencias sanitarias que incorporan medicinas basadas en plantas, animales y/o minerales, terapias espirituales, técnicas manuales y ejercicios aplicados de forma individual o en combinación para mantener el bienestar, además de tratar, diagnosticar y prevenir las enfermedades.

La medicina tradicional es una parte muy importante de la cultura de nuestros pueblos, sus prácticas y su gente no solo se constituyen como un importante sector de atención informal de salud en los pueblos, además son eficientes agentes comunitarios de salud.

Muchas personas se han interesado en el consumo de la medicina tradicional por su creencia, accesibilidad y su bajo costo, suelen utilizarse para tratar o prevenir dolencias y enfermedades mejorando de esta manera la calidad de vida de las personas. La misma planta vegetal se puede aplicar de diferentes maneras (cataplasma o baño, ingesta de extractos, etc), los tratamientos se realizan con mayor frecuencia en los hogares de los curanderos, ellos tratan por lo general a las personas frente a los altares (lugar sagrado), en donde dan a beber extracto de hierbas para aliviar dolencias del cuerpo. La mayor parte de las especies vegetales se utilizan para el tratamiento de problemas respiratorios, nerviosos, psicossomáticos, renales, infecciones, reumatismo, artritis.^{10,30,53}

Desde hace siglos la tuna ha demostrado ser una de las plantas más importantes en la alimentación del ser humano, se le atribuye sus propiedades desde la era prehispánica tanto aztecas, toltecas y olmecas todos ellos lo utilizaban por presentar propiedades medicinales, algunos le atribuyen mayormente a curar heridas, disminuye el exceso de colesterol en la sangre.

En los últimos años se ha confirmado que al consumir regularmente la tuna ayuda a regular los niveles de glucosa, insulina y polipéptido inhibidor gástrico (PIG) por lo

cual el nopal sería una ayuda en el tratamiento de esta enfermedad, por su contenido de fibra ayudando así al buen funcionamiento del sistema digestivo.^{2,27}

También se le conoce por sus beneficios en la salud por su nivel alto en fibra dietética (soluble e insoluble), el cual contribuye en bajar el colesterol, evitando de esta forma que la grasa se acumule en las venas y arterias, previniendo deterioros en la pared de los vasos sanguíneos y por ende evitar la arterosclerosis.²³

La especie de *Opuntia ficus-índica* “tuna” posee propiedades farmacológicas como: antiulcerosos, antidiabético, digestivo, hipercolesterolémico, inhibidor de la formación de ateromas, además contiene vitaminas hidrosolubles como: tiamina, riboflavina, niacina, ácido ascórbico y vitaminas liposolubles como la vitamina A y E, minerales como calcio, magnesio, fósforo, potasio, hierro y aminoácidos como serina, glutamina, prolina, ácido alfa - aminobutírico, arginina, histidina, triptófano, valina y lisina. Porque tiene una fuente muy importante para restaurar la salud de la población.¹

Por lo dicho anteriormente se planteó la siguiente interrogante:

¿Existirá diferencia significativa del efecto hipoglucemiante entre extracto acuoso del tallo frente al extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna”?

Teniendo como objetivo general:

Comparación del efecto hipoglucemiante del extracto acuoso del tallo y del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna”, en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco”, con hiperglucemia inducida.

Y como objetivos específicos:

- Determinar el efecto hipoglucemiante del extracto acuoso del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna” en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco”, con hiperglucemia inducida.

- Determinar el efecto hipoglucemiante del extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna” en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco,” con hiperglucemia inducida.

- Determinar el porcentaje de los niveles de glucosa en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco.”

Con el propósito de dar respuestas al problema de investigación planteado se formuló la siguiente hipótesis:

Existe diferencia significativa en el efecto hipoglucemiante entre el extracto acuoso del tallo frente al extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna” en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco,” con hiperglucemia inducida.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Teorías que sustentan la investigación

Aliaga J y Gallardo C (2008)¹, realizaron un acopio de información bibliográfica sobre la especie de *Opuntia ficus-índica* (L) Miller “tuna”, dicho trabajo fue realizado en la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca – Perú, el cual estuvo orientado a describir los diferentes usos de esta especie vegetal, concluyendo que por la gran riqueza de sus componentes posee diferentes usos como: desinfectante, antibacteriano, laxante, antiinflamatorio, antihemorroidal, cicatrizante, obesidad y diabetes. Además, por el aporte de proteínas que constituye una fuente muy importante para la alimentación de la comunidad.

Ramírez M (2015),³⁶ realizó un estudio en el área de bromatología del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, titulado “Elaboración de una bebida con potencial hipoglucemiante a partir del nopal y tuna blanca” *Opuntia ficus-índica*. Para el desarrollo de dicho trabajo considero tres etapas: Etapa I: Caracterización de la materia prima, Etapa II: Formulación de tuna blanca y nopal y a la Etapa III: Caracterización fisicoquímicas y determinación de sustancias hipoglucemiantes en formulaciones establecidas, concluyendo lo siguiente: En la etapa I encontró que la calidad del producto depende del

estado de la materia prima, mientras que en la etapa II la formulación 50N50T, presentan valores más altos de fenoles y flavonoides, y en la etapa III los parámetros fisicoquímicos presentan buena apariencia, color, aroma y viscosidad para la elaboración de un producto.

Valle D y Carrión M (2010)⁵². Realizaron un estudio que lleva como título Actividad hipoglucemiante de la planta de *Opuntia ficus-índica* “tuna” en ratones, el cual fue desarrollado en el Laboratorio N°4 de la Universidad Cristiana de Bolivia; dicho trabajo tuvo como objetivo determinar el poder hipoglucemiante de la planta de *Opuntia ficus-índica* “tuna”, para lo cual utilizaron 30 ratones blancos machos de 4 semanas de edad y de peso entre 29 a 32g; distribuidos en dos grupos. Un grupo recibió el destilado de la tuna (trozos frescos de penca), luego se controló los niveles de glucosa entre la primera y la quinta hora, logrando disminuir paulatinamente los valores de glucosa; mientras que el otro grupo se controló utilizando un medicamento (glibenclamida), logrando una disminución de los niveles más rápidamente. Estos autores concluyen que el destilado de la tuna (trozos frescos de penca) sí tiene efecto hipoglucemiante, pero la acción es más prolongada, lo que no sucede con el medicamento (glibenclamida) que tiene efecto hipoglucemiante más rápido.

Rodas W y Pretel O (2014)⁴², en su trabajo titulado Efecto hipoglucemiante de *Opuntia ficus-índica* “tuna”, en su experimento utilizaron 75 mg de aloxano

por kilogramo de peso corporal para inducir hiperglucemia en *Oryctolagus cuniculus* var. New Zealand, por vía intraperitoneal alcanzando un valor de glucosa de 200 mg/dl y 1kg de corteza de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” y 15 conejos *Oryctolagus cuniculus* var. New Zealand machos de 1,5 kg de peso promedio, provenientes de la Universidad Agraria la Molina-Lima. Seguidamente se procedió a realizar el trabajo experimental, a un grupo se les administro una solución salina vía intragástrica por 5 días; al grupo control se les administro aloxano a dosis única de 75mg/kg de peso corporal por vía intraperitoneal para inducir diabetes, y después de 5 días se les administro una solución de suero fisiológico. Finalmente, al grupo experimental se les indujo diabetes y luego se les administro 1g/kg de peso corporal del extracto hidroalcohólico de *Opuntia ficus-índica*, diluido en agua estéril. Ellos concluyeron que al utilizar el extracto hidroalcohólico de *Opuntia ficus-índica*, en *Oryctolagus cuniculus* var. New Zealand disminuye la glucosa a nivel intestinal.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Hiperglucemia

Es una condición que se manifiesta por un aumento del azúcar en la sangre, esto es normal después de una comida, la hiperglucemia es un síntoma de múltiples causas y por lo tanto requiere un enfoque multifactorial en el que

las personas deben realizar cambios en los estilos de vida, actividad física, especialmente en DM tipo 2, para combatir la severidad a la insulina.

Los cambios sostenibles en la dieta mejoran el control del peso y lo que es más importante, permite perder peso mejorando la vida de la persona.³³

La hiperglucemia también ocasiona un aumento de la glicación de proteínas estructurales, lipoproteínas, hemoglobina, etc. El cuál ayudara al inicio de las complicaciones micro y macro vasculares de la diabetes, además facilita la lisis de proteínas, aumentando el riesgo de complicaciones cardiacas y hemodinámicas, así como insuficiencia renal y la muerte.^{3,8,21}

La DM es un grupo de perturbaciones metabólicas que tienen diversas causas y se define por hiperglucemia crónica y trastornos del metabolismo de los carbohidratos, grasa y proteínas debido a defectos en la acción de la insulina.⁴⁹

Existen muchos procesos fisiopatogénicos implicados en su aparición que modifican desde la destrucción auto inmunitario de las células β del páncreas e inclusive las alteraciones que trasladan a la acción de la insulina que suele aparecer en forma silenciosa. Esta enfermedad es producida por el deterioro en el efecto de la insulina, el cual causa un cambio en los tejidos los cuales pierden la sensibilidad a la insulina.^{19,9}

Para Sudamérica y Centroamérica se deduce que el aumento en el número de casos diagnosticados de esta enfermedad entre el año 2013 al año 2035 sea del 59,8%. En el año 2017, en China se encontró aproximadamente 114 millones de afectados por esta enfermedad. A este país le sigue la India, con más de 73 millones, Estados Unidos alrededor de 30 millones, Brasil con 12,554 millones, Rusia con 8,498 personas. El número de personas fallecidas a nivel mundial fue a causa de esta enfermedad, aproximadamente 4 millones de personas.⁵¹

En el Perú, los casos de DM se han incrementado en los últimos años; los casos se duplicaron en lima metropolitana y pasaron del 4% de la población al 8%, según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), en el año 2015 el Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI) indicó que el 2,9% de personas mayores de 15 años fueron diagnosticados con DM, según indicadores de programas presupuestales 2011 - 2015.^{45,48}

Esto quiere decir que aproximadamente un millón de personas ya conviven con la enfermedad, sin embargo, se estima que otro millón de peruanos padece de esta enfermedad, pero no han sido diagnosticados y podrían ser víctimas de complicaciones médicas, como son: accidentes cerebro vascular (derrame cerebral) e infartos, amputaciones o pérdida de extremidades por pie diabético o falla renal.^{14,45}

2.3. Clasificación de la diabetes

2.3.1. Diabetes mellitus tipo 1

Se determina por una muerte de células β del páncreas, el cual conlleva a una deficiencia total de la acción de la insulina, suele desarrollarse en la infancia, pero se evidencia en la pubertad, y que puede ser autoinmune o idiopática.^{13,14}

- **Autoinmune.**

Conocida como diabetes insulino – dependiente o juvenil es más frecuente en infantes y jóvenes, pero al mismo tiempo aparece en las personas mayores de edad, suele presentarse en personas con baja masa muscular, la obesidad no debe dejarse de lado para el diagnóstico.⁴

El origen de la muerte de las células β del páncreas son componentes autoinmunes del cual se desconoce su origen, pero al parecer tiene dependencia de otros dos factores: una preferencia genética y un elemento desencadenante quién podría ser originado por infecciones virales o estrés. La acción autoinmune produce infección en los islotes de Langerhans caracterizado por presentación de células T activas, que van causando la pérdida de las células β del páncreas.^{14,41}

- **Idiopática.**

Es muy rara afecta a personas de procedencia africana y asiática, posee un significativo elemento hereditario no asociado al sistema antígeno leucocitario humano (HLA).²⁸

2.3.2. Diabetes mellitus tipo 2

Es la que se conoce con mayor insistencia se encuentra, formando cerca del 90% de los casos con DM, y que el 10% tiene un peso normal, y que el 80% son obesos.

El peligro de sufrir DM en persona adultas con relación al índice de masa corporal (IMC) de 30 es 5 veces más que cuando este IMC es menor a 25, ya que la obesidad es un comienzo para la aparición a la resistencia a la insulina.^{4,28}

La diabetes mellitus se presenta principalmente en adultos, y actualmente ha incrementado los casos en pequeños y jóvenes obesos.

Desde la fracción fisiopatológico se puede subdividir en:⁴

- Predominante insulino resistente con insuficiencia relativa de insulina.
- Predominante con defecto secretor de la insulina con o sin resistencia a la insulina.

2.3.3. Diabetes mellitus gestacional (DMG)

Se reconoce durante el embarazo, la placenta produce una hormona contra insulínica (lactógeno placentario), el cual altera el metabolismo de los hidratos de carbono, si la alteración persiste al término del embarazo, no descarta el peligro de que la variación metabólica ha estado presente antes del embarazo.⁴

Al realizar un análisis de sangre en las gestantes y los valores de glucosa se encuentran por encima de 150mg/dL, se determina que la gestante sufre de DMG, esta enfermedad se da generalmente a partir del 3° trimestre de gestación, este problema de salud la padece el 2% de mujeres embarazadas y desaparece al término del parto, teniendo mayor probabilidad de sufrir de diabetes en gestaciones sucesivas o edades más tardías entre las 24 a 28 semanas de embarazo.²⁸

2.4. *Opuntia ficus-índica* “tuna”

2.4.1. Generalidades

Es una cactácea de uso tradicional, desde las épocas prehispánica y actualmente vienen siendo un alimento con alto valor nutritivo por poseer alta fibra dietética soluble e insoluble.^{7,39}

Tanto sus frutos como sus tallos se utilizan en nuestro país en la producción de diversos medicamentos para tratar diferentes enfermedades tales como la diabetes, hipertensión, asma, quemaduras, edemas e indigestión.¹⁸

2.4.2. Taxonomía

Álvarez J y Bautista J (1980)⁶, describen la parte botánica de las plantas de tunas que se cultivan en el Perú, clasificándolo en la actualidad en el siguiente esquema:

Clasificación taxonómica de la planta de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

- Reino : Vegetal
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliopsida
- Orden : Centrospermae
- Familia : Cactaceae
- Sub-familia : Opuntioideae
- Género : *Opuntia*
- Subgénero : *Platyopuntia*
- Especie : *Opuntia ficus - índica*

2.4.3. Origen y distribución

Esta cactácea es originaria de México por tal razón es el mayor productor de esta especie a nivel mundial, actualmente viene siendo cultivada en Chile, Bolivia, Perú.⁷

La familia de las cactáceas está distribuida ampliamente en diferentes países, y desde la antigüedad se dieron a conocer sus diversas propiedades y usos que estas presentan para sus diferentes transformaciones.¹⁷

Además del Perú hay otros países de producción de tuna ya sea silvestre o cultivada como: España, Francia, Turquía, Grecia, Italia, Bolivia, Sicilia, Marruecos, Brasil, Chile, Israel, Egipto, siendo México el país de mayor producción por lo que se considera el centro de origen de esta especie.⁴⁷

En el Perú los primeros reportes sobre *Opuntia ficus-índica* fueron dadas por el cronista Pedro Ribera en 1586 quien menciona que “hay algunas plantas que se dan en la tierra templada, del tamaño de una mano, los cuales se cultivan con mucho cuidado, y su fruto es de un color intenso con el que se tiñe la ropa.”¹¹

La mayor obtención de tunas se ubica en las regiones andinas, especialmente en Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Arequipa, Áncash y Cajamarca, donde se encuentra los valles interandinos, por presentar

óptimas condiciones para el cultivo de la tuna, esta planta no solo se da por su fruto, sino también por su alta producción de cochinilla el cual representa un 85% y 90% de la demanda internacional.^{11,12}

2.4.4. Nombres comunes de la planta¹¹

- Perú y Latino : Tuna
- México : Nopal
- Estados Unidos : Pricky pear, Cactus, pear, Cactus fruti
- Sicilia : Fico d' India
- Italia : Figo de la barbarie
- España : Higo
- Francia : Chumbo
- Israel : Tzabar
- Alemania : kaktusfeigen.

2.4.5. Morfología y estructura

Opuntia ficus-índica es un arbusto, de tipo rastrera o erguida y que puede llegar a medir más o menos 3 metros de alto, es bifurcada, deliciosa en raíces finas, profundas y superficiales en terrenos desiertas con falta de agua. La longitud de sus raíces está en relación con las condiciones hídricas y el manejo de riego y fertilización.⁴⁷

Los factores ambientales (la temperatura, agua, cantidad de nutrientes) restringen el desarrollo normal de estas cactáceas, conllevando a que las distintas especies de *Opuntia* desarrollen características diferentes tanto morfológicas, fisiológicas y bioquímicas en diferentes situaciones ambientales.^{11, 47}

- **Tallos:** Bien ramificados y constituidos por pencas aplanadas y elípticas, siendo de color verde claro durante los dos primeros años, posteriormente este va adquiriendo lentamente una estabilidad leñosa, estableciendo un tronco cilíndrico tornándose de color grisáceo.⁴⁷

Además, posee una corteza gruesa de color verde que realiza la función fotosintética y permite el acopio de agua evitando de esta manera la deshidratación.¹¹

- **Flores:** Estas nacen en el borde superior de las paletas las cuales coronan a los frutos y miden entre 6 y 7 cm de largo. Las areolas dan inicio a una flor, la floración no se produce en un mismo tiempo, algunas pueden darse al primer año y otros en el segundo o tercer año de producción, la floración se da entre los 35 a 40 días de brotación.¹¹

Son hermafroditas, el cáliz con sépalos libres o separados que tornan de un color amarillo verdoso y que protege la corola dialipétala, la cual está

conformada por varios pétalos de tono amarillo pajizo y que se confunden por los sépalos.⁴⁷

- **Estambres:** Con gran número en su interior, y cuantioso polen de color amarillo de textura pulverulenta, estos se encuentran de forma espiral insertos en la parte íntima del receptáculo en una o dos series.^{1,47}
- **Frutos:** Tiene la forma de una baya, ovoide, pulpa carnosa y gelatinosa con muchas semillas en su interior. Las dimensiones y la coloración de los frutos son diferente considerando a la especie, en la parte externa presenta muchas espinas delgadas e inconsistentes de 2 a 3 milímetros de largo.⁴⁷

La composición de los frutos varía con la madurez, por tal razón es importante cosechar a los frutos en un punto óptimo de madurez, donde se expresa su verdadero potencial de nutrientes.^{1, 47}

- **Espinas:** Es el parte auxiliar lignificado, punzante, que contiene tejidos vasculares, las espinas del género *Opuntia* son modificadas.³⁴

2.4.6. Componentes bioactivos

- **Fibra:** Dentro de los componentes de esta especie vegetal de *Opuntia ficus-índica* se localiza la fibra dietética, esta porción del tallo es resistente a las enzimas digestivas y se divide en dos grupos: fibra soluble y fibra insoluble.⁴⁶
 - **Fibra soluble:** Tiene la capacidad de retener agua y formar geles, afecta la motilidad intestinal, retrasa la absorción de nutrientes, además puede ser fermentada por la flora intestinal (intestino grueso) produciendo así ácidos grasos volátiles, haciendo que la fibra sea un elemento que contribuye a la regulación del metabolismo en personas sanas y diabéticas, están compuestos por pectinas, mucílagos, β -glucanos y fructooligosacaridos.^{15,46}
 - **Fibra insoluble:** Esta parte de la fibra son aptos para retener agua en su matriz estructural constituyendo de esta manera una mezcla de poca viscosidad el cual provoca el acrecimiento de la masa fecal para permitir el aceleramiento del movimiento intestinal, esta fibra es utilizada para el tratamiento y la prevención del estreñimiento crónico el cual favorece la disminución de la concentración y el período de posibles carcinogénicos en la mucosa del colón, dicha fibra están compuestos por celulosa, lignina y una parte de hemicelulosa.^{16,46}

- **Mucilagos:** Es uno de los elementos más significativos por formar una porción de la fibra dietética. Es un polisacárido fibroso, altamente ramificado, además contiene arabinosa de 35 - 40% galactosa de 20 - 25%, ácido galacturónico de 7 - 8 %. El mucilago del nopal es de vital importancia en la elaboración de alimentos por poseer la propiedad de viscosidad, asimismo posee la capacidad de crear redes moleculares y retener elevadas cantidades de agua, que puede modificar las propiedades de viscosidad, elasticidad y textura.⁴³

- **Pigmentos: betalainas, carotenoides.**
 - **Betalainas:** Se encuentran en mayor cantidad en el género de *Opuntia*, son pigmentos naturales hidrosolubles que puede ser utilizados como colorante (rojos y amarillos), lo encuentra además en: betarraga, semillas y hojas de amaranto y las pitahayas.²⁰

 - **Carotenoides:** Conjunto de compuestos relacionados estructuralmente que proporciona color en la naturaleza, se encuentra de forma natural en plantas y otros organismos fotosintéticos.²⁵

- **Pectinas:** Son polímeros de ácido galacturónico que se unen a otros azúcares, su cadena principal posee segmentos de L - ramnosa, D -

galactanos y L - arabinanos, que forman parte del galacturonato, posee un nivel de fermentación de 90% -100 %, además adquieren la capacidad de integración a geles termorreversibles a pH 3, que en la presencia de Ca^{++} y distintos cationes divalentes las formas insolubles en agua. Se utiliza para la elaboración de mermeladas y confites.³⁵

- **Compuestos fenólicos:** Son sustancias que tienen un anillo aromático, y se unen a uno o varios grupos hidroxilo, además forman parte de los derivados funcionales (ésteres, glucósidos, etc.).³⁶

- **Flavonoides:** Posee una estructura básica de los difenilpropanoides (C6-C3-C6) el cual están unidos a dos anillos aromáticos e incorporados a 3 carbonos que forman un anillo heterocíclico oxigenado.³⁸ Su estado oxidativo de esta cadena de 3 carbonos, establecen las diferentes clases de flavonoides, los que incluyen:
 - Antocianinas (glucósidos o acilglucósidos de las antocianinas)
 - Flavonoles (catequinas)
 - Flavonas
 - Isoflavonas

- **Flavonoles y sus derivados:** Son compuestos fenólicos el cual forma parte no energética de la dieta humana, se encuentra en verduras, semillas, frutas y se han reconocido más de 5000 flavonoides diferentes. Sin embargo, los hábitos alimenticios son muy variados a nivel mundial, el valor medio de ingesta de flavonoides se divide como 23 mg/día, siendo la quercetina el sobresaliente con un valor medio de 16 mg/día.³⁶

Los flavonoides forman parte de una de las subfamilias de los polifenoles naturales, a los que la colectividad científica ha puesto cuidado en los últimos años, por la gran variedad estructural, crecimiento en la naturaleza y sus variadas propiedades farmacológicas desarrolladas experimentalmente. Por su amplia utilización en la elaboración de numerosos remedios en la medicina tradicional, constituyen una significativa alternativa terapéutica para la revelación de nuevos agentes farmacológicos para el tratamiento de diversas enfermedades crónicas de alta prevalencia como es el caso de la DM.^{26,36}

- **Fructosa:** Es un monosacárido de 6 átomos de carbonos que presenta una estructura de anillo de 5 miembros, posee un índice glucémico bajo y ofrece la ventaja de inhibir la producción de cuerpos cetónicos, por lo tanto, es posible que cantidades pequeñas puedan beneficiar el control glucémico en pacientes con diabetes mellitus.^{29, 36}

La fructosa es probablemente el azúcar de mayor impacto en la sociedad del siglo XXI como anteriormente era la sacarosa, está presente en varias frutas y es 40% más dulce que la sacarosa, es la fuente principal de combustible en dietas que contienen grandes cantidades de fruta o sacarosa (un disacárido de fructosa y glucosa).^{29, 34}

Tabla N°1: Composición química de *Opuntia ficus-índica* “tuna” en base a 100 g de materia fresca

Componentes	Cantidad
Agua	85 – 95 %
Sólidos solubles totales	12 – 17 %
Azúcares totales	10 – 17 %
Azúcares reductores	4 – 14 %
Proteína	1,4 – 1,6 %
Grasa	0,5 %
Fibra	1,1 %
Ácido ascórbico (vitamina C)	12,70mg/100g
Triptófano	8,0 mg /100g proteína
Calcio	49 ppm
Magnesio	13 – 15mg/100g
Fósforo	38 ppm
Hierro	2,6 ppm
Vitamina A	0,002 ppm
Tiamina	0,0002 ppm
Riboflavina	0,02 ppm
Niacina	0,20 ppm
Ácido nicotínico	0,40 – 0,60mg/100g
Vitamina B6	0,06 mg
Beta caroteno	12,90 mg/100g
Vitamina B2	0,04mg
Vitamina B1	0,03mg

Fuente: Quiguango Y, Wilson K. “Utilización de la penca de nopal (*Opuntia ficus indica*), para la elaboración de jugo”. [Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero agroindustrial]. Ibarra – Ecuador; [Tesis; 2011. Pg. 08-09.³⁴

2.4.7. Usos y aplicaciones de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

Esta familia es utilizada como: fruta, verdura, forraje para la alimentación de los animales, útil para el uso de cerco en huertos familiares, base para producción de cochinilla, planta medicinal, materia prima industrial (se puede producir jugos, mermeladas, néctar, colorantes, pectina y fructosa), combate la contaminación atmosférica (consume el CO₂ por la noche en grandes cantidades).⁷

2.4.8. Propiedades medicinales de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

En tanto los frutos como los tallos son fuente rica en fibra soluble e insoluble, la primera está compuesta por mucílagos, gomas y hemicelulosa, por tal motivo la fibra soluble disminuye los niveles de glucosa, colesterol y vaciamiento gástrico.^{17,39}

En tanto que la fibra insoluble se encarga de la conservación de agua (aumenta el peso de las heces), existiendo así un intercambio iónico, absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y otros, además de un intercambio con la flora microbiana.¹⁷

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1. Unidad de análisis

- Extracto acuoso del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”
- Extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna”
- *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco”

3.1.2. Universo

- Frutos y tallos de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” procedentes del distrito de Jesús, provincia de Cajamarca.
- *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco,” procedentes del Centro Poblado Puyllucana distrito Baños del Inca.

3.1.3. Muestra

- **Muestra vegetal.** Para la preparación del extracto se utilizaron 3kg de fruto y 3kg de tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” procedentes del distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca.

Criterios para la muestra vegetal

- **Criterios de inclusión:** Frutos y tallos limpio, frescos de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” enteros, descartando los que presentaban picaduras de insectos o plagas.
- **Criterios de exclusión:** Frutos y tallos picados, maltratados o afectados con alguna enfermedad (hongos, bacterias, etc.).
- **Especímenes de experimentación.** Se utilizaron 18 especímenes machos de la especie *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco” procedentes del Centro Poblado de Puyllucana – Baños del Inca, provincia de Cajamarca.

Criterio para los especímenes de experimentación

- **Criterios de inclusión:** Conejos cuyo peso oscilaron entre 1,5 kg a 2,5 kg, con dieta balanceada.
- **Criterios de exclusión:** Animales enfermos, de bajo peso (peso menor a 1,500 kg), de diferente raza, edad o sexo.

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. De acuerdo al fin que persigue

Básica, ya que la investigación estuvo encaminada a ampliar el conocimiento científico, explorando nuevas teorías y transformar las ya existente.

3.2.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

Experimental, ya que se manipularon uno o más variable con el fin de alcanzar los objetivos planteados.

3.3. Técnicas de investigación

3.3.1. Recolección y preparación de la muestra de *Opuntia ficus-índica*

“tuna.”^{7,15}

a) Recolección y selección de la muestra vegetal

La recolección de la muestra vegetal se realizó en el distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca; luego de la recolección, se procedió a seleccionar los frutos y tallos de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” que cumplieron con los criterios de inclusión. Finalmente fueron transportados hacia la Universidad Nacional de Cajamarca al Laboratorio de Farmacología de la Facultad de Educación, donde se realizó el procedimiento para la obtención de los extractos acuosos y que posteriormente fueron utilizados en los respectivos tratamientos.

b) Preparación del extracto acuoso del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

Luego de realizar un chequeo visual a la muestra vegetal y teniendo en cuenta las características organolépticas para la preparación de dichos extractos acuosos, se seleccionaron los frutos y los tallos que se encontraron en óptimas condiciones. Se procedió a lavar con agua potable corriente, luego se enjuago con agua destilada. Se utilizaron 3 kg del fruto y 3 kg de tallo de *Opuntia ficus-indica* “tuna”.

Se realizó un cepillado a los frutos y tallos para eliminar las espinas presentes y así facilitar su manipulación poniendo énfasis en la materia prima a utilizar en la preparación de los extractos acuosos.

El pelado de la materia prima se realizó manualmente con ayuda de un cuchillo, luego se cortaron trozos pequeños y en una balanza analítica se pesaron 100g del fruto y 100g del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” finalmente se colocó en una licuadora en partes iguales 100g de la materia prima y 100mL de agua destilada, y se procedió a licuar.

Al producto final del licuado se pasó por un cedazo fino para separar restos de semillas, cáscaras, e impurezas. Una vez obtenido el extracto acuoso se colocó en un frasco de vidrio de color ámbar y se llevó a refrigeración hasta la administración.

3.3.2. Determinación de las características organolépticas de los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

- **Determinación del olor:** Se tomó una tira de papel secante de aproximadamente 1cm de ancho por 10cm de largo, se colocó por un extremo en la muestra procediendo a olfatear para determinar de esta manera si corresponde a las características del producto.
- **Determinación del color:** Se utilizaron dos tubos de ensayo bien limpios y secos, en cada uno de ellos se colocaron las muestras de los respectivos extractos acuosos hasta las tres cuartas partes del tubo, pudiendo observar el color, transparencia, consistencia y la presencia de partículas e impurezas.

3.3.3. Inducción a la hiperglucemia

Se utilizaron 18 especímenes machos con hiperglucemia inducida, la inducción se realizó en los galpones de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Antes de inducir hiperglucemia en los animales de experimentación se seleccionó a los conejos a los cuales se les pesó para tener un valor referencial, se tomó la muestra de glucosa inicial; luego se realizó la preparación de la solución de sacarosa que constó de 170g de azúcar en

100mL de agua destilada, a cada conejo se administró una dosis de 14,4mL por kg de peso corporal, la administración fue por vía oral con ayuda de una sonda nasogástrica N°8 durante 15 días.

Según el laboratorio Clinical Biochemistry of Domestic Animals (1989), el parámetro de glucosa a considerar fue de: 50 – 93 mg/dL.

3.3.4. Determinación de glucosa

Para obtener los valores de glucosa de los 18 especímenes se les retiró el alimento el día anterior, por la mañana del día siguiente a primera hora se les tomó las muestras correspondientes, en seguida se les administró los extractos acuosos tanto del fruto, así como del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” durante los 10 días de experimentación.

3.3.5. Obtención de sangre de la vena marginal de la oreja

A los tres grupos de animales se rasuró la oreja derecha, con ayuda de una crema rasuradora, con el objetivo de visualizar mejor la vena marginal.

Para obtener la muestra de sangre, se realizó una limpieza con una torunda empapada de alcohol antiséptico, y se esperó que seque el área de punción.

Luego con ayuda de una lanceta se hizo punción en la vena marginal de la oreja. Finalmente se tomó las muestras de sangre utilizando un glucómetro y se realizaron las lecturas correspondientes.

3.3.6. Administración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de

Opuntia ficus-índica “tuna”

Una vez preparados los extractos acuosos del fruto y del tallo y después de haber tomado las primeras muestras de la glucosa se procedió a la administración de dichos extractos. La administración de los extractos acuosos se realizó por vía oral a una dosis de 18,4mL/kg de peso corporal, durante 10 días consecutivos una sola vez por día.

3.3.7. Distribución de los grupos

Los especímenes de experimentación fueron distribuidos al azar en 3 grupos, cada grupo estuvo conformado por 6 especímenes. Los grupos fueron distribuidos de la siguiente manera:

- **Grupo I: Control.** Constituido por 6 especímenes con hiperglucemia inducida, con una solución de sacarosa a los que se les administró una dosis de 14,4mL/kg de peso corporal, haciendo uso de una sonda nasogástrica N°8 por 15 días.
- **Grupo problema II: Extracto acuoso del fruto.** Constituido por 6 especímenes con hiperglucemia inducida, y que posteriormente se les administró el extracto acuoso del fruto vía oral a una dosis de 18,4mL/kg de peso corporal, haciendo uso de una sonda nasogástrica N°8 por 10 días de tratamiento.

- **Grupo problema III: Extracto acuoso del tallo.** Constituido por 6 especímenes con hiperglucemia inducida, y que posteriormente se les administró el extracto acuoso del tallo por vía oral a una dosis de 18,4 mL/kg de peso corporal, haciendo uso de una sonda nasogástrica N° 8 por 10 días de tratamiento.

3.4. Instrumentos, equipos, materiales y reactivos

3.4.1. Instrumentos

- Fichas de recolección de datos.

3.4.2. Equipos

- Licuadora marca: Oster
- Refrigeradora marca: LG
- Balanza analítica marca: (Ohaus), modelo Explorer.
- Glucómetro marca: Ruby

3.4.3. Materiales

- Beakers de 250 mL (kimax)
- Beakers de 500 mL (kimax)
- Probeta de 250 mL (fortuna)
- Tiras reactivas
- Pizetas
- Espátula

- Frascos estériles color ámbar
- Sonda nasogástrica N° 8
- Algodón
- Lanceta
- Cedazo fino
- Guantes
- Mandiles
- Gorras
- Mascarillas

3.4.4. Otros

- Crema para rasurar
- Detergente
- Desinfectante
- Bolsas plásticas
- Papel toalla
- Alcohol de 70°.

3.5. Técnicas de análisis de datos

Esta prueba permite comparar hipótesis sobre las medias de las poblaciones con distribución normal. Los resultados obtenidos durante el experimento fueron analizados mediante la prueba estadística T – Student la cual permite realizar

comparaciones entre grupos experimentales pequeños, con un intervalo de confianza al 95%.³⁷

3.6. Aspectos éticos de la investigación

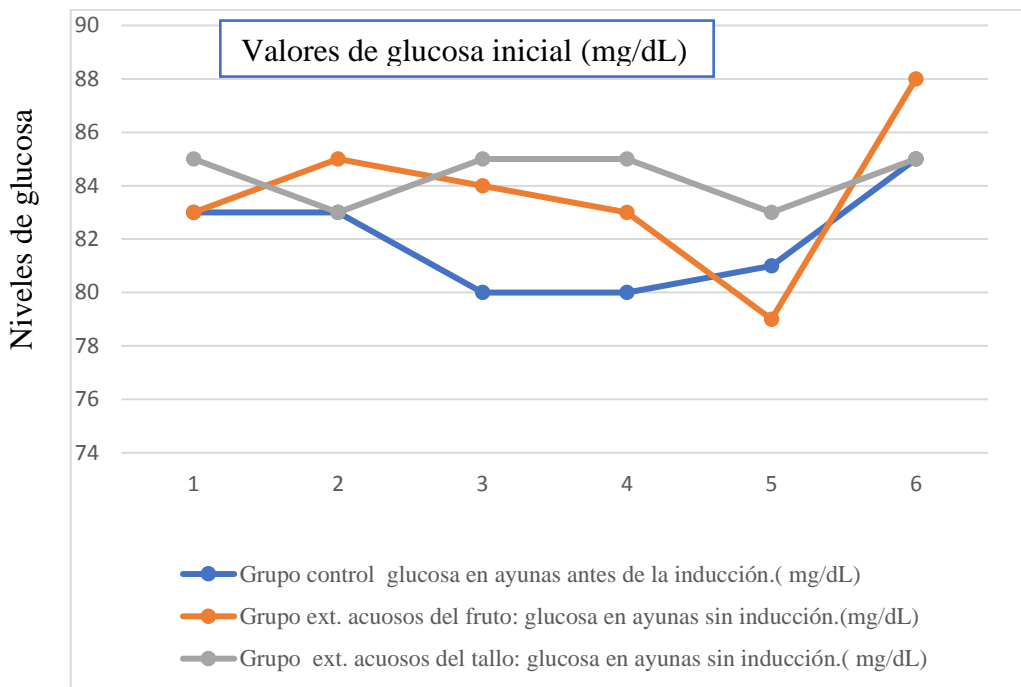
Para el desarrollo del trabajo de investigación se utilizaron especímenes de experimentación, para los cuales se tomaron en cuenta los códigos éticos según lo señalado por la guía del cuidado y uso de los animales de laboratorio, Institute of Laboratory Animal Resources Commission of Life Sciences, National Research Council del 2008 y la guía del manejo y cuidado de los animales de laboratorio: conejo del año del 2010 del Instituto Nacional de Salud – Perú. Además, se les brindo condiciones confortables, sanitarias, y se evitó el sufrimiento, para lo cual las tesisistas se comprometieron en respetar los códigos para el bienestar de estos animales y así cumplir con el objetivo.

IV. RESULTADOS

Tabla N° 2: Valores iniciales de glucosa antes de ser inducida la hiperglucemia

Grupo I glucosa inicial (mg/dL)	Grupo II glucosa inicial (mg/dL)	Grupo III glucosa inicial (mg/dL)
83	83	85
83	85	83
80	84	85
80	83	85
81	79	83
85	88	85
Promedios		
82	84,3	83,7

Fuente: Ficha de recolección de datos elaborada por las tesisistas.



Fuente: Registro de resultados elaborado por las tesisistas.

Gráfico N° 1: Valores iniciales de glucosa de los especímenes antes de ser inducidos a la hiperglucemia

Interpretación: En la tabla N° 2 y el gráfico N° 1 se muestra los valores de las glucosas iniciales de los 18 especímenes machos en experimentación, antes de ser sometidos a la hiperglucemia con la solución de sacarosa, cuyos valores se encontraron entre 79 a 85 mg/dL.

Tabla N° 3: Valores de glucosa de los especímenes, luego de ser sometidos a la hiperglucemia

Grupo I (mg/dL)	Grupo II (mg/dL)	Grupo III (mg/dL)
106	108	107
106	108	107
107	107	106
108	108	106
107	106	107
109	107	108
Promedios		
107,17	107,33	106,83

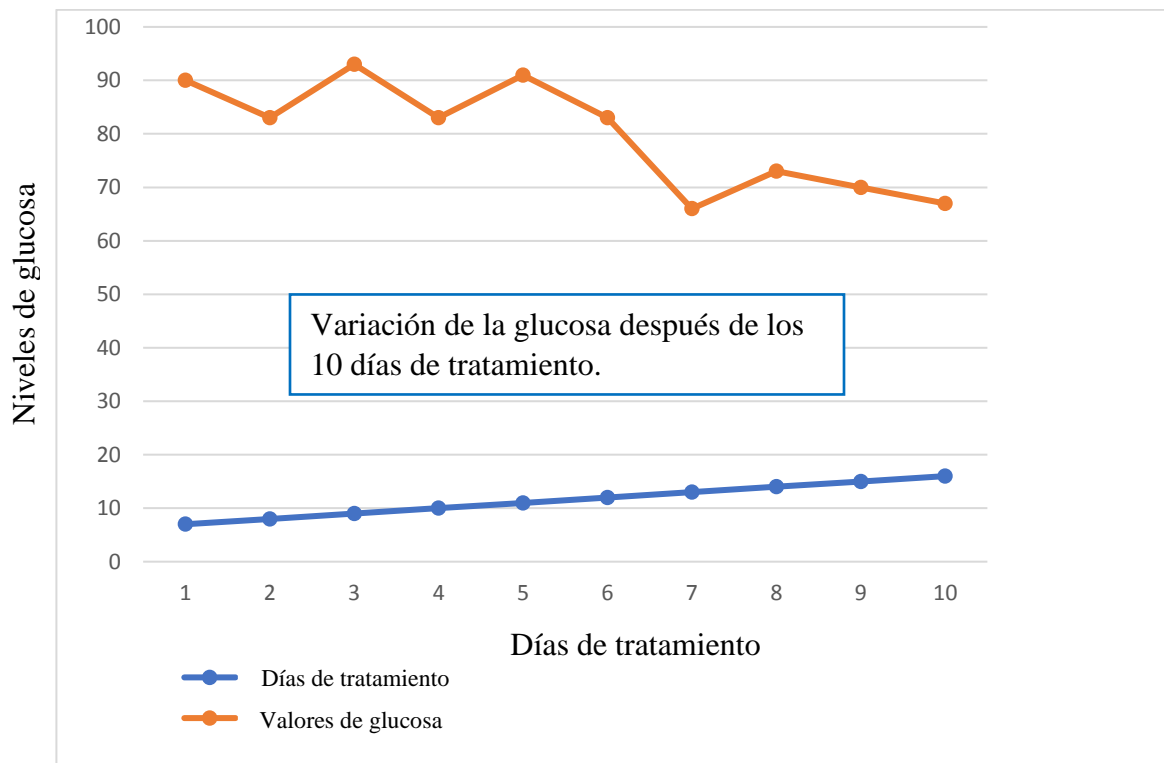
Fuente: Ficha de recolección de datos elaborada por las tesisistas.

Interpretación: En la tabla N° 3 se muestran los niveles de glucosa de los 18 especímenes después de la administración de la solución de sacarosa (14,4 mL/kg de peso corporal).

Tabla N° 4: Valores de glucosa a los 10 días de tratamiento con los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

Grupos	N° de Especímenes	Niveles de glucosa 10 días de tratamiento (mg /dL)	Promedio
Grupo II	1	90	87,17
	2	83	
	3	93	
	4	83	
	5	91	
	6	83	
Grupo III	1	66	73,33
	2	73	
	3	70	
	4	67	
	5	80	
	6	84	

Fuente: Ficha de recolección de datos elaborad



Fuente: Registro de resultados obtenidos en el trabajo experimental.

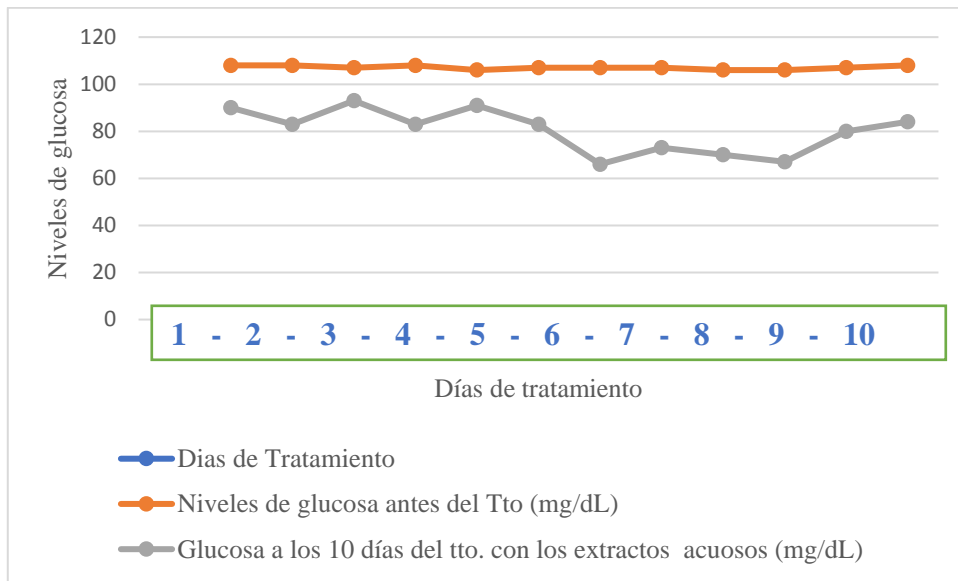
Gráfico N° 2: Variación de la glucosa, en 10 días de tratamiento con los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* "tuna"

Interpretación: En el gráfico N°2 se observan los valores de glucosa después de la administración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* "tuna" a los 10 días de tratamiento.

Tabla N° 5: Comparación de niveles de glucosa antes y después de la administración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

Grupos	N° de Especímenes	Niveles de glucosa hiperglucemia (mg/dL)	Glucosa a los 10 días de tratamiento (ml/dL)	Extractos
Grupo II	1	108	90	
	2	108	83	Extracto acuoso del fruto
	3	107	93	
	4	108	83	
	5	106	91	
	6	107	83	
Grupo III	1	107	66	
	2	107	73	Extracto acuoso del tallo
	3	106	70	
	4	106	67	
	5	107	80	
	6	108	84	

Fuente: Ficha de recolección de datos elaborada por las tesisistas



Fuente: Registro de resultados obtenidos en el trabajo experimental

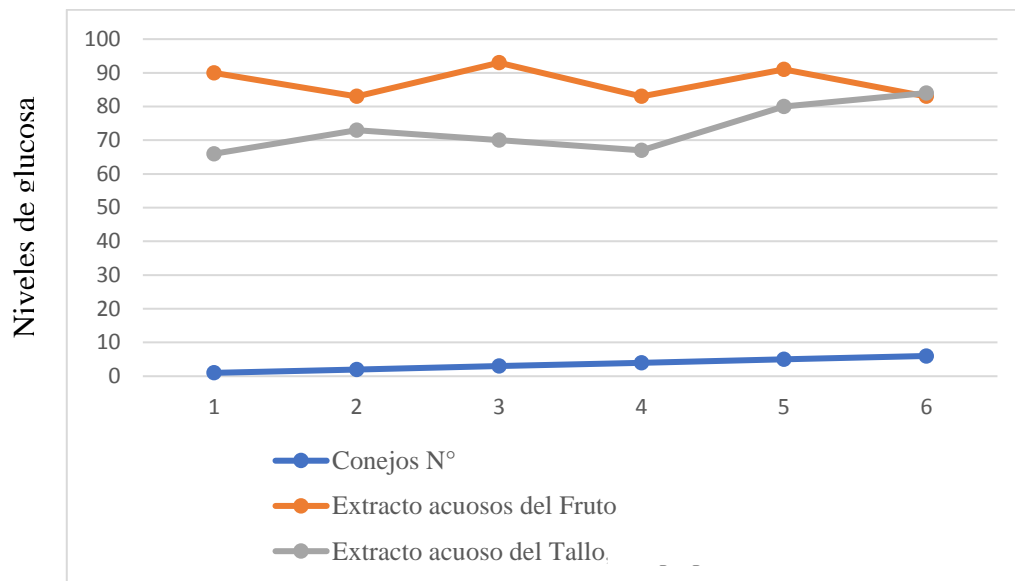
Gráfico N° 3: Distribución de los valores de glucosa, antes y después de la administración de los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

Interpretación: En la tabla N° 5 y el gráfico N° 3 se observa el comportamiento de las glucosas en los especímenes con hiperglucemia inducida, después de ser administrados los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” durante los 10 días del tratamiento.

Tabla N° 6: Comparación entre el extracto acuoso del fruto frente al extracto acuoso del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

N° de Especímenes	Grupo II	Grupo III
1	90	66
2	83	73
3	93	70
4	83	67
5	91	80
6	83	84

Fuente: Ficha de recolección de datos elaborada por las tesisistas.



Fuente: Registro de resultados obtenidos en el trabajo experimental

Gráfico N°4: Comparación de los valores de glucosa entre el extracto acuoso del fruto frente al extracto acuoso del tallo

Interpretación: En la tabla N° 6 y el gráfico N° 4, se observan los resultados de las glucosas en ayunas después de los 10 días de tratamiento con el extracto acuoso del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-indica* “tuna,” encontrando mejor resultado el extracto acuoso del tallo.

Tabla N° 7: Análisis estadístico no paramétrico (normalidad) entre los grupos en estudio

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	VARIACIÓN ENTRE GRUPOS "F"	PROBABILIDAD "P"	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	1	0,75	1,21	P = 0,2959	4,96
Dentro de los grupos	10	0,61		P > 0,05	
Total	11				

Fuente: Tabla elaborada por Alarcón C (Estadístico).

Interpretación: Para saber cómo era el comportamiento de los grupos en estudio se realizó la prueba de normalidad, los datos de los grupos en estudio fueron sometidos al test de análisis de varianza, el resultado que se obtuvo fue de 0,2959 siendo este valor ($p > 0,05$) por lo tanto, la diferencia no es significativa y los valores provienen de una distribución normal.

Tabla N° 8: Análisis estadístico no paramétrico de varianza T – Student

COMPARACIÓN DE GRUPOS	RESULTADO DE PROBABILIDAD “p”	INTERPRETACIÓN
Grupo II	0,002832	
Vs.		Existe diferencia significativa
Grupo III	p < 0,05	

Fuente: Tabla elaborada por Alarcón C (Estadístico).

Interpretación: Los resultados obtenidos muestran una comparación estadística entre grupos realizada mediante la prueba T - Student, los cuales fueron conseguidos de los distintos grupos en estudio, y en la cual se consiguió un valor de $p < 0,05$, este resultado nos indica que existe una diferencia significativa entre el grupo del extracto acuoso del fruto frente al extracto acuoso del tallo.

Tabla N° 9: Disminución en % después de los 10 días de administrar los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

Grupos	Glucosa promedio con hiperglucemia (mg/dL)	Glucosa promedio después del Tto. (mg/dL)	Disminución de glucosa a los 10 días del Tto. (%)
Grupo II	107, 33	87, 17	81,22
Grupo III	106, 83	73, 33	68, 64

Fuente: Ficha de recolección de datos elaborada por las tesisistas.

Interpretación: En la tabla N° 9 se muestran los promedios de los valores de la glucosa al momento de la hiperglucemia y después del tratamiento con los extractos acuosos del fruto y del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”, encontrando para el grupo del extracto acuoso del fruto un valor de 107,33 mg/dL a 87,17 mg/dL, observándose una disminución en un 81,22% y para el grupo del extracto acuoso del tallo sus valores fueron de 106,83 mg/dL a 73,33 mg/dL, representando el 68,64%, estos resultados se obtuvieron a los 10 días del tratamiento.

V. DISCUSIÓN

La diabetes es una enfermedad que ocasiona serias complicaciones en el organismo. En la actualidad los pacientes diagnosticados con dicha enfermedad no lleven un control adecuado por la falta de medicamentos, siendo los pacientes de bajos recursos económicos los más afectados por acceder a los medicamentos a tiempo, por tal razón surge el interés del ser humano en buscar plantas medicinales que contengan beneficios para mejorar su salud, encontrando entre ellas a la planta de *Opuntia ficus-índica* “tuna” ya que en las diferentes partes (tallo, frutos, flores, raíz) de esta especie poseen propiedades medicinales.^{5,16} Por lo que Ramírez M (2015) en su trabajo de investigación manifiesta la utilización de esta especie de *Opuntia ficus-índica* por su efecto hipoglucemiante; especie que contiene importantes componentes bioactivos el cual disminuye los niveles de glucosa.³⁶

Paredes T y Mondragón C (2017)⁵¹, en su estudio Efecto hipoglucemiante del extracto acuoso de los cladodios de *Opuntia ficus-índica* “tuna”, en pacientes diagnosticado diabetes tipo 2 dan a conocer que la utilización del extracto acuoso de los cladodios de *Opuntia ficus - índica* “tuna,” disminuye los niveles de glucosa, demostrando así que los cladodios presentan actividad hipoglucemiante, debido a los diferentes fitoconstituyentes que posee esta especie vegetal. Valle D y Carrión M (2007) en su estudio Actividad hipoglucemiante de la planta de *Opuntia ficus-índica* “tuna” en ratones, en donde realizaron una comparación entre el extracto acuoso de la penca de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” frente a un medicamento (glibenclamida), determinaron

que al administrar el medicamento el efecto hipoglucemiante fue más rápido, mientras que el grupo al que se le administro el extracto acuoso de la penca de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” tuvo un efecto hipoglucemiante más prolongado. Por otro lado, esta información es amparada por el presente estudio experimental en la cual se comparó el efecto hipoglucemiante del extracto acuoso del tallo frente al extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna”, en donde se observa que el extracto acuoso del tallo tiene mejor efecto hipoglucemiante logrando bajar los niveles de glucosa en un 68,64% (ver tabla N° 9), más que el extracto acuoso del fruto.⁵³ Esto se debería a que esta parte de la planta de *Opuntia ficus - índica* “tuna”, son más ricos en fibra, mientras que el fruto es más ricos en vitamina C. Sáenz C et al (2006)¹⁶, además por el contenido de mucilago (polisacárido fibroso), que es un componente muy importante y que forma parte de la fibra dietética el cual tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener agua³⁴.

Medina C y Portal F (2014)²³. es su estudio “Efecto hipoglucemiante de las fibras solubles de la paleta de *Opuntia ficus-índica* en *Oryctolagus cuniculus* var. albinus (New Zealand)”, menciona que la fibra de la paleta es beneficioso para la salud, demostrando que la fibra y administrada reduce los niveles de glucosa y colesterol. En el presente trabajo de experimentación se determinó que el extracto acuoso del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” reduce los niveles de glucosa. Además, esta planta viene siendo utilizada en el área de farmacia para realizar diferentes investigaciones por los beneficios que esta presenta.

En cuanto al análisis de normalidad, consistió en analizar si los grupos en estudios provenían de una distribución normal, teniendo como referencia un $p < 0,05$ y un intervalo de confianza (IC) del 95%. Este análisis permitió encontrar un valor de $p > 0,05$, (0,2959), determinando que estadísticamente no es significativa, por lo tanto, los valores de los grupos experimentales provienen de una distribución normal.

En cuanto a la prueba estadística T-Student se consideró un $p < 0,05$, encontrando en respectivo trabajo de investigación un $p < 0,05$ (0,002832), siendo este valor menor, demostrando así que el extracto acuoso del tallo frente al extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna” presenta mejor efecto hipoglucemiante en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco,” gracias al contenido de fibra que esta parte de la planta posee. Al realizar la comparación entre dichos extractos acuosos, se observa que el extracto acuoso del tallo presenta mejor efecto hipoglucemiante. Estos resultados se deberían al contenido de fibra que contiene. Medina C y Portal F (2014).²³

VI. CONCLUSIONES

Al realizar el análisis de los datos obtenidos concluimos lo siguiente:

- Se logró comparar el efecto hipoglucemiante entre el extracto acuoso del tallo frente al extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco” con hiperglucemia inducida en los días de tratamiento a una dosis de 18,4mL/kg de peso.
- Se determinó el efecto hipoglucemiante del extracto acuoso del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco” con hiperglucemia inducida.
- Se determinó el efecto hipoglucemiante del extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” en *Oryctolagus cuniculus* “conejo blanco” con hiperglucemia inducida.
- Se determinó la disminución en porcentaje entre los grupos experimentales, obteniendo como resultado del 81,22% para el extracto acuoso del fruto y del 68,64% para el extracto acuoso del tallo.

VII. RECOMENDACIONES

- Promover el consumo de los extractos acuosos de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” por presentar efectos beneficiosos para la salud y ser de origen natural.

- Realizar estudios sobre formas seguras de extracción de los principios activos de esta especie vegetal con la finalidad de evitar efectos negativos par ser humano.

- Investigar y definir una dosis exacta del extracto acuoso del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna,” para obtener mejores resultados.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aliaga J et al. *Opuntia ficus-índica* (L) Miller [Tesis]. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo; 2008.
2. Acebedo J et al. El nopal como regulador de glucosa en diabéticos. Hidalgo: Universidad Nacional Autónoma de México; febrero 2017. Registro No.: CIN2017A10134. [Citado el 06 de mayo del 2017] disponible en: <http://vinculacion.dgire.unam.mx/Memoria-Congreso-2017/trabajos-ciencias-biologicas/ciencias-de-la-salud/22.pdf>
3. Anica-Malagón ED, Pérez-Calatayuda A, Guillén-Vidaña AM, Fraire-Félix IS, Briones Garduño JC, Carrillo-Esper R. Metabolic control in the critically ill patient an update: hyperglycemia, glucose variability hypoglycemia and relative hypoglycemia. *Cir Cir* [Internet]. Enero 2017 [Citado el 03 de junio del 2017]. 85(1): 93-100. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27998542>
4. Aguilar C. Epidemiología de la diabetes tipo 2 en Latinoamérica [Internet]. México: Asociación Latinoamericana de Diabetes. c2016 – 2018 [Citado el 03 de junio del 2108]. ALAD; [Aproximadamente 6 pantallas]. Disponible en: <https://www.alad-americalatina.org/diabetes/>

5. Diabetes.org. [Internet]. Arlington: American Diabetes Association; c1995 - 2017 [Citado el 19 de marzo del 2017]; [Aproximadamente 4 pantallas]. Disponible en: <http://www.diabetes.org/es/vivir-con-diabetes/tratamiento-y-cuidado/el-control-de-la-glucosa-en-la-sangre/hiperglucemia.html>
6. Álvarez J, Bautista J. Sistemática de la tuna cultivada en el Perú. [editores I] curso de plantación y manejo de tunales y propagación de cochinilla en las cuencas altas andinas del Perú. Cajamarca: MaFerro; 1989. p. 1- 4
7. Acha E. Evaluación sensorial, adaptación y aceptación del fruto de tuna. [Tesis]. Buenos Aires: Universidad de la Fraternidad de agrupaciones Santo Tomas de Aquino; 2010 [Citado el 20 de junio del 2017]. Disponible en: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/433>
8. Arévalo M. El riñón normal desarrollo y funciones. En: Anatomía e Histología. México: McGraw-Hill; 2008. p. 19. [citado el 19 setiembre del 2017]. Disponible en: <http://media.axon.es/pdf/70992.pdf>
9. Carrasco N. Comprobación del efecto hipoglucemiante del extracto del fruto de la tuna (*Opuntia ficus-índica*) en ratones (*Mus musculus*) con hiperglucemia inducida. [Tesis]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2012. [Citado el 19 de setiembre del 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2019/1/56T00314.pdf>

10. Castro J, Paredes C y Muñoz D. Cultivo de Tuna (*Opuntia ficus indica*) [Monografía virtual], 1° ed. Gerencia Regional Agraria La Libertad; 2009. [Citado el 25 de julio del 2017]. Disponible en: <http://agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>
11. Calaméo E. Información sobre la exportación de la tuna Revista tuna. [internet] p.10 [Citado el 25 de julio del 2017]. Disponible en: <http://es.calameo.com/read/004592673e221420445d3>
12. Campuzano G, Latorre G. La HbA1c en el diagnóstico y en el manejo de la diabetes. [Rev. Medicina & Laboratorio] [Revista virtual]. 2010; 16 (6): 220 – 221. [citado el 25 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/medlab/myl-2010/myl1105-6b.pdf>
13. Cervantes, R. et al. Fisiopatología de la diabetes y los mecanismos de muerte de las células β pancreáticas, [Artículo de revisión] 21 (3). septiembre 2013. [Citado el 15 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/endoc/er-2013/er133a.pdf>
14. Cordero D, Geosalud. La fibra dietética. [Citado 16 junio 2017]. Disponible en: <https://www.geosalud.com/nutricion/fibra-dietetica.html>

15. Escudero E y P. Gonzáles S. La fibra dietética Nutrición Hospitalaria [Artículo SCIELO]. [internet] Madrid 2006, [citado el 12 de junio 2017], Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
16. Rodríguez A. Utilización agroindustrial del nopal – [Boletín de servicios agrícolas de la FAO]. [Roma 2006], ISBN 92-5-305518-9, [citado el 25 de julio del 2017]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1>
17. Tomás G, Huamán M, Aguirre M. Estudio químico y fitoquímico de la *Opuntia ficus-índica* “tuna”, y elaboración de un alimento funcional en Ayacucho. [Rev. investigación] Rev. Per. Quím. Ing. Quím. 15 (1). 2012. Pág. 71. [Citado el 20 de junio del 2017]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4772/384>
18. MINSA. Guía de práctica clínica para el Diagnóstico, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención, Dirección de Prevención de Enfermedades No Transmisibles y Oncológicas. 2016. p.66. [Citado el 20 de junio del 2017] Disponible en <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3466.PDF>
19. Hernando V. Epidemiología de la diabetes mellitus en Sudamérica: la experiencia de Colombia. Aterosclerosis. [Artículo] 28 (5). Septiembre - octubre 2016. p 209

- 256. [Citado el 12 de mayo del 2017] disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-clinica-e-investigacion-arteriosclerosis-15-articulo-epidemiologia-diabetes-mellitus-sudamerica-experiencia-S0214916816000176>
20. Hinostroza C. Extracción y Estabilización de Betaínas de Tuna Púrpura (*Opuntia ficus-indica*) Mediante Tecnología de Membranas y Microencapsulación, como Colorante Alimentario [Tesis]. Santiago de Chile: Universidad de Chile. [Citado el 18 de junio 2017], Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114868/vergara_cc.pdf
21. Cano – Pérez J, Guía de la diabetes tipo 2. Desarrollo de la práctica enfermera basada en la evidencia. Quinta edición, pp. 31 [Citado el 12 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://media.axon.es/pdf/81526.pdf>
22. Jorge R. Hemicelulosa. p.10 [Citado el 20 junio]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/139183609/Hemicelulosa-y-Otros>
23. José J. Mediavilla bravo educación sanitaria en patología para la oficina de farmacia 2ª Parte [Internet]. Diabetes mellitus Capítulo 3. OMC- ESPAÑA [Citado el 15 de mayo del 2017]. Disponible en: http://www.institutotomaspcualsanz.com/descargas/formacion/publi/Modulo_3_CURSORANF2EDICION.pdf

24. Alonso F. Ana Guías Clínicas Diabetes mellitus, Copyright 2015. EUROMEDICE, Ediciones Médicas. [Citado el 15 de mayo del 2017]. Disponible en: http://2016.jornadasdiabetes.com/docs/Guia_Diabetes_Semergen.pdf
25. Organización Mundial de la Salud. Diabetes Mellitus 2 – epidemiology. Diabetes Mellitus – prevention and control. Diabetes, Gestational. Chronic Disease. 5. Public Health. I.Organización Mundial de la Salud. [Citado el 15 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254649/9789243565255-spa.pdf;jsessionid=F38B742BD4CA44CE2A2CFF26046E5E19?sequence=1>
26. Méndez M. Manual de Cactus Identificación y rigen [Internet], ALDO H. CERONI STUVA , 1º ed. diciembre 2013 [Citado el 15 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/17%20Cactaceas.pdf>
27. Medina T, Portal F. Efecto Hipercolesterolémico de las fibras solubles extraídas de la paleta de *Opuntia ficus – indica* en *Oryctolagus cuniculus* var. Albinus (New Zeland). Triaca Magna – [Revista de investigación en ciencias Farmacéuticas], carrera profesional de Farmacia y Bioquímica; enero – junio 2014; 2 (2): 79-88. ISSN: 0000-0000 [Citado el 15 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://revistas.upagu.edu.pe/index.php/TM/article/view/152/106>

28. Meza S, Rosa M, Evaluación del efecto de la temperatura de concentración en los compuesto bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa concentrada de tuna anaranjada (*Opuntia spp*), 2014 [citado el 18 de mayo 2017]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1234>
29. Muñoz A, Ramos E, Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales. *Horizonte Médico*: 7 (1); junio 2007. p. 23-31. Universidad de San Martín de Porres La Molina, Perú, [Citado el 05 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3716/371637115003.pdf>
30. Murray G. El Poder Curativo del Nopal, [Editorial Selector] Marzo del 2000. México. p.1-2. [Citado el 05 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://files.cactosnutraceutico.webnode.pt/2000000077c0757d014/nopal%20medicinal.pdf>
31. Murillo M. Grupo de Investigación en Atención Farmacéutica, Guía de seguimiento farmacoterapéutico sobre diabetes. p. 64 [Citado el 19 de mayo del 2017]. Disponible en: http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/33081/GUIA_DIABETES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

32. Nefropatía diabética- Nefropatía diabética care at Mayo Clinic, [Citado el 19 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/diabetic-nephropathy/symptoms-causes/syc-20354556>
33. Olvera C, Castillo E, López A. Fructosiltransferasas, fructanas y fructosa. [Internet]. Madrid: Olvera C, Castillo E, López A; 2007. [Citado el 19 de mayo del 2017]. Disponible en: http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_29.pdf
34. Pantoja A. Plan integral de diabetes mellitus de Castilla-la Mancha 2007-2010, p. 19. [Citado el 01 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://pagina.jccm.es/sanidad/salud/plandm.pdf>
35. Pinares G. Hiperglucemia en el Paciente Hospitalizado. [Citado el 01 de junio del 2017]. Disponible en internet: <http://esece.edu.pe/congreso-de-medicina-auna-2017/presentaciones/Medicina-Interna-Hiperglicemia-en-hospitalizacion-Dr-Guido-Pinares.pdf>
36. Quiguango Y, Wilson K. “Utilización de la penca de nopal (Opuntia ficus indica), para la elaboración de jugo”. [Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero agroindustrial]. Ibarra – Ecuador; 2011. p. 08-09. [Citado el 12 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/379>

37. Ramírez M. Propiedades funcionales de hoy. [citado el 22 de junio]. Disponible en DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.361>
38. Ramírez M. Elaboración de una bebida con potencial hipoglucemiante a partir de nopal y tuna blanca (*Opuntia ficus-indica*). [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Ciencias y Tecnología de Alimentos]. Saltillo: Departamento de Ciencias y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; Citado el 12 de mayo del 2017. [Tesis disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6708/63399%RAM%C3%8DREZ%20MONTROYA%2c%20M%C3%93NICA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
39. Reinaldo A. T-Student. Usos y abusos. Universidad Nacional Autónoma de México Rev. Mex. Cardiol vol.26 no.1 México ene./mar. 2015, [Citado el 12 de mayo del 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S018821982015000100009
40. Resnikoff S, Pascolini D, Etya'ale D, Kocur I, Pararajasegaram R, Pokharel GP et al. Global data on visual impairment in the year 2002. Bull World Health. Noviembre de 2004; 82. 11. [Citado el 12 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15640920>

41. Rosas J. El Diagnóstico, Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 con Medicina Basada en Evidencia, Revista de la ALAD, Guías ALAD Comité ejecutivo ALAD 2010-2013. p. 17 – 18. [Citado el 15 de mayo del 2017].
Disponible en:
http://www.revistaalad.com/pdfs/Guias_ALAD_11_Nov_2013.pdf
42. Rosa G. Islotes Pancreáticos. Sociedad de española de diabetes 1994. [Citado el 20 junio]. Disponible en:
<http://www.sediabetes.org/gruposDeTrabajo/grupo.aspx?idApartado=VyxGdxhwjXc467keZnuRHO%3D%3D>
43. Rodas, E. Walter H. Efecto hipoglicemiante de opuntia ficus “tuna” en diabetes experimental inducida por aloxano en *Oryctolagus cuniculus* var. new zealand [Citado el 19 de marzo del 2017]. Disponible en:
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4136>
44. Rodríguez S. Optimización de la extracción del mucílago de nopal (*Opuntia ficus - indica*) XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. 2009. [Citado el 19 de marzo del 2017] Disponible en:
<https://smbb.mx/congresos%20smbb/queretaro11/TRABAJOS/trabajos/III/cartel es/CIII-71.pdf>

45. Roglic G, Wild S, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 2004; 27(5):1047- [Citado el 12 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15111519>
46. Sánchez A. Epidemiología de la diabetes mellitus tipo 2 y factores de riesgo cardiovascular asociados. [Editor SEMI]. *Protocolos diabetes mellitus tipo 2*. Madrid: Elsevier; 2009. p. 49 – 67. [Citado el 01 de junio del 2017] Disponible en: <https://www.fesemi.org/sites/default/files/documentos/publicaciones/protocolos-diabetes-mellitus-tipo-2.pdf>
47. Santos Z. Análisis de compuestos fenólicos en harina de nopal (*Opuntia spp*) y su efecto in vitro en secreción de insulina, [tesis de maestría con especialidad de biotecnología], Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey Mayo, 2010, [citado el 20 junio]. p.112, disponible en: https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/570240/DocsTec_11167.pdf?sequence=1&isAllowed=y
48. Saiz M, Áridas M, Fernández G. *La Chumbera como Cultivo de Zonas Áridas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. [sede Web], Madrid 1990, p 24 [citado el 19 junio del 2017]. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1990_01.pdf

49. Seclén S. Diabetes Mellitus en el Perú: hacia dónde vamos. Rev Med Hered. 2015. 26:3-4. [Citado el 01 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v26n1/a01v26n1.pdf>
50. Taylor R y Loranne A. The biochemistry of diabetes, Department of Medicine, University of Newcastle upon Tyne. 250 (1). pp 1-16 [Citado el 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1148905/pdf/biochemj00235-0011.pdf>
51. Paredes T y Mondragón L, Efecto hipoglucemiante del extracto acuoso de los cladodios de *Opuntia ficus* indica “tuna” en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. [Tesis]. 2009. p. 100 [Citado el 12 de mayo del 2018]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/473/FYB-017-2017.pdf>
52. Torres A. Nefropatía diabética. Rev Hosp Gral Dr. M Gea González. 5(1). Enero - marzo 2002, p.10 [Citado el 18 de mayo del 2017]. Disponible en internet: <http://www.medigraphic.com/pdfs/h-gea/gg-2002/gg021-2c.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

GALERÍA FOTOGRÁFICA



Fotografía 1: Especímenes de

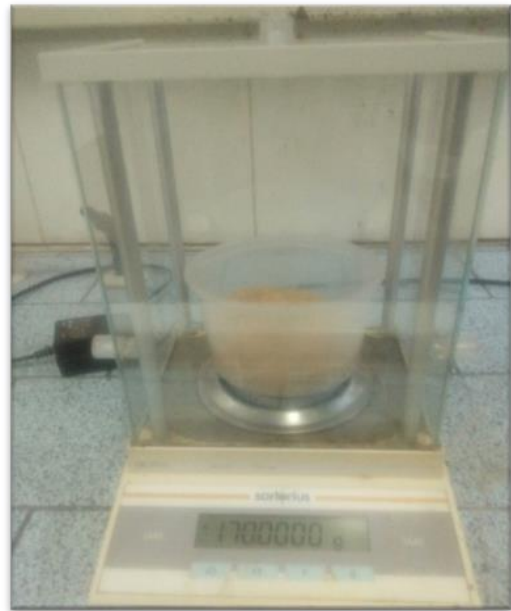
experimentación.



Fotografía 2: Pesado de los especímenes



Fotografía 3: Rasurado de la oreja para la toma de muestra.



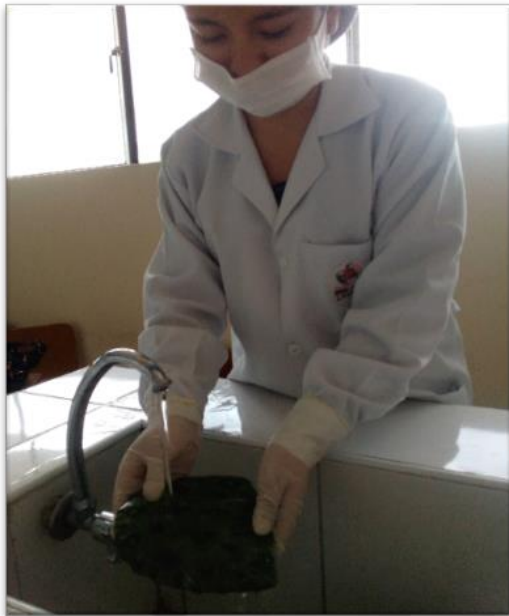
Fotografía 4: Preparación de la solución de sacarosa.



Fotografía 5: Obtención de la solución de sacarosa



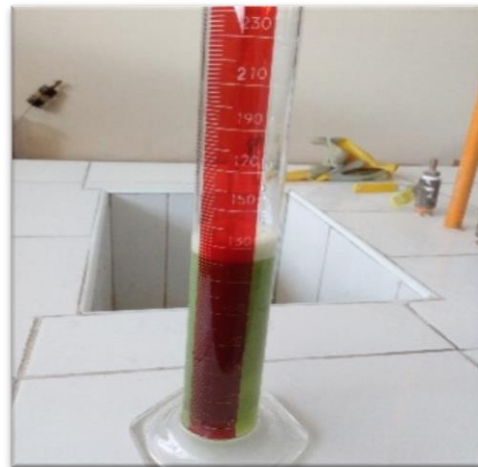
Fotografía 6: Obtención de los tallos y frutos de *Opuntia ficus-índica* “tuna”



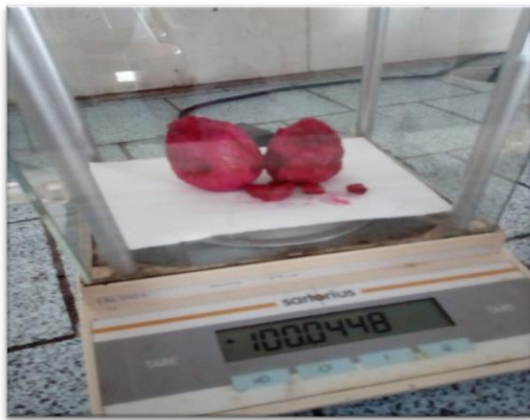
Fotografía 7: Limpieza y desinfección del tallo de *Opuntia ficus-índica* “tuna”



Fotografía 8: Preparación del extracto acuoso del tallo *Opuntia ficus-índica* “tuna”



Fotografía 9: Obtención del extracto acuoso del tallo



Fotografía 10: Preparación del extracto acuoso del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna”



Fotografía 11: Obtención del extracto acuoso del fruto



Fotografía 12: Extractos acuosos del tallo y del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna”



Fotografía 13: Desinfección de la oreja derecha para la toma de muestra



Fotografía 14: Toma de muestra de la glucosa en ayunas en mg/dL

ANEXO 2

CÁLCULOS

1. Análisis de varianza: Valores de glucosa con hiperglucemia inducida en los grupos experimentales del tallo y del fruto de *Opuntia ficus-índica* “tuna”

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	6	644	107.333333	0.66666667
Columna 2	6	641	106.833333	0.56666667

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.75	1	0.75	1.21621622	0.29593691	4.96460274
Dentro de los grupos	6.16666667	10	0.61666667			
Total	6.91666667	11				

No existe diferencia significativa p=0.29

Aplicación de la prueba estadística T – Student

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Fruto	Tallo
Media	87.1667	73.3333333
Varianza	21.7667	52.6666667
Observaciones	6.0000	6
Varianza agrupada	37.2167	
Diferencia hipotética de las medias	0.0000	
Grados de libertad	10.0000	
Estadístico t	3.9275	
P(T<=t) una cola	0.0014	
Valor crítico de t (una cola)	1.8125	
P(T<=t) dos colas	0.002832	
Valor crítico de t (dos colas)	2.2281	

2. Preparación de los extractos acuosos

❖ Preparación de los extractos: 100g en 100mL de agua destilada

❖ Volumen máximo por animal: 2.5kg = 20mL de solución

❖ Cálculo:

2.5kg _____ 20mL de solución

2.3kg _____ X

X = 18.4 ml de solución por animal, para cada

3. Preparación de la solución de sacarosa

❖ Preparación de la solución de sacarosa: 170g en 100mL de agua destilada

❖ Volumen máximo por animal: 2.5kg = 20mL de solución

❖ Cálculo:

2.5kg _____ 20mL de solución

1.8kg _____ X

X = 14.4 ml de solución por animal