



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Medicina**

**Escuela Profesional de Nutrición**

**Índice glicémico de la algarrobina y harina derivados  
de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Nutrición

**AUTOR**

Jetshabel Solmary LUZÓN ATARAMA

**ASESOR**

María Mercedes SOBERÓN LOZANO

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Luzón J. Índice glicémico de la algarrobina y harina derivados de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Nutrición; 2021.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Jetshabel Solmary Luzón Atarama
DNI	47642059
URL de ORCID	-----
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	María Mercedes Soberón Lozano
DNI	07003675
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-5063-1407">https://orcid.org/0000-0001-5063-1407</a>
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	B.1.3.1 Medicina tradicional y alternativas
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	-----
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: La victoria  Manzana y lote: Cercado de lima 15001 correspondencia) Jirón Cangallo 770 Latitud: -8.39818 Longitud: 74.53774.
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2017
URL de disciplinas OCDE	Nutrición, Dietética <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.04">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.04</a>



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
**Universidad del Perú. Decana de América**



Firmado digitalmente por  
FERNANDEZ GIUSTI VDA DE PELLA  
Alicia Jesus FAU 20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 07.09.2021 15:19:53 -05:00

**Facultad de Medicina**

**Escuela Profesional de Nutrición**

**“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”**

**ACTA N° 012-2021**

**SUSTENTACIÓN DE TESIS EN MODALIDAD VIRTUAL**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN NUTRICIÓN**

**Autorizado por RR-01242-R-20**

- 1. FECHA DE LA SUSTENTACIÓN** : 03 de septiembre del 2021  
HORA INICIO : 14:00 pm  
HORA TÉRMINO : 15:15 pm

**2. MIEMBROS DEL JURADO**

PRESIDENTE: Dr. Miguel Hernán Sandoval Vegas

MIEMBRO: Q.F. Yadira Lilia Cairo Arellano

MIEMBRO: Mg. Gisela Oliveira Bardales

ASESORA: Dra. María Mercedes Soberón Lozano

**3. DATOS DEL TESISTA**

APELLIDOS Y NOMBRES : Luzón Atarama, Jetshabel Solmary

CÓDIGO : 13010612

R.R. DE GRADO DE BACHILLER : RR N° 011082-2019-R/UNMSM

TÍTULO DE LA TESIS “Índice glicémico de la algarrobina y harina derivados de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas” (Aprobado RD N°002423-2021-D-FM/UNMSM).

**4. RECOMENDACIONES:** ---

**5. NOTA OBTENIDA**

**18 (dieciocho)**



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
*Universidad del Perú. Decana de América*

*Facultad de Medicina*

**Escuela Profesional de Nutrición**

**“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”**

**6. PÚBLICO ASISTENTE**

<b>Nº</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>DNI</b>
1	Yeslyn Mishel Flores Avila	72731314
2	Yosselym Ana María Luzón Atarama	46609565
3	José Antonio Yurivilca Espinoza	72674740
4	María Mercedes Soberón	07003675
5	Bernardo Tercero Linarez Atarama	43687886
6	Miguel Hernán Sandoval Vegas	08754382
7	Gisela Oliveira Bardales	08177988

**FIRMAS DE LOS MIEMBROS DEL JURADO**

Estando de acuerdo con la presente acta, el Jurado de Sustentación firma en señal de conformidad:

Dr. Miguel Hernán Sandoval Vegas  
Docente Principal  
Presidente

Q.F. Yadira Lilia Cairo Arellano  
Docente Asociado  
Miembro

Mg. Gisela Oliveira Bardales  
Docente Asociado  
Miembro

Dra. María Mercedes Soberón Lozano  
Docente Principal  
Asesora

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, que me da la fuerza para seguir avanzando a pesar de todas las dificultades y por constantemente colocar en mi vida personas maravillosas. Nunca me falles.

A la E.P. de Nutrición y a los profesores que confían diariamente en la capacidad y habilidad de cada estudiante que pasa por las aulas e impulsan a seguir esta carrera tan humana y gratificante.

A mis padres, Manuel Luzón y Solmary Atarama, quienes con amor, paciencia y dedicación me educan y me enseñan a ser mejor persona y profesional.

A mi abuela y a mis tíos, María Cristina Gonzales, Verónica Atarama y Edwin Montalbán, quienes, con sus consejos y apoyo, me incitaron a ser nutricionista. Gracias por tener fe en mí en cada etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis hermanos Bernardo Linarez y Yosselym Luzón. Porque, ante la confusión, me guían y ante la debilidad, me fortalecen. Son los mejores, siempre.

A mis mejores amigos, Yeslyn Flores y Arturo Pérez. La distancia nunca ha sido barrera que evite sentir su afecto y apoyo.

A Gerson Carpio, por su colaboración desinteresada al desarrollo de este proyecto y a José Yurivilca, por su paciencia y compromiso.

A quien en vida fue Rosa Oriondo, por ayudarme a seguir con mi tesis a pesar de los obstáculos. A la Dra. Mercedes Soberon, por ayudarme a concluir esta meta.

## **DEDICATORIA**

A mi abuelo, Barton Atarama que desde niña me enseñó a amar a mi familia y a mi país, a confiar en mí misma, a creer en lo que hago y aprender de los errores. Sus palabras quedaron grabadas en mí.

## **CONTENIDOS**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
<b>2.1. OBJETIVO GENERAL</b>	21
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	21
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>21</b>
<b>3.1. TIPO DE ESTUDIO</b>	21
<b>3.2. MATERIALES</b>	21
<b>3.2.1. MATERIALES BIOLÓGICOS</b>	21
<b>3.2.2. REACTIVOS Y FÁRMACOS</b>	21
<b>3.2.3. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DEL PROCESO</b>	22
<b>3.3. VARIABLES</b>	22
<b>3.3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>	23
<b>3.4. TÉCNICAS</b>	24
<b>3.5. PROCEDIMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	25
<b>3.6. ANÁLISIS DE DATOS</b>	28
<b>3.7. CONSIDERACIONES ÉTICAS</b>	30
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>30</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>38</b>
<b>6.1. CONCLUSIONES</b>	38
<b>6.2. RECOMENDACIONES</b>	38
<b>VII. ANEXOS</b>	<b>39</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>40</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Análisis Proximal Completo. Protocolo de Análisis N. 00175-CPF-2016.....	26
Tabla 2: Composición nutricional del fruto del Prosopis pallida. ....	26
Tabla 3: Cronograma de administración de soluciones a las ratas. ....	27
Tabla 4: Cálculo de carbohidrato disponible de la algarrobina y harina de algarrobo. .	30
Tabla 5: Promedio de glicemia (mg/dl) basal y postprandial de glucosa anhidra y algarrobina en ratas, p valor (p).....	31
Tabla 6: Promedio de glicemia (mg/dl) basal y postprandial de glucosa anhidra y harina de algarrobo en ratas, p valor (p).....	32
Tabla 7: Resumen de las glucemias promedio $\pm$ DE de alimentos estándar y experimentales, incremento del área bajo la curva (IABC) con nivel de significancia e índice glicémico. ....	35

### **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Gráfico 1: Flujograma de procedimiento experimental.....	28
Gráfico 2: Áreas del incremento del área bajo la curva (IABC). (1), (4) y (7) Áreas triangulares. (2) y (3) Áreas trapezoidales. (5) y (6) Áreas no consideradas en la sumatoria.....	29
Gráfico 3: Respuesta glicémica en ratas post ingesta de glucosa y algarrobina derivado de la vaina del Prosopis pallida (algarrobo). .....	31
Gráfico 4: Respuesta glicémica en ratas post ingesta de glucosa y harina derivada de la vaina del Prosopis pallida (algarrobo). .....	32
Gráfico 5: Respuesta glicémica en ratas post ingesta de glucosa anhidra, algarrobina y harina derivada de la vaina del Prosopis pallida (algarrobo). .....	33

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1 .....	39
ANEXO 2 .....	39
ANEXO 3 .....	40

## RESUMEN

**Introducción:** Los carbohidratos son los macronutrientes más consumidos en la dieta de los seres vivos. El concepto de índice glucémico (IG) se utiliza principalmente para clasificar diferentes alimentos ricos en carbohidratos permitiendo así una mejor implementación en la dieta. Se define como el área por debajo de la curva del incremento de la glucosa postprandial en sangre tras un periodo de ayuno. La algarrobina y la harina de algarrobo son productos alimenticios extraídos de la vaina del algarrobo (*Prosopis pallida*), oriunda de la ciudad de Piura, Perú. Presenta una considerable cantidad de carbohidratos y proteína; y es debido a su proceso de elaboración que presenta un escaso contenido de fibra. Se le considera un alimento agradable por su peculiar sabor dulce-amargo y de uso variado en las dietas debido a que es considerado un alimento saludable. **Objetivo:** Determinar el índice glicémico de productos derivados de la vaina del *Prosopis pallida* “algarrobo” harina y algarrobina en ratas. **Diseño:** Es un estudio no experimental, transversal y descriptivo. **Metodología:** Se practicó el ensayo experimental en 11 ratas de raza Holtzman, a las cuales se administró vía oral 03 diluciones de alimentos a estudiar: algarrobina, harina de algarrobo y glucosa anhidra, las cuales contenían 50 g de carbohidratos disponibles. Paso seguido, se midió la glucosa postprandial a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos; elaborando así las curvas de respuestas glicémicas las cuales formaron áreas tras trazo de la línea basal de forma perpendicular al eje “x”. La medición de las áreas por debajo de la curva (IABC) se obtuvo sumando las áreas triangulares y trapezoidales formadas por debajo de la curva, sin contar las áreas por debajo del trazo de la línea base. Finalmente, el IG se obtuvo mediante el cociente del valor de la media de las IABC del alimento estándar y cada alimento experimental. Los datos fueron procesados en Microsoft Excel y el paquete estadístico SPSS 20.0. y se aplicó estadística descriptiva **Resultados:** La media del IABC fue menor en el caso de la algarrobina y mayor en la harina de algarrobo. Ambas áreas fueron menores en comparación con el alimento estándar. Tras el cálculo del cociente del IABC se obtuvo que el índice glicémico de la algarrobina es 55% y de la harina de algarrobo es 70% **Conclusión:** Teniendo como referencia la glucosa, la algarrobina presenta un índice glicémico de 55 considerándose como medio y la harina de algarrobo un valor de 70, clasificándose como alto.

**Palabras Clave:** Índice glicémico, algarrobina, harina de algarrobo, *Prosopis pallida*

## ABSTRACT

**Introduction:** Carbohydrates are the macronutrients most consumed in the diet of living beings. The concept of the glycemic index (GI) is mainly used to classify different foods rich in carbohydrates, thus allowing a better implementation in the diet. It is defined as the area under the curve for the increase in postprandial blood glucose after a period of fasting. The carob and carob flour are food products extracted from the pod of the carob tree (*Prosopis pallida*), native to the city of Piura, Peru. It has a considerable amount of carbohydrates and protein; and it is due to its manufacturing process that it has a low fiber content. It is considered a pleasant food due to its peculiar sweet-sour taste and is used in various diets because it is considered a healthy food. **Objective:** To determine the glycemic index of products derived from the pod of *Prosopis pallida* "carob" flour and carob in rats. **Design:** This work is not experimental, cross-sectional, and descriptive study. **Method:** The experimental test was carried out in 11 Holtzman rats, to which 03 dilutions of food to be studied were administered orally: carob, carob flour and anhydrous glucose, which contained 50 g of available carbohydrates. Step followed, postprandial glucose was measured at 15, 30, 45, 60, 90 and 120 minutes; thus, elaborating the glycemic response curves which formed areas after drawing the baseline line perpendicular to the "x" axis. The measurement of the areas under the curve (IABC) were obtained by adding the triangular and trapezoidal areas formed below the curve, not counting the areas below the baseline trace. Finally, the GI was obtained by means of the quotient of the value of the average of the IABC of the standard food and each experimental food. The data were processed in Microsoft Excel and the statistical package SPSS 20.0. and descriptive statistics were applied. **Results:** The IABC mean was lower in the case of carob and higher in carob flour. Both areas were smaller compared to the standard feed. After calculating the IABC quotient, it was obtained that the glycemic index of carob is 55% and that of carob flour is 70%. **Conclusion:** Taking glucose as a reference, carob has a glycemic index of 55, considered as medium and carob flour a value of 70, classifying itself as high.

**Key Words:** Glycemic index, carob, carob flour, *Prosopis pallida*

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los carbohidratos conforman una de las cuatro clases principales de moléculas orgánicas biológicamente activas o biomoléculas. Estos macronutrientes son la fuente principal de energía metabólica para todas las actividades que desarrolla el organismo, desde la locomoción hasta la construcción de otras moléculas. La fórmula general de los carbohidratos con la presencia del carbono, hidrógeno y oxígeno, le da el nombre de hidratos de carbono. **(1)**

Sirven, en primera instancia como almacén de energía, combustible y metabolitos intermediarios; en segundo, los azúcares simples como ribosa y desoxirribosa como parte fundamental del armazón estructural del RNA y DNA; tercero, los polisacáridos son elementos estructurales de las paredes celulares tanto de bacterias como de plantas, siendo la celulosa el constituyente principal de las paredes de las plantas y siendo así uno de los compuestos orgánicos más abundantes de la biosfera. Por último, los carbohidratos enlazados a las otras macromoléculas (lípidos y proteínas) ejercen funciones clave de interacciones entre las células y otros elementos del entorno celular. **(2)**

Esta macromolécula se encuentra ampliamente distribuida en los vegetales, en esta la glucosa que es sintetizada mediante la fotosíntesis a partir del dióxido de carbono y del agua, puede almacenarse como almidón o convertirse a celulosa para formar parte de la estructura vegetal como soporte y en el caso de los animales se sintetizan a partir de lípidos y proteínas, no obstante, el mayor volumen proviene de los vegetales. **(3)**

Un compuesto importante dentro de los carbohidratos es la fibra, la cual se caracteriza por ser en su mayoría polisacáridos no amiláceos (no almidón) presente en las paredes celulares vegetales (celulosas, hemicelulosas, pectinas, gomas y mucílagos) y las cuales no son digeribles, esto debido a que las uniones B-glucosídicas no son hidrolizables por las amilasas intestinales. **(4)**

La clasificación más práctica e importante de los carbohidratos considera su estructura molecular y el número de sacáridos enlazados, en base a esto se denominan monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. **(5)** Cabe resaltar que una de las

clasificaciones más recientes, considera a los oligosacáridos como una clasificación basada en la cantidad de monosacáridos que contiene este, que es de 2 a 6. **(3)**

Los monosacáridos formados por la hidrólisis del almidón son absorbidos por las vellosidades intestinales y pasan al torrente sanguíneo para luego metabolizarse en el hígado. La glucosa es el principal combustible metabólico de mamíferos (excepto de los rumiantes), y un combustible universal del feto. Es el precursor para la síntesis de todos los otros carbohidratos en el cuerpo, incluso glucógeno para almacenamiento; ribosa y desoxirribosa en ácidos nucleicos; galactosa en la síntesis de la lactosa de la leche, en glucolípidos, y en combinación con proteína en glucoproteínas y proteoglucanos. Contrariamente, también existen enfermedades relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos tales como la diabetes mellitus, galactosemia, enfermedades por depósito de glucógeno, e intolerancia a la lactosa. **(6)**

La glucosa está distribuida en la naturaleza y se considera la unidad estructural a partir de la cual derivan los polisacáridos universalmente presentes en esta. Interviene directamente en las actividades metabólicas de la mayoría de los organismos vivos, y, al formarse por hidrólisis de la sacarosa y del almidón, constituye la principal fuente de energía en la dieta de los seres humanos. **(7)**

En cuanto a la característica edulcorante de la glucosa, es importante conocer el concepto de isomería. Los isómeros se definen como dos moléculas que presentan igual número y tipo de átomos, pero ubicados en diferente orden, lo que implica un cambio en su estructura y propiedades. La glucosa, la hexosa más importante, puede interconvertirse (isomerización) a fructosa mediante el uso de la enzima *glucosa-isomerasa*, que desarrollado por medio de un proceso industrial obtiene mayor poder edulcorante, por lo que esta isomerización consigue un incremento en el poder endulzante. Ambas hexosas, presentes en los alimentos como la miel, frutas, etc., forman parte de la sacarosa. **(8)**

Existen carbohidratos que absorben gran cantidad de agua permitiendo que se hinchen y brindando una solución viscosa de aspecto mucilaginoso, como las semillas de lino, algarrobo y mostaza. En el algarrobo, *Ceratonia silicua*, proveniente de países

mediterráneos y utilizado en la industria alimentaria en menor escala, presentan el mucílago de garrofín, constituida por largas cadenas de D-manosa empalmadas en  $\alpha$  (1-4) y un anillo lateral D-galactosa unido en  $\beta$  (1-6), probablemente alternados, en algunos eslabones. **(8)**

Una vez ingeridos los carbohidratos, son digeridos y absorbidos en el intestino delgado pasando por la vía portal a la sangre. A los 30-60 minutos post ingesta, se alcanza en sangre, generalmente, un nivel máximo de 139 mg/dl (7,2 mol/L) el cual desciende a los 120-150 minutos a 70 – 90 mg/dl. La glucosa que es transportada por la sangre llega al hígado donde se metaboliza más del 60%. En condiciones normales el hígado contiene poca glucosa libre, ya que o bien la convierte en glucógeno o la fosforila a glucosa 6-fosfato, que como es impermeable a la membrana plasmática se retiene en la célula y en el tejido muscular. **(9)**

Mantener los niveles de glucosa en sangre adecuados, se basa en que diversas funciones fisiológicas (a nivel de sistema nervioso central, eritrocitos, médula renal, músculo en condición anaeróbica, córnea, cristalino y retina) dependen casi por completo de ella como fuente de energía. En situaciones deficientes del aporte de carbohidratos, será la gluconeogénesis la que permitirá el mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre. **(10)**

Los carbohidratos son las sustancias biológicas más abundantes e indispensables para los organismos vivos ya que para la síntesis de lípidos y proteínas en un organismo del reino vegetal, es necesario primero sintetizar la glucosa. Por esto, los caminos metabólicos de los carbohidratos como el eje principal del metabolismo se le

suman las vías metabólicas de los demás componentes que conforman el organismo que los utiliza. Teniendo en cuenta que es el macronutriente con mayor presencia en la dieta humana, es fácil entender que los caminos metabólicos en que intervienen estos compuestos son los de mayor tránsito en las células en general y que su origen vegetal de mayor abundancia está representado por los almidones, presentes en numerosos vegetales que son empleados para la elaboración de alimentos, el cual se hidroliza hasta llegar a glucosa. Así, el metabolismo de los carbohidratos se reduce a la glucosa

y a la conversión de otros compuestos en este. Referirse al metabolismo de los carbohidratos en cierta forma es hablar del metabolismo de la glucosa. **(11)**

Se ha visto en estudios previos, que el índice glucémico se ha utilizado en la educación del paciente con diabetes mellitus y su tratamiento nutricional. **(12)** La diabetes mellitus no es solo una alteración del metabolismo de los carbohidratos, sino también involucra al metabolismo proteico y lipídico. Conforme se va haciendo mayor el número de complicaciones, la calidad de vida del paciente va empeorando a la par que aumenta el deterioro personal, familiar, laboral y social del paciente, incrementándose a su vez el costo de la enfermedad por factores directos o indirectos. **(13)**

En el 2003 la Organización Mundial de la Salud, realizó las estimaciones de acuerdo con el indicador de mortalidad global y carga de enfermedad en los siguientes 30 años. Para el 2030, la diabetes mellitus sería la séptima causa de muerte a nivel mundial, según el nivel de ingreso de los países, con el 3% de total de muertes, siendo mayor (4.8%) en países con altos ingresos. En dicho informe se estimó que el número de casos de diabetes en los países en desarrollo aumentaría en más del doble, es decir, de 115 millones en el año 2000 a 284 millones en 2030. **(14)**

Esta enfermedad se considera como un problema de salud pública y una de las cuatro enfermedades no transmisibles que ha ido en incremento de forma progresiva en los últimos años. A nivel mundial, más de 422 millones de adultos viven con diabetes, y para el año 2016, se estimó que la diabetes fue la causa directa de 1,6 millones de decesos, mientras que otros 2,2 millones eran atribuidos a la hiperglucemia. Actualmente existe el Nuevo Pacto Mundial contra la Diabetes de la Organización Mundial de la Salud que tiene como objetivo brindar el necesario impulso a los esfuerzos para prevenir la diabetes y proporcionar tratamiento a todos los que lo necesitan. **(15)**

En Perú, el INEI en su informe Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, 2020; el 4,5% de personas de 15 y más años fue diagnosticada de diabetes mellitus por un médico alguna vez en su vida, un aumento de 0,6% puntos porcentuales en

comparación con el 2019. La prevalencia tiende a ser mayor en mujeres (4,8%) en comparación de los varones (4,1%); y la región más afectada es la costa (5,2%). **(16)**

Según el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades - MINSA en el año 2020 (enero a diciembre) se registraron 9442 casos de diabetes a nivel nacional por la DIRESA /DIRIS. Del total de casos, el 95.5% (9017) fueron de Diabetes Mellitus Tipo 2, y siendo el género femenino entre 60 a 64 años, el de mayor número de casos. **(17)**

En 1981 David Jenkins y cols., publicaron la primera lista de índice glucémico mediante un estudio en el que determinan el efecto de diversos alimentos preparados (leguminosas, derivados de cereales, frutas y vegetales, tubérculos, lácteos) sobre la respuesta glucémica en sangre en adultos sanos sometidos a un previo ayuno. Esto dio inicio al concepto de Índice Glucémico (IG) y tablas que sirven como herramienta para clasificar a un alimento y para predecir sus efectos en la glucemia postprandial, al compararlo con un alimento estándar (glucosa o pan blanco) y la influencia de la forma de consumo, fibra dietaria y naturaleza del carbohidrato. **(18)**

El índice glicémico se describe como un indicador para la clasificación de un producto alimenticio, el cual podría servir como un predictor de la glucemia e insulinemia ayudando a establecer dietas que beneficien el tratamiento de reducción de peso y la eficacia para prevenir la recuperación de dicho peso perdido; a su vez, a controlar y reducir el riesgo de enfermedades coronarias, mejorando marcadores inflamatorios, etc. **(19)**

La FAO/OMS en 1998, definió al índice glicémico como el incremento del área bajo la curva de la respuesta de glucosa en sangre que produce la ingesta de 50 g de carbohidrato del alimento testeado, expresado como un porcentaje de la respuesta de la misma cantidad de carbohidrato de un alimento estándar (glucosa o pan blanco), consumidos por el mismo sujeto. **(20)**

Luego de los esfuerzos de David Jenkins, la primera iniciativa de una recopilación internacional de datos surge en 1995 con la publicación de “Tabla Internacional de Índice Glucémico” en la cual se registraron cerca 600 alimentos individuales diferentes

evaluados en diversos estudios independientes publicados, en los cuales se muestra el índice glicémico de acuerdo con el alimento estándar utilizado como referencia original (pan blanco o glucosa). **(21)** En 2002, se realizaría una actualización de la primera tabla ampliando a 750 alimentos y agregando a ello los valores de la carga glucémica, carbohidrato disponible y tamaño de servido. **(12)** Para el 2008, dicha edición ha duplicado la cantidad de datos disponibles para investigación y otras aplicaciones, brindando incluso una clasificación de alto, medio y bajo. Esta variación mejora la calidad y cantidad de datos confiables disponibles para la investigación y la práctica clínica. **(22)**

Los alimentos cuyos carbohidratos son digeridos, absorbidos y metabolizados rápidamente se consideran de alto IG (valores con referencia a la glucosa mayores o iguales a 70), los alimentos con IG medio son aquellos cuyos valores son mayores a 55 y menores 70, en tanto que los alimentos con CHO cuyos mecanismos fisiológicos son más lentos y de menor impacto en los niveles de glucemia e insulinemia, se consideran de bajo IG (valores de IG menores o iguales a 55). **(20)**

El estudio entre la relación de alimentos con alto o bajo índice glucémico, permite establecer el efecto directo en el metabolismo. Se conoce que la relación entre un mayor consumo de carbohidratos con alto índice glucémico (AIG) ocasiona que el individuo se sienta poco satisfecho, aumentando el deseo de comer (debido a su capacidad de incrementar rápidamente la glucemia posprandial y de la secreción de la insulina) generando una hipoglucemia secundaria que, sumado a una actividad física insuficiente, puede contribuir a la resistencia a la insulina en individuos con exceso de peso, lo que genera a largo plazo el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2, contrariamente a lo que puede ocurrir con la ingesta de alimentos de bajo índice glucémico (BIG). **(23)**

Es probable que el elevado consumo de alimentos de AIG estimule la lipogénesis y la inhibición de la lipólisis, lo que provocaría una disminución en la utilización de las grasas, frenando así el uso de los lípidos durante el ejercicio físico. **(24)** Por otro lado, un estudio en México realizado en mujeres sedentarias con peso adecuado y con exceso de peso, se determinó que la inclusión de alimentos con BIG en la dieta diaria

parece influir en el aumento de las concentraciones de los triglicéridos al término de un ejercicio de intensidad moderada, indicando que la liberación lenta de glucosa al torrente sanguíneo genera una mayor utilización de lípidos durante el ejercicio, en comparación con aquellas que recibieron dieta diaria con alimentos de AIG. **(25)**

Los patrones dietéticos no saludables constituyen un factor de riesgo ambiental para el desarrollo de la Diabetes Mellitus, en poblaciones no diabéticas. En el 2013 una investigación concluyó que los diabéticos presentan una dieta inadecuada, en relación con el índice y carga glicémica, pero con una menor ingesta de calorías totales en comparación a las personas sin diabetes. Los no diabéticos, en el estudio, presentaron mayor riesgo dietético con relación a la cantidad y calidad de los carbohidratos consumidos, puesto que la mitad se ubicó en la categoría de alta carga glucémica. **(26)**

Estrategias dietéticas basadas en la selección y clasificación de los alimentos que promuevan una disminución de los niveles postprandiales de glucemia e insulinemia ofrecerían beneficios sin el riesgo de efectos adversos asociados a la terapia farmacológica. **(27)** Se recomienda que la aplicación del IG debe limitarse a alimentos con alto contenido de carbohidratos y combinarse con información sobre otras características de los alimentos / dietas (incluida la composición detallada del azúcar y las curvas de digestibilidad del almidón) para una interpretación más eficaz. **(28)**

Varias revisiones sistemáticas y metaanálisis de los últimos años se centraron en los efectos del IG en la salud cardiovascular. En cuanto a marcadores de riesgo cardiovascular, algunos autores sugieren que pueden tener efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el colesterol total y el LDL, sin afectar el HDL ni los triglicéridos. Otros observan que las diferentes fracciones lipídicas no se modificaron por el IG de la dieta, aunque marcadores de inflamación como el factor de necrosis tumoral  $\alpha$  y la interleuquina- 6 son menores luego de una alimentación de bajo IG. **(29)**

En una revisión sistemática y metaanálisis el cual busca los efectos a largo plazo del BIG/CG en parámetros de dietas, se indica que el uso del índice glicémico (IG) y carga glicémica (CG) podría ser útil para identificar y/o promover dietas y alimentos que permiten obtener menores niveles de ciertos indicadores de inflamación, a una menor

respuesta insulínica y a un mayor valor de saciedad a los 60 minutos luego de la ingesta. Incluso, el beneficio directo en combinación con ejercicios aeróbicos. No obstante, es imprescindible poder contar con más evidencia para promover el uso del IG como una herramienta que permita predecir y/o reducir el riesgo de obesidad en sujetos con peso normal o promover la pérdida de peso en personas con sobrepeso u obesidad. **(30)**

La evidencia actual retoma con interés las posibilidades que ofrecen el IG y la CG como herramientas para categorizar la calidad y cantidad de los CHO en una alimentación, conceptos que los profesionales de la nutrición necesitan considerar en la prevención. **(31)** La educación nutricional de calidad debe mantener un enfoque en el índice glicémico que permita a la población discernir sobre la elección de alimentos y la combinación de ellos, ya que se ha podido observar un efecto directo en la respuesta de la glucosa en sangre debido a la mezcla de alimentos como oleaginosas, proteína, clara de huevo, leguminosas, lácteos, verduras, frutas, adición de fibra, aporte de agua en el preparación, consumo de cafeína, maduración del alimento e incluso el procesamiento de las harinas. **(32)**

Existe un consenso respecto a la necesidad de una dieta rica en carbohidratos para los deportistas. En el caso particular de la ración previa al ejercicio, sin embargo, el consumo de los carbohidratos ha sido cuestionado por estudios que han demostrado ciertas desventajas, específicamente cuando se utilizan alimentos de alto IG. La ingesta de carbohidratos de alto IG produce una elevación de insulina en el plasma que puede reducir el metabolismo de los lípidos, aumentar la oxidación de los hidratos de carbono y producir una baja de la glucemia durante el ejercicio, lo que favorece un agotamiento precoz de los depósitos de glucógeno y puede acelerar la aparición de fatiga en esfuerzos prolongados. **(33)**

Cabe resaltar la importancia del cálculo del índice glicémico en las etapas de recuperación en el deportista, la digestión de los tipos de carbohidratos y su efecto en los procesos metabólicos en cuanto a los depósitos de glucógeno y lípidos, para el análisis del impacto en la duración del ejercicio y rendimiento. **(34)**

Es importante recalcar el constante estudio de la aplicación del IG y la CG como indicadores de la calidad y cantidad de los carbohidratos en la dieta de la población a nivel mundial. Su utilidad no se restringe únicamente al tratamiento dieto terapéutico de la DM2, sino que pretende abarcar conceptos como indicadores de la calidad alimentaria y categorizar patrones alimentarios, relacionándolos con efectos en la saciedad, riesgo de obesidad, ECV y cáncer. Por ello, es importante ampliar el rubro de investigación sobre el IG considerando alimentos tanto regionales como nacionales e incluyendo productos industrializados y preparaciones de consumo habitual que contemplen posibles factores y condicionantes étnicos relacionados con la digestión de los carbohidratos **(35)**

La *Prosopis pallida* es una planta oriunda de la zona centro y sur del continente americano, africano y asiático. Se le conoce vulgarmente como algarrobo desde Centroamérica hasta Argentina. Esta especie se puede encontrar en las zonas desérticas del Perú. Su similitud en el nombre con una especie española (*Ceratonia siliqua*) radica en la semejanza morfológica y composición de sus frutos, las cuales son unas vainas alargadas que cuelgan de las ramas; sin embargo, la especie española es principalmente de la zona mediterránea y su fruto, a diferencia de la *P. pallida*, está bien posicionada en la industria alimentaria y es muy valiosa en el comercio exterior. Debido a esta similitud es que se ha podido desarrollar estudios que analicen y comparen la composición de los frutos y potenciales usos. **(36)**

Una comparación realizada teniendo en cuenta la evaluación económica entre la *Prosopis pallida* de Perú y *Prosopis alba* de Argentina, señaló un similar rendimiento en la producción de la especie peruana y la Argentina, y una mayor recuperación con respecto al ingreso de las vainas en la producción de la harina en el caso de la peruana. El artículo demuestra que ese producto tiene la capacidad de mejorar radicalmente las ganancias, debido a su bajo costo de producción y a su gran productividad, lo cual lo predispone a ocasionar un incremento del marketing de la producción y consumo de este producto en ambas zonas. **(37)**

Bravo, L., Grados, N. y Saura-Calixto, F. estudiaron en 1998, por primera vez la caracterización de jarabes y fibra obtenido de la extracción de componentes solubles

en agua de las vainas del *Prosopis pallida*, indicaron que puede obtenerse jarabes de calidad y concentrados de fibra dietética que podrían usarse como ingredientes alimentarios. Además, a pesar del alto contenido de azúcar (hasta 500 g/kg), presenta un alto contenido de fibra dietética (322,2 g/kg) de estas vainas, lo que constituye un material excelente para el cual los usos agroindustriales aumentan su valor económico.

**(38)**

La versatilidad y variedad del uso de las vainas llamadas algarrobas, permite ser utilizada como materia prima en la industria alimentaria local de la región Piura. La utilidad principal se da a partir de la extracción de la pulpa de las algarrobas y catalogados según el tipo de procesamiento. La algarrobina y la harina de algarroba son productos derivados propiamente de las vainas; la primera es un extracto acuoso concentrado de los azúcares de la algarroba, de 75 a 78° Brix, de color marrón oscuro y brillante. Se consume usualmente como reconstituyente y fortificante, a manera de medicamento, por cucharadas; asimismo, como saborizante de jugos e insumo de un típico cóctel oriundo de la zona. Por su parte, la harina de algarroba se obtiene a partir de la molienda de las vainas, utilizando los tamices adecuados, de tal manera que el producto presenta un tamaño de partícula menor a 0,15 mm. Este derivado de la algarroba se ha empezado a comercializar para ser usado como ingrediente principal de galletas y otros productos en la industria de la panificación y pastelería. **(39)**

A pesar de que el árbol del *Prosopis* mantiene una similitud morfológica entre sus diferentes especies, se considera necesario determinar si dicha similitud también se encuentra ligada a la composición y el valor nutricional. Prokopiuk, D y cols., realizaron en el 2000 un estudio comparativo de las especies *P. alba* y *P. pallida* sobre caracterización morfológica de los frutos y semillas evidenciando su similitud. Por otro lado, se analizó la composición química de la pulpa de ambas vainas y su valor nutricional, señalando un valor ligeramente menor de carbohidratos totales en la especie *P. pallida* (826.0 g/Kg), pero mayor en la fibra dietética insoluble (306.0 g/Kg) y total (322.2 g/Kg). **(40)**

Por su lado, George, C., Lochner, A. y Huisamen, B., realizaron estudios en otras especies existentes de *Prosopis*. En el 2011, nos detalla la eficacia de la variedad *P.*

*glandulosa* como agente antidiabético. El estudio fue realizado en dos grupos de ratas, el primer grupo fueron diabéticas de tipo 1 y el segundo presentaba resistencia a la insulina. Tras un tratamiento de ocho semanas se determinó los niveles de glucosa e insulina, así como un análisis histológico del páncreas; mostrando que, si bien en el primer grupo se evidenció incremento significativo de los niveles de insulina, también se dio una disminución significativa en los niveles de glucosa en sangre, mientras que el segundo grupo, el tratamiento provocó un incremento en la captación de glucosa basal estimulada por insulina. **(41)**

Para el 2015, Milek dos Santos y cols., realizaron un estudio en el cual se tuvo como objetivos determinar el índice glucémico in vivo de barras de algarroba de la especie *Ceratonia siliqua L* en individuos saludables y determinar el índice glucémico in vitro de barras de algarroba y harina de algarroba, utilizando el índice de hidrólisis. Si bien se considera una especie diferente a la *Prosopis*, tras el análisis in vitro se determinó que las barras de harina de algarroba pueden ser clasificadas como alimentos de bajo índice glicémico y de baja carga glicémica. Los productos de algarrobo evaluados por hidrólisis in vitro mostraron diferentes patrones de digestión; la harina de algarroba tiene un pico glucémico en los primeros 15 minutos. Las tabletas de algarroba muestran un pico glucémico después de 30 minutos de ingesta. **(42)**

La harina de algarrobo presenta un alto contenido de azúcar y de fibra dietética. Así mismo, tiene un alto contenido fenólico y actividad antioxidante, lo que también indica su potencial como buena fuente de antioxidantes fenólicos. El algarrobo tiene la mayor actividad inhibidora de la alfa-glucosidasa para los extractos acuosos, y la mayor actividad inhibidora alfa - glucosidasa para el extracto etanólico, entre todas las frutas. La alfa-glucosidasa de las frutas y verduras pueden proporcionar una buena estrategia para controlar la hiperglucemia postprandial y proporcionar beneficios en presencia de distensión abdominal, flatulencia y posiblemente diarrea. **(43)**

## II. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Calcular el índice glicémico de productos derivados de la vaina del *Prosopis pallida* “algarrobo”, harina y algarrobina en ratas.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el índice glicémico de la algarrobina en ratas.
- Determinar el índice glicémico de la harina de algarrobo en ratas.

## III. METODOLOGÍA

### 3.1. TIPO DE ESTUDIO

Estudio no experimental, descriptivo y transversal. (44).

### 3.2. MATERIALES

#### 3.2.1. MATERIALES BIOLÓGICOS

##### Animales

- Ratas *Rattus norvegicus* de la variedad albina, cepa Holtzman.

##### Plantas

- Los alimentos estudiados fueron la algarrobina y harina de algarrobo, ambos productos artesanales derivados de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) obtenidos en la ciudad de Piura.

#### 3.2.2. REACTIVOS Y FÁRMACOS

- Glucosa anhidra

### **3.2.3. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DEL PROCESO**

#### **A. GLUCOMETRO ROCHE ACCU CHEK ACTIVE ®**

El glucómetro de color azul portátil usa un tamaño de muestra de sangre de 1 microlitro y el tiempo de espera del resultado es de 5 segundos, mide 4,6 x 1,7 x 0,9 pulgadas. Este instrumento presenta un rango de medición de 10 a 600 mg/dl.

#### **B. MATERIALES Y EQUIPOS**

- Tiras reactivas marca Accu Chek Active Roche®.
- Balanza de cocina electrónica gramera Miray; modelo: BMR-53.
- Balanza gramera marca ON BALANCE™; capacidad 500 g con precisión de 0.1 g.
- Lancetas descartables marca Nipro premier.

### **3.3. VARIABLES**

- **Índice glicémico de la algarrobina de la vaina de Prosopis pallida (algarrobo):** Área bajo la curva de crecimiento de glucosa en sangre tras la ingesta de una cantidad fija de carbohidratos (Jenkins et al., 1981). La algarrobina es un extracto acuoso concentrado de los azúcares de la algarroba, de 75 a 78° Brix, de color marrón oscuro y brillante

- **Índice glicémico de la harina de la vaina de Prosopis pallida (algarrobo):** Área bajo la curva de crecimiento de glucosa en sangre tras la ingesta de una cantidad fija de carbohidratos (Jenkins et al., 1981). La harina de algarroba se obtiene a partir de la molienda de las vainas, utilizando los tamices adecuados, de tal manera que el producto presenta un tamaño de partícula menor a 0,15 mm

### 3.3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Tipo de variable	Definición Conceptual	Indicadores	Puntos de corte	Escala de medición
Índice glicémico de la algarrobina de la vaina de <i>Prosopis pallida</i> (algarrobo)	Cuantitativa	<p>Área bajo la curva de crecimiento de glucosa en sangre tras la ingesta de una cantidad fija de carbohidratos (Jenkins et al., 1981).</p> <p>La algarrobina es un extracto acuoso concentrado de los azúcares de la algarroba, de 75 a 78° Brix, de color marrón oscuro y brillante.</p>	Rango de índice glicémico	<p>Alto <math>\geq 70</math></p> <p>Medio 56-69</p> <p>Bajo <math>\leq 55</math></p>	Ordinal
Índice glicémico de la harina de la vaina de <i>Prosopis pallida</i> (algarrobo)	Cuantitativa	<p>Área bajo la curva de crecimiento de glucosa en sangre tras la ingesta de una cantidad fija de carbohidratos (Jenkins et al., 1981).</p> <p>La harina de algarroba se obtiene a partir de la molienda de las vainas, utilizando los tamices adecuados, de tal manera que el producto presenta un tamaño de partícula menor a 0,15 mm.</p>	Rango de índice glicémico	<p>Alto <math>\geq 70</math></p> <p>Medio 56-69</p> <p>Bajo <math>\leq 55</math></p>	Ordinal

### **3.4. TÉCNICAS**

#### **Medición de respuesta glicémica (mg/dL)**

Las soluciones de algarrobina y harina de algarrobo fueron preparadas según su contenido de carbohidratos disponible. El cálculo de carbohidrato glicémico (carbohidrato disponible) se expresó como la resta del valor del carbohidrato total menos la fibra dietética.

La cantidad de algarrobina y harina de algarrobo a administrar por vía orogástrica mantuvo la relación de 50 gramos de carbohidrato glicémico (disponible) de los alimentos de ensayo por cada 70 kilogramos de peso del animal de experimentación. Esta cantidad se diluyó en 10 mililitros de agua evitando así la sedimentación del producto.

La respuesta glicémica fue medida mediante la extracción de muestras de sangre de ratas macho en intervalos de tiempo preestablecidos utilizando un glucómetro una vez suministradas.

#### **Método de cálculo índice glicémico**

Una vez que se ha determinado la concentración de glucosa de cada muestra, se elabora una gráfica de respuesta glucémica por cada roedor tras el análisis de cada muestra.

El método que se utilizó para calcular el índice glicémico de los alimentos en estudio, se llama Incremento del área bajo la curva donde se realiza el cálculo de la suma de las áreas trapezoidales y triangulares que se forman por debajo de la curva de respuesta glicémica (IABC) y encima de la línea base (línea trazada en forma paralela al eje “X” del plano considerando la medición basal o tiempo 0 como punto de inicio para el trazo), ignorando el área fuera de lo mencionado anteriormente. Este método es recomendado por The Food and Agriculture Organization (FAO) en 1998, y es utilizado en la mayoría de los cálculos de índice glicémico actualmente. **(45)**

Finalmente, se calcula el índice glicémico mediante el cociente entre el IABC del alimento de prueba y el IABC del alimento de referencia expresándose en porcentaje. **(46)** Este cálculo se realizará mediante el método de proporción de medias el cual consiste en calcular  $F: R$  donde  $F$  es la media del incremento del ABC para un grupo de sujetos después de consumo del

alimento de prueba y R es la media del incremento del ABC para un grupo de sujetos después de consumo del alimento estándar. (45)

### **3.5. PROCEDIMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **A. Adquisición y acondicionamiento de la unidad de análisis**

Se obtuvieron las 11 ratas *Rattus norvegicus* de la variedad albina, cepa Holtzman machos con 3 meses de edad y peso de  $200\pm 50$  gramos del bioterio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se trasladaron al bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, allí se dividieron en 5 grupos donde se colocaron de 2 a 3 ratas en cada una de las 5 jaulas metálicas. Tuvieron un tiempo de acondicionamiento de 7 días, recibiendo alimentación balanceada y agua ad libitum, a una temperatura de 20 a 22°C y condiciones ambientales controladas en el laboratorio.

#### **B. Obtención y Preparación de la glucosa anhidra y muestras vegetales**

##### **Glucosa anhidra**

La glucosa anhidra fue adquirida en bolsa de polietileno sellada y colocada dentro de un envase de plástico con un peso neto de material de 100 g. La compra fue realizada en la farmacia Universal ubicada en el Cercado de Lima, Lima. Se calculó la cantidad de glucosa anhidra para la solución teniendo en cuenta el equivalente de 50 g de glucosa por 70 K de peso del animal de prueba.

##### **Algarrobina**

La muestra fue adquirida en un envase de plástico de 500 gramos en la ciudad de Piura y asegurando que no presente azúcar añadida como ingrediente, es decir únicamente la vaina de algarrobo como ingrediente.

Se realizó un análisis proximal completo para la obtención de macronutrientes, fibra y cenizas en el Centro de Control Analítico (CCA) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM (Tabla N°1). Posterior a la obtención de datos del análisis antes mencionado, se realiza el cálculo de carbohidratos disponibles para finalmente realizar la preparación de las dosis mediante dilución correspondiente.

ENSAYOS	MÉTODOS	RESULTADOS
Proteínas	AOAC	37,80%
Humedad	UPS 38	15,89%
Cenizas	AOAC	3,36%
Grasas	AOAC	0,72%
Fibra	AOAC	0,97%
Carbohidratos	AOAC	41,26%

Tabla 1: Análisis Proximal Completo. Protocolo de Análisis N. 900175-CPF-2016.

Fuente: Datos obtenidos del Centro de Control Analítico de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2016)

### Harina de algarrobo

La obtención de la muestra se realizó mediante la compra de harina de algarrobo, empaquetada y sellada en bolsas de 150 gramos expandidas en la ciudad de Piura.

El cálculo de carbohidratos disponibles se realizó tomando de referencia los valores brindados por un estudio comparativo entre frutos de 2 tipos de *Prosopis sp.* en el año 2000 pudiendo así realizar el cálculo del carbohidrato disponible, elaborando la preparación de la dosis y su dilución correspondiente.

Las muestras de dicha investigación fueron frutos (vainas) maduros y sanos del *Prosopis pallida* recolectadas a mano en el campo experimental de la Universidad de Piura. Se utilizaron métodos de determinación analíticas sobre el producto derivado de la molienda y tamizado (Tabla N°2)

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	MÉTODOS	VALOR (g/kg)
Humedad	AOAC	33,9 ± 0,1
Proteína	AOAC	81,1 ± 0,8
Grasa	AOAC	7,7 ± 1,2
Cenizas	AOAC	36,0 ± 1,9
Carbohidratos totales	Cálculo de resta	826,0
Fibra dietética total	AOAC	322,2

Tabla 2: Composición nutricional del fruto del *Prosopis pallida*.

Fuente: Prokopiuk, D; et al., 2000. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*

### **C. Método de inducción**

#### **Preparación de solución**

Para la evaluación basal se necesitó que las ratas se encuentren en un estado de ayuno fisiológico de 10 a 12 horas.

Se realizó la preparación de las soluciones (5 ml) a administrar, las cuales contenían la dosis de carbohidrato disponible de la glucosa anhidra, algarrobina y harina de algarrobo

Se les recolectó una muestra de sangre capilar basal (tiempo 0) y dentro de un periodo de 5 minutos se le administró vía orogástrica mediante una cánula las soluciones que correspondía según el cronograma de la Tabla N°03. Se volvió a recolectar la muestra de sangre para la medición de glucosa a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos posterior a su ingesta total.

<b>Solución \ Tiempo (días)</b>	<b>Día 1 al 5</b>	<b>Día 5 a 10</b>	<b>Día 11 al 15</b>
Glucosa anhidra			
Algarrobina 5 ml de solución (dilución de CHO disponible)			
Harina de algarrobo 5 ml de solución (dilución de CHO disponible)			

Tabla 3: Cronograma de administración de soluciones a las ratas.

Fuente: Elaboración propia

Todas las mediciones de respuesta glicémica se consiguieron mediante una punción en la cola del animal obteniendo sangre capilar. La muestra de sangre se colocó directamente en la tira reactiva introducida previamente al glucómetro marca Accu Chek Active Roche®.

#### **Recolección de datos**

Para una óptima recolección de la muestra de sangre, se dispuso 5 grupos de ratas evaluando un grupo por día. 4 grupos contaban con 2 ratas y 1 grupo con 3 ratas. Los primeros 5 días se realizó la medición de glucosa anhidra; los siguientes 5 días, la algarrobina y los 5 últimos días, la harina de algarrobo.

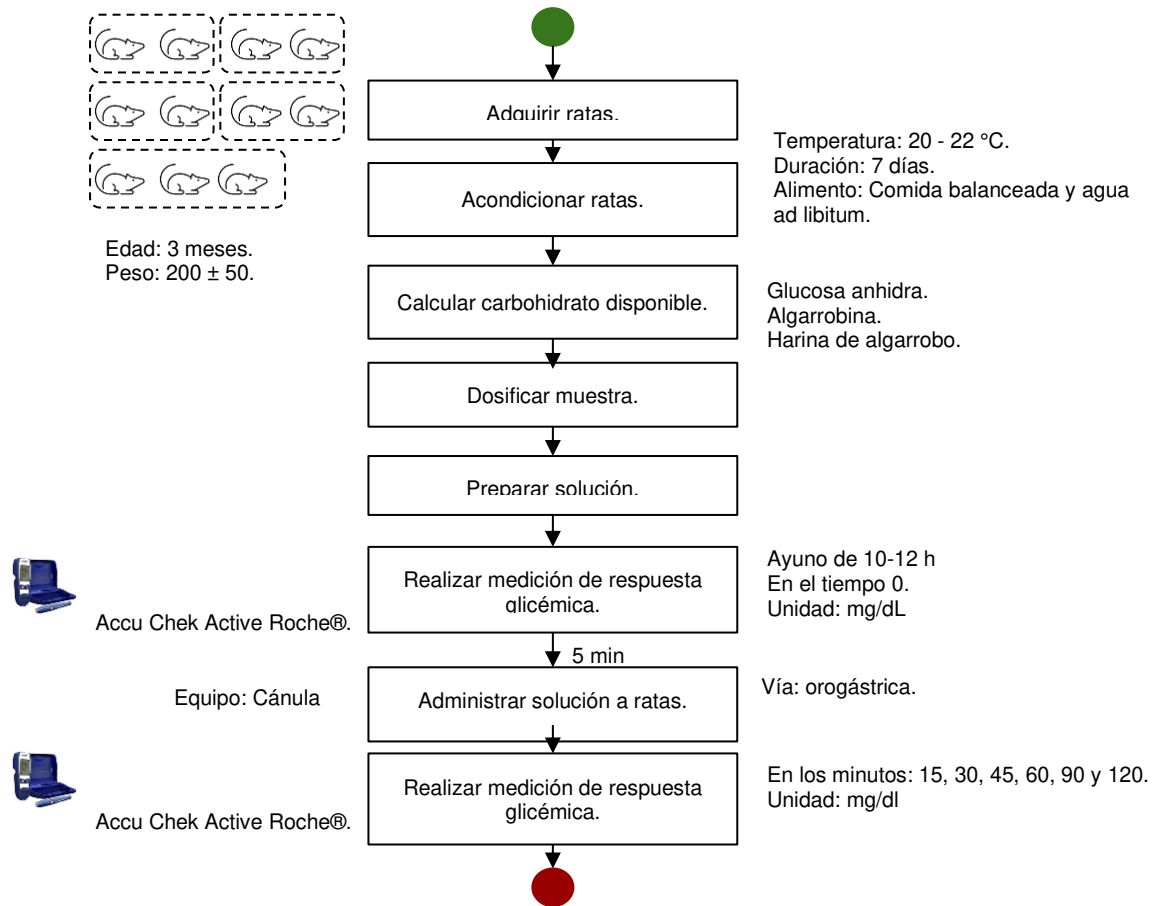


Gráfico 1: Flujograma de procedimiento experimental.

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. ANÁLISIS DE DATOS

#### Análisis estadísticos de la información

Se realizó estadística descriptiva para el análisis aplicando media y desviación estándar.

La importancia de la reducción porcentual en el área de glucosa para cada alimento se calculó utilizando la prueba T de Student.

El análisis de datos se realizó utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 20 - 32 bit y el utilizado para la base de datos fue Microsoft Office Excel 2013.

## Determinación del Índice Glicémico (IG)

Para la determinación de los índices glicémicos se siguieron los siguientes pasos

Primero, se ingresaron a Excel los datos obtenidos tras la medición de la glucemia de los animales y se elaboraron las gráficas (curvas) de forma independiente para cada rata y por cada alimento (glucosa anhidra, algarrobina y harina de algarrobo). A cada gráfica se le realiza el trazo de la línea base la cual es una línea paralela al eje “x” que tiene como punto de inicio el valor en el tiempo 0 minutos.

Segundo, se realizan los trazos para delimitar las áreas triangulares y trapezoidales. Los trazos son líneas paralelas al eje “y” y perpendiculares a la línea base de cada incremento del área bajo la curva (IABC). Es importante tener en cuenta que las áreas por debajo de la línea base no se consideraron (Gráfico N°02).

Tercero, se calculó la sumatoria de las áreas triangulares y trapezoidales consideradas estimando el producto de la longitud de la base y la altura dividido entre dos, en el caso de los triángulos; y el producto de la suma de la base mayor y la base menor con la altura dividido entre dos en el caso de los trapecios.

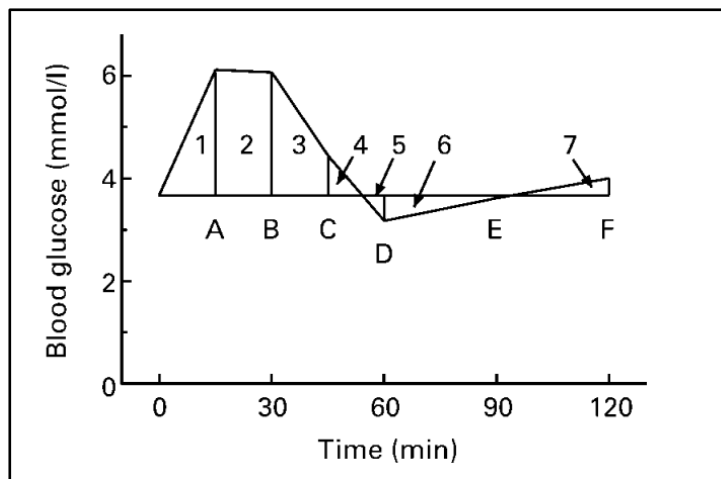


Gráfico 2: Áreas del incremento del área bajo la curva (IABC). (1), (4) y (7) Áreas triangulares. (2) y (3) Áreas trapezoidales. (5) y (6) Áreas no consideradas en la sumatoria.

Fuente: Brouns, F. et al. (2005) Glycemic index methodology. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19079901/>

Cuarto, para cada alimento se calculó la media de las IABC obtenido por cada rata. Se cuantificó la desviación estándar de los tiempos de medición (min 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120) y su propio coeficiente de variación. Posteriormente se hizo el cálculo para obtener el IG del alimento estudiado realizando la siguiente división.

$$IG = \frac{IABC \text{ DEL ALIMENTO EXPERIMENTAL}}{IABC \text{ DEL ALIMENTO ESTÁNDAR}} \times 100\%$$

### 3.7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los animales serán manejados de acuerdo con las especificaciones para animales de experimentación según Guía Internacional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio NRC, 2002.

## IV. RESULTADOS

Fueron 11 las ratas sometidas a todos los exámenes programados, considerando la metodología establecida para la medición de glicemia tras la administración de la glucosa, algarrobina y harina de algarrobo.

Se realizaron los cálculos correspondientes del carbohidrato disponible para la algarrobina y la harina de algarrobo expresado en la Tabla N°04.

Alimentos de Prueba	Tamaño de porción (g)	Carbohidratos Totales (g)	Fibra total (g)	Carbohidrato Disponible (g)
Algarrobina (a)	100	41,26	0,97	40,29
Harina de Algarrobo (b)	100	82,60	32,20	50,40

Tabla 4: Cálculo de carbohidrato disponible de la algarrobina y harina de algarrobo.

Fuente: Elaboración propia.

Referencias: Adaptado de (a) Valores obtenidos por análisis proximal. (b) Prokopiuk, D; et al., 2000. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*

### Respuesta glicémica

Con los datos obtenidos tras la respuesta glicémica pre y postprandial de la ingesta de glucosa, algarrobina y harina de algarrobo se pudieron elaborar las curvas de glucosa que nos permitieron calcular el valor de los índices glicémicos.

“Índice glicémico de la algarrobina y harina derivados de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas”

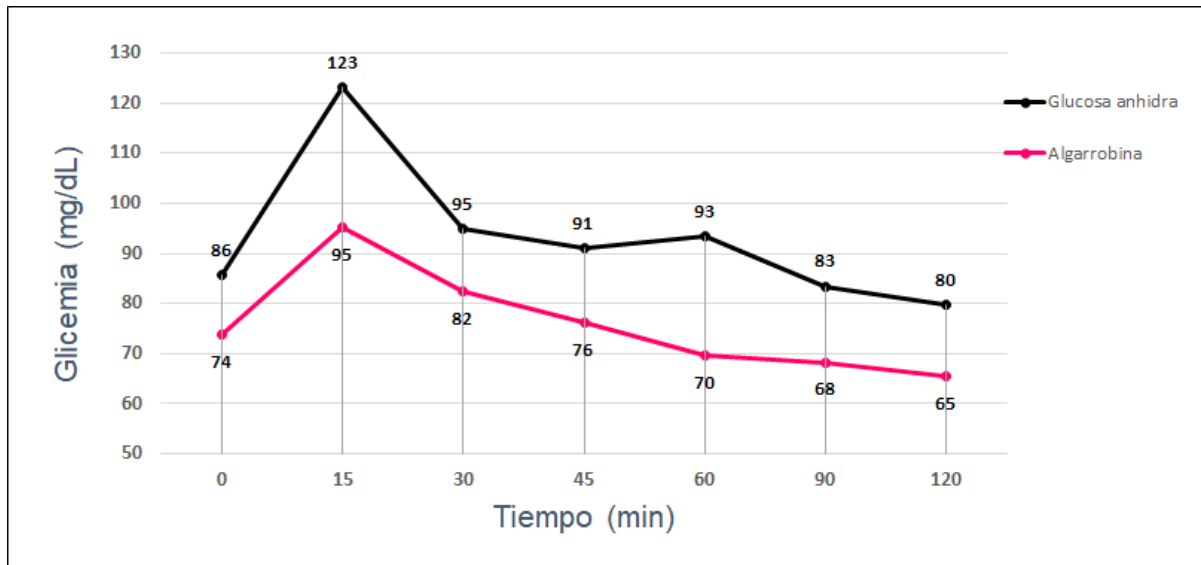


Gráfico 3: Respuesta glicémica en ratas post ingesta de glucosa y algarrobina derivado de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo).

En el gráfico N°03, se observa la curva de glicemia tras suministrar glucosa anhidra (alimento estándar) y algarrobina (alimento experimental) durante 2 horas de control a las ratas. En los primeros 15 minutos en ambos casos se observa un pico de glicemia y luego la glucosa presenta una pendiente menor en comparación al de la algarrobina. Además, se observa que a partir del minuto 60 en adelante la glicemia de la algarrobina es menor a la inicial. Por otro lado, el análisis estadístico presente en la Tabla N°05 expone que en todos los tiempos de medición se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre los promedios de glicemia basal y postprandial de la glucosa anhidra y la algarrobina (Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3).

Alimento	Tiempo (min)						
	0	15	30	45	60	90	120
Glucosa anhidra	85,73	123,27	95,00	91,00	93,36	83,45	79,73
Algarrobina	73,73	95,18	82,45	76,18	69,55	68,27	65,36
<i>p</i>	0,0219*	0,0003*	0,0439*	0,0311*	0,0021*	0,0261*	0,0307*

\*Valores estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ), según prueba T Student.

Tabla 5: Promedio de glicemia (mg/dl) basal y postprandial de glucosa anhidra y algarrobina en ratas, p valor (p)

“Índice glicémico de la algarrobina y harina derivados de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas”

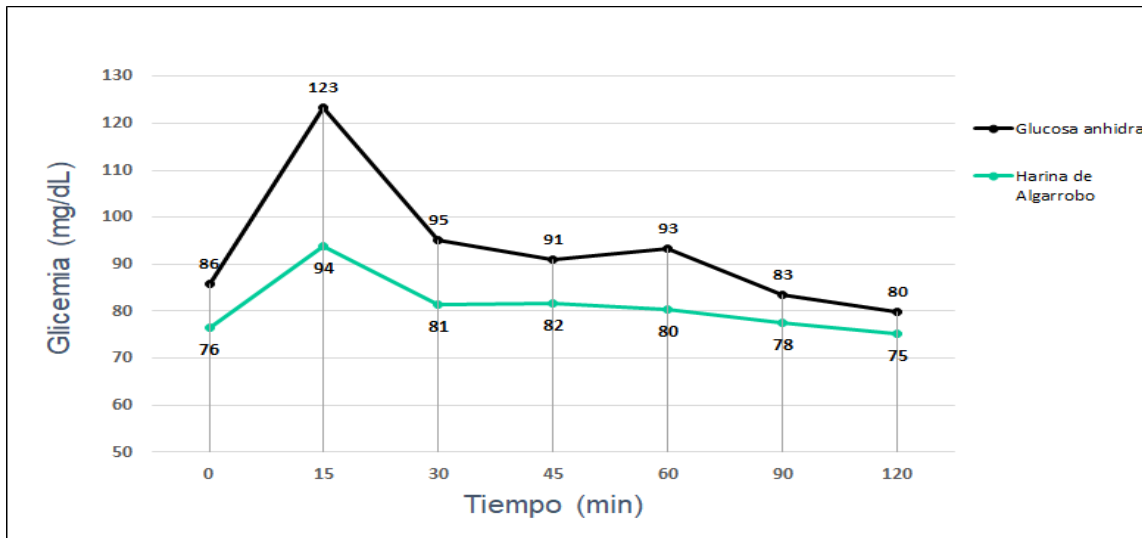


Gráfico 4: Respuesta glicémica en ratas post ingesta de glucosa y harina derivada de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo).

En el gráfico N°04, se observa la curva de glicemia tras suministrar glucosa anhidra (alimento estándar) y harina de algarrobo (alimento experimental) durante 2 horas de control a las ratas. En los primeros 15 minutos en ambos casos se observa un pico de glucemia y luego la glucosa presenta una pendiente mayor en comparación al de la harina de algarrobo. Además, se observa que a partir del minuto 30 en adelante el descenso de la glucemia de la harina de algarrobo es desacelerado hasta finalizar el control. En cuanto al análisis estadístico brindado en la Tabla N°06 se puede observar para los tiempos 15, 30 y 60 una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de glucosa postprandial de cada alimento suministrado ( $p < 0.05$ ). No se registraron diferencias significativas para el resto de los tiempos de control considerando que los valores del tiempo 120 fueron menores a los del basal.

Alimento	Tiempo						
	0	15	30	45	60	90	120
<b>Glucosa anhidra</b>	85,73	123,27	95,00	91,00	93,36	83,45	79,73
<b>Harina de algarrobo</b>	76,45	93,91	81,36	81,73	80,27	77,55	75,27
<b>p</b>	0,1219	0,0007*	0,0258*	0,1251	0,0384*	0,3930	0,4684

\*Valores estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ), según prueba T Student.

Tabla 6: Promedio de glicemia (mg/dl) basal y postprandial de glucosa anhidra y harina de algarrobo en ratas, p valor (p)

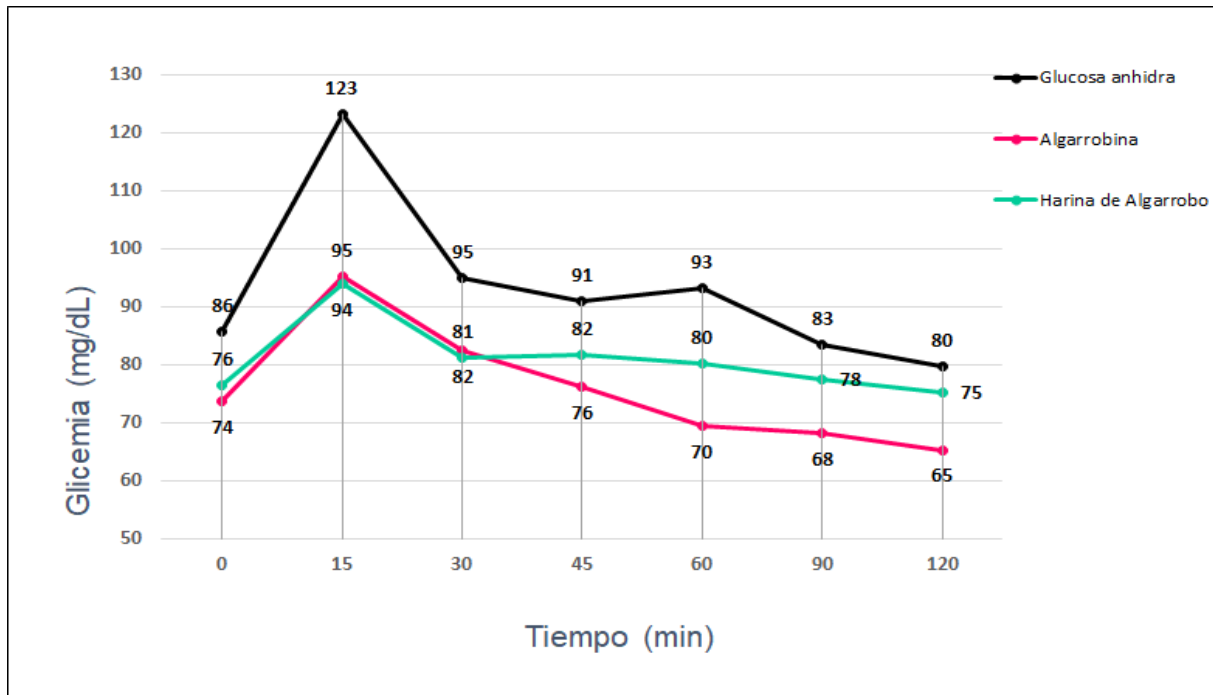


Gráfico 5: Respuesta glicémica en ratas post ingesta de glucosa anhidra, algarrobina y harina derivada de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo).

En el gráfico N°05, se observa que tanto la respuesta glicémica de la algarrobina como el de la harina de algarrobo durante los primeros 30 minutos presentan un comportamiento similar en la curva debido a sus valores cercanos, además estos presentan un alza glucémica menor al de glucosa anhidra. A partir del minuto 30 en adelante se prolonga el descenso de la curva generada por la glucemia tras la ingesta de los alimentos experimentales siendo el de menor pendiente aquella en la que se administró la harina de algarrobo, mientras que en la curva de la algarrobina se identifican los valores más bajos durante el control de la glucosa ocasionando un mayor descenso.

### Índice glicémico

Se obtuvieron 11 valores de respuesta glucémica para cada alimento analizado (Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3), a los cuales se cuantificó el promedio de cada tiempo de medición de glucemia con su respectiva desviación estándar. Para el cálculo del índice glicémico fue necesario realizar la ratio entre las medias del incremento del área bajo la curva del alimento estándar y los alimentos experimentales de forma independiente, resultando dos valores los

cuales fueron expresados en porcentaje. Ambos incrementos de IABC de los alimentos experimentales fueron menores al de la glucosa.

En el caso del índice glicémico de la algarrobina obtenido por el cociente, el valor obtenido fue 55 y presentó una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.026976$ ) en consideración ante la glucosa anhidra. Siguiendo con el procesamiento de datos, el índice glicémico de la harina de algarroba señala un valor de 70 y a pesar de ser un valor mayor que el de la algarrobina, no evidencia una diferencia significativa en comparación con el alimento estándar ( $p=0.338555$ ). (Tabla N°07)

“Índice glicémico de la algarrobina y harina derivados de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas”

Alimentos de Prueba	Glicemia (mg/dL)							IABC minxmg/dL	Índice Glicémico %
	0	15	30	45	60	90	120		
	minutos mg/dL +/- DE	minutos mg/dL +/- DE	minutos mg/dL +/- DE	minutos mg/dL +/- DE	minutos mg/dL +/- DE	minutos mg/dL +/- DE	minutos mg/dL +/- DE		
<b>Glucosa anhidra (G)</b>	85,73 +/- 14,11	123,27 +/- 19,14	95,00 +/- 15,34	91,00 +/- 14,36	93,36 +/- 14,04	83,45 +/- 14,24	79,73 +/- 13,31	1.070	
<b>Algarrobina (A)</b>	73,73 +/- 9,49	95,18 +/- 7,72	82,45 +/- 14,77	76,18 +/- 14,76	69,55 +/- 14,89	68,27 +/- 14,45	65,36 +/- 12,89	586	55%
<b>Harina de Algarrobo (HA)</b>	76,45 +/- 14,77	93,91 +/- 12,31	81,36 +/- 11,23	81,73 +/- 13,13	80,27 +/- 10,59	77,55 +/- 16,34	75,27 +/- 14,33	754	70%
* Valores estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ), según prueba t Student.								0,026976	* p de G y A
								0,338555	p de G y HA

Tabla 7: Resumen de las glucemias promedio  $\pm$  DE de alimentos estándar y experimentales, incremento del área bajo la curva (IABC) con nivel de significancia e índice glicémico.

## V. DISCUSIÓN

Cabe resaltar que no se han encontrado estudios previos acerca del cálculo del índice glucémico de la algarrobina y harina de algarrobo derivados de la vaina del *Prosopis pallida*, sin embargo, existe evidencia del estudio del valor del IG de la algarroba mediterránea (*Ceratonía siliqua*) por su similitud de productos derivados y aplicación dentro de la industria alimentaria. **(42)** Tal semejanza, ha permitido estudiar aspectos y parámetros de ambas plantas partiendo desde la similitud morfológica, así como la composición nutricional de la vaina (pulpa y semillas) incluyendo el análisis de los nutrientes importantes (fibra) asociados dentro de la alimentación e industria, pues el uso potencial aumenta de forma gradual en el caso de la especie *Prosopis pallida* **(36)**.

En el estudio comparativo de frutas peruanas donde se analiza la actividad inhibidora in vitro de las enzimas relacionadas a la diabetes tipo II de las  $\alpha$ -glucosidasa y  $\alpha$ -amilasa, se pudo evidenciar que el algarrobo presenta mayor actividad inhibitoria de la  $\alpha$ -glucosidasa comparado con una menor actividad inhibitoria de la  $\alpha$ -amilasa en relación a las otras frutas del estudio, teniendo en cuenta que la primera enzima mencionada es importante para el manejo de la hiperglucemia en pacientes con Diabetes mellitus tipo II. **(43)** Este análisis comparativo refuerza los resultados del presente estudio en el que se muestra que la curva de respuesta glicémica del alimento estándar (glucosa anhidra) es mayor en comparación con las curvas de los alimentos derivados del algarrobo.

Escalante y cols; en el 2018 desarrollaron un estudio de sustitución parcial de trigo en la elaboración de panes teniendo como resultados que la mejor proporción de harina de trigo y harina de algarrobo es de 85:15 respectivamente; presentando un valor de índice glucémico no mayor al del pan blanco siendo catalogado como alto pudiendo así validar que el índice glicémico calculado en el presente estudio se encuentra en el mismo rango (alto). **(47)**

La algarrobina se considera actualmente como un alimento endulzante semejante a la miel o siropes. En Brasil, se estudió la elaboración de un azúcar líquido derivado de las vainas de algarroba de la especie *P. juliflora* encontrando una similitud en las características fisicoquímicas de la algarrobina peruana. En dicho estudio, se encontró la presencia de taninos los cuales se relacionan directamente con un vaciamiento gástrico retardado lo que implicaría un menor valor del índice glicémico. **(48)** Manteniendo línea con lo mencionado, el

valor de índice glucémico en el presente estudio es catalogado de valor bajo debido a la presencia de este anti nutriente (tanino).

Los beneficios mostrados en estudios con ratas sobre el control de dietas con alto y bajo índice glicémico teniendo en cuenta el efecto en el metabolismo, peso, valores de insulina y glucosa, respuesta glicémica, nos orienta a una investigación más profunda para obtener mayor información sobre el IG de alimentos peruanos más relevantes en las dietas para conocer el efecto de estos dentro de una planificación alimentaria como se muestra el objetivo del presente estudio el cual analiza a dos alimentos regionales de la zona norte del país. **(49)**

En contraparte a lo mencionado anteriormente, un estudio realizado en Italia demuestra que las harinas de legumbres sin gluten (garbanzo, lentejas, arvejas, lentejas rojas) presentan un bajo índice glucémico debido a que presenta una baja digestión de almidón, una mayor concentración de almidón resistente y mayor concentración de fenoles totales y flavonoides en comparación a los cereales sin gluten (mijo, sorgo, avena, teff) dando así por hecho que la harina de las vainas de *Prosopis Pallida* no presentan la cualidad de índice glicémico bajo según los resultados obtenidos en el presente estudio. **(50)**

Teniendo en cuenta un estudio realizado sobre el efecto del extracto de frijol blanco en el cálculo del IG en diferentes papillas, en China, se muestra un incremento del índice glicémico en la papilla arroz, este debido al tiempo de almacenamiento. De acuerdo a esto, se puede entender que hay un incremento de los índices glicémico en algunos alimentos debido al tiempo de almacenamiento que pueden tener estos, este factor puede estar afectando a los valores de índice glucémicos calculados en el presente estudio. Por lo tanto, es necesario mencionar que para futuros estudios se recomienda considerar las variables de tiempo de almacenamiento. **(51)**

Teniendo en cuenta un estudio desarrollado en la ciudad de Lambayeque donde se comparó los macronutrientes de la pulpa *Prosopis pallida* de dos distritos diferentes, Túcume y Olmos, muestra la relevancia del cambio de nutrientes según la zona de origen de la planta, pues si bien se obtuvieron valores diferentes no se evidencia una variación significativa pues los porcentajes de dichos nutrientes son similares, lo que permite deducir que la región donde crezca la especie no altera la composición química y nutricional de forma absoluta. Sin embargo, esto no se puede extrapolar a otras especies dentro del mismo *Prosopis*. **(52)**

Un reciente estudio relacionados a la propiedades nutritivas y bioactivas de la harina de algarrobo confirman los valores utilizados en esta investigación para poder desarrollar los cálculos correspondientes a los carbohidratos disponibles; además resaltan la calidad nutricional y desempeño de la harina en el proceso de panificación en usarla de forma parcial en la mezcla con la harina de trigo pues según los parámetros de control de calidad del pan indican que no solo mejora la calidad nutricional del alimento procesado sino que brinda un producto con mejores propiedades cualitativas propias del pan a base de trigo. (53)

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- Tras la ingesta de la algarrobina proveniente de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas, se determinó el índice glicémico el cual fue de 55 el cual es considerado medio.
- Tras la ingesta de la harina proveniente de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas, se determinó el índice glicémico el cual fue de 70 el cual es considerado alto.

### 6.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar la respuesta glicémica de la algarrobina y la harina de algarrobo, en la población humana con y sin presencia de diabetes mellitus tipo 2.
- Realizar la medición del índice y carga glicémicos utilizando productos semejantes derivados de diferentes especies de *Prosopis sp.* debido a la diversidad biológica presente.
- Realizar un análisis proximal para evaluar la composición química y nutricional de los diversos productos derivados de la *Prosopis sp.* con el fin de evaluar una diferencia significativa entre especies.

## VII. ANEXOS

### ANEXO 1

SUJETO	GLUCOSA						
	Basal (0)	T 15	T 30	T 45	T 60	T 90	T 120
Rata 1	54	91	60	52	73	56	65
Rata 2	101	113	101	92	104	83	64
Rata 3	81	92	84	87	93	80	88
Rata 4	99	135	112	107	108	103	92
Rata 5	92	132	113	99	104	94	83
Rata 6	84	128	100	100	107	93	101
Rata 7	90	112	90	94	101	97	75
Rata 8	83	142	94	87	79	69	60
Rata 9	88	145	95	96	92	82	78
Rata 10	70	124	86	88	68	69	77
Rata 11	101	142	110	99	98	92	94
<b>Promedio</b>	85,73	123,27	95,00	91,00	93,36	83,45	79,73

Tabla 8: Valores obtenidos y promedio de la respuesta glicémica de la glucosa post prandial.

### ANEXO 2

SUJETO	HARINA DE ALGARROBO						
	Basal (0)	T 15	T 30	T 45	T 60	T 90	T 120
Rata 1	72	93	79	78	76	74	65
Rata 2	86	99	87	79	72	88	76
Rata 3	59	97	88	70	69	64	58
Rata 4	59	75	76	65	66	56	52
Rata 5	70	93	81	88	94	78	76
Rata 6	64	78	79	71	72	62	72
Rata 7	68	83	91	81	82	79	78
Rata 8	80	100	80	75	83	75	72
Rata 9	94	114	90	104	94	109	95
Rata 10	84	90	52	82	79	67	84
Rata 11	105	111	92	106	96	101	100
<b>Promedio</b>	76,45	93,91	81,36	81,73	80,27	77,55	75,27

Tabla 9: Valores obtenidos y promedio de la respuesta glicémica de la harina de algarrobo post prandial.

### ANEXO 3

SUJETO	ALGARROBINA						
	Basal (0)	T 15	T 30	T 45	T 60	T 90	T 120
Rata 1	68	88	71	71	56	59	67
Rata 2	67	90	72	73	67	67	56
Rata 3	61	93	67	52	74	61	59
Rata 4	68	81	58	48	35	36	33
Rata 5	69	108	95	83	83	71	65
Rata 6	90	97	108	86	79	83	74
Rata 7	78	98	81	89	75	77	73
Rata 8	74	98	83	82	59	63	65
Rata 9	83	100	94	91	81	85	80
Rata 10	66	90	83	73	70	64	72
Rata 11	87	104	95	90	86	85	75
<b>Promedio</b>	<b>73,73</b>	<b>95,18</b>	<b>82,45</b>	<b>76,18</b>	<b>69,55</b>	<b>68,27</b>	<b>65,36</b>

Tabla 10: Valores obtenidos y promedio de la respuesta glicémica de la algarrobina post prandial.

### VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bailey PS. Química Orgánica. 5a ed. London, England: Prentice-Hall; 2001.
2. Berg JM, Stryer L, Tymoczko JL. Bioquímica. Reverte; 2007.
3. Melo V, Cuamatzi O. Bioquímica de los procesos metabólicos. Reverte; 2020.
4. Rodríguez Rivera VM, Simon Magro E. Bases de la alimentación humana. Corunna, España: Netbiblo; 2008.
5. Rodríguez ZRM. Elementos de Nutrición Humana. EUNED; 1998.
6. Harper HA, Murray RK, Bender DA, Botham KM. Harper: Bioquímica ilustrada. McGraw-Hill Interamericana; 2013.
7. Geissman TA. Principios de química orgánica. 1973.
8. Yúfera EP. Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria [Internet]. Vol. 2. Reverté; 2020. Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=aU\\_aBXvAB3MC&dq=isomer%C3%ADa+carbohidratos&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=aU_aBXvAB3MC&dq=isomer%C3%ADa+carbohidratos&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

9. Garrido A, Rivera JM. Fundamentos de bioquímica metabólica. Alfaomega Grupo Editor; 2006.
10. Rodríguez MH, Gallego AS. Tratado de nutrición. Díaz de Santos; 1999.
11. Peña A, Begovich AA, Puyou AG, Ibargüengoytia RT, Eichelman CG. Bioquímica. 2a ed. Limusa; 2007.
12. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. The American Journal of Clinical Nutrition. 2002; 76(1):5–56.
13. Alam U, Asghar O, Azmi S, Malik RA. General aspects of diabetes mellitus. Handb Clin Neurol. 2014; 126:211–22.
14. Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. PLoS Med. 2006; 3(11):442.
15. Diabetes [Internet]. Organización Mundial de la Salud, 2021 [citado el 6 de otoño de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
16. INEI. Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, 2020 [Internet]. mayo de 2021. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1796/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1796/)
17. Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades -MINSA. Sala virtual de Vigilancia epidemiológica de diabetes [Internet]. Dgp.Gob.pe. 2020 [citado el 13 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2021/SE07/diabetes.pdf>
18. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. The American Journal of Clinical Nutrition. 1981; 34(3):362–6.

19. Brand-Miller J, Buyken AE. The glycemic index issue. *Curr Opin Lipidol*. 2012; 23(1):62–7.
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Carbohydrates in Human Nutrition*. Rome, Italy: Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 1998.
21. Foster-Powell K, Miller JB. International tables of glycemic index. *The American Journal of Clinical Nutrition* [Internet]. 1995 [citado el 18 de junio de 2021]; 62:871S-93S. Disponible en: <https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/62/4/871S/4651178>
22. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care*. 2008; 31(12):2281–3.
23. Bawden S, Stephenson M, Falcone Y, Lingaya M, Ciampi E, Hunter K, et al. Increased liver fat and glycogen stores after consumption of high versus low glycemic index food: A randomized crossover study. *Diabetes Obes Metab*. 2016; 19(1):70–7.
24. Henry CJ, Kaur B, Quek RYC, Camps SG. A low glycemic index diet incorporating isomaltulose is associated with lower glycemic response and variability, and promotes fat oxidation in Asians. *Nutrients* [Internet]. 2017; 9(5). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/nu9050473>
25. Ortiz-Rodríguez B, De León LG, Esparza-Romero J, Carrasco-Legleu CE, Candia-Luján R. Ejercicio moderado y consumo de alimentos de alto y bajo índice glucémico en mujeres sedentarias. *Aten Primaria*. 2019; 51(6):327–32.
26. Hernández P, Mata C, Lares M, Velazco Y, Brito S. Índice glicémico y carga glucémica de las dietas de adultos diabéticos y no diabéticos. *Anales Venezolanos de* [Internet]. 2013 [citado el 14 de junio de 2021]; 26(1):5–13. Disponible en: <https://www.analesdenutricion.org.ve/ediciones/2013/1/art-2/>
27. Monteiro CA, Levy RB, Claro RM, Castro IRR de, Cannon G. A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cad Saude Publica*. 2010; 26(11):2039–49.

28. Englyst KN, Liu S, Englyst HN. Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. *Eur J Clin Nutr.* 2007; 61 Suppl 1(S1):S19–39.
29. Fleming P, Godwin M. Low-glycemic index diets in the management of blood lipids: a systematic review and meta-analysis. *Fam Pract.* 2013; 30(5):485–91.
30. Schwingshackl L, Hoffmann G. Long-term effects of low glycemic index/load vs. high glycemic index/load diets on parameters of obesity and obesity-associated risks: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2013; 23(8):699–706.
31. Manuzza MA, Brito G, Echegaray NS, López LB. Índice glucémico y carga glucémica: su valor en el tratamiento y la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Diaeta.* 2018;36(162):29–38.
32. Cândido F, Pereira E, Alfenas R. Use of the glycemic index in nutrition education. *Revista de Nutrição [Internet].* 2013 [citado el 14 de junio de 2021];26(1):89–96. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/262720568\\_Use\\_of\\_the\\_glycemic\\_index\\_in\\_nutrition\\_education/link/0f31753bea20e5265d000000/download](https://www.researchgate.net/publication/262720568_Use_of_the_glycemic_index_in_nutrition_education/link/0f31753bea20e5265d000000/download)
33. Franco-Mijares AC, Cardona-Pimentel G, Villegas-Canchola KP, Vázquez-Flores AL, Jáuregui-Vega PI, Jaramillo-Barrón E, et al. Sobre el índice glucémico y el ejercicio físico en la nutrición humana. *Residente.* 2013;8(3):89–96.
34. Mondazzi L, Arcelli E. Glycemic index in sport nutrition. *J Am Coll Nutr.* 2009; 28:455S-463S.
35. Manuzza MA, Graciela B, Soledad EN, López LB. Índice glucémico y carga glucémica: su valor en el tratamiento y la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Diaeta [Internet].* 2018 [citado el 20 de julio de 2021];36(162):10–8. Disponible en:  
<http://www.aadynd.org.ar/descargas/diaeta/04-Manuzza-Indice.pdf>
36. Bravo L, Grades N, Saura-Calixto F. Composition and potential uses of mesquite pods (*Prosopis pallida* L): Comparison with carob pods (*Ceratonia siliqua* L). *J Sci Food Agric.* 1994;65(3):303–6.

37. Felker P, Grados N, Cruz G, Prokopiuk D. Economic assessment of production of flour from *Prosopis alba* and *P. pallida* pods for human food applications. *J Arid Environ.* 2003;53(4):517–28.
38. Bravo L, Grados N, Saura-Calixto F. Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida*). *J Agric Food Chem.* 1998;46(5):1727–33
39. Grados N, Ruiz W, Cruz G, Díaz C, Puicón J. PRODUCTOS INDUSTRIALIZABLES DE LA ALGARROBA PERUANA (*PROSOPIS PALLIDA*): ALGARROBINA Y HARINA DE ALGARROBA. *Multiequina* [Internet]. 2000 [citado el 14 de junio de 2021];9(2):119–132. Disponible en: [https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/multiequina/indice/pdf/09\\_02/9\\_2\\_8.pdf](https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/multiequina/indice/pdf/09_02/9_2_8.pdf)
40. Prokopiuk D, Cruz G, Grados N, Garro O, Chiralt A. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. *Multiequina* [Internet]. 2000 [citado el 14 de junio de 2021]; 9:35–45. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/328872335\\_Estudio\\_comparativo\\_entre\\_frutos\\_de\\_Prosopis\\_alba\\_y\\_Prosopis\\_pallida/link/5e610899299bf182deeabe2b/download](https://www.researchgate.net/publication/328872335_Estudio_comparativo_entre_frutos_de_Prosopis_alba_y_Prosopis_pallida/link/5e610899299bf182deeabe2b/download)
41. George C, Lochner A, Huisamen B. The efficacy of *Prosopis glandulosa* as antidiabetic treatment in rat models of diabetes and insulin resistance. *J Ethnopharmacol.* 2011;137(1):298–304.
42. Milek Dos Santos L, Tomzack Tulio L, Fuganti Campos L, Ramos Dorneles M, Carneiro Hecke Krüger C. Glycemic response to carob (*Ceratonia siliqua* L) in healthy subjects and with the in vitro hydrolysis index. *Nutr Hosp.* 2014;31(1):482–7.
43. Pinto MDS, Ranilla LG, Apostolidis E, Lajolo FM, Genovese MI, Shetty K. Evaluation of anthyperglycemia and antihypertension potential of native Peruvian fruits using in vitro models. *J Med Food.* 2009;12(2):278–91.
44. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. Sexta edición. México: Mc Graw-Hill. 2014

45. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, et al. Glycemic index methodology. *Nutr Res Rev* [Internet]. 2005;18(1):145–71. Disponible en: [https://www.cambridge.org/core/product/identifiier/S0954422405000119/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifiier/S0954422405000119/type/journal_article)
46. Rodríguez VEA, Rosendo GG, Murguía NAR, Sánchez JV, Gutiérrez AGQ. Índice glucémico en alimentos compuestos [Internet]. *Renc.es*. 2013 [citado el 16 de julio de 2021]. Disponible en: [https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/Rev%20Esp%20Nutr%20Comunitaria%202013\\_4-5.pdf](https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/Rev%20Esp%20Nutr%20Comunitaria%202013_4-5.pdf)
47. Escalante L, Sandoval FH, Granados Nevárez NG, Vásquez Lara MC, de la Barca FC, Islas Rubio AM, et al. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harinas de vaina de Mezquite (*Prosopis sp.*) para panificación [Internet]. *Redalyc.org*. [citado el 23 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81357541014/81357541014.pdf>
48. Grande-PB C. Obtenção De Açúcar Líquido De Algaroba E Estudo De Fatores Antinutricionais E Atividade Antioxidante Da Farinha Obtida Do Resíduo Sólido [Internet]. *Edu.br:8080*. [citado el 23 de julio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/14988/1/CL%c3%81UDIA%20GOUV EIA%20RODRIGUES%20-%20TESE%20%28PPGEP%29%202016.pdf>
49. Campbell GJ, Senior AM, Bell-Anderson KS. Metabolic effects of high glycemic index diets: A systematic review and meta-analysis of feeding studies in mice and rats. *Nutrients* [Internet]. 2017;9(7). Disponible en: <https://www.mdpi.com/resolver?pii=nu9070646>
50. Di Cairano M, Condelli N, Caruso MC, Marti A, Cella N, Galgano F. Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *Lebenson Wiss Technol* [Internet]. 2020;133(109860):109860. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820308495>
51. Ma Y, Rang Y, Yang R, Zhao W. Effect of white kidney bean extracts on estimated glycemic index of different kinds of porridge. *Lebenson Wiss Technol* [Internet]. 2018; 96:576–82. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643818305292>

52. Colqui Ticia AO, Domínguez Santoyo EF. Comparación del porcentaje de proteínas, carbohidratos y lípidos de *Prosopis pallida* “algarrobo” proveniente de los distritos de Túcume y Olmos, departamento de Lambayeque [Internet]. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo; 2018 [citado el 24 de julio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/743>

53. Gonzales-Barron U, Dijkshoorn R, Maloncy M, Finimundy T, Calhelha RC, Pereira C, et al. Nutritive and bioactive properties of mesquite (*Prosopis pallida*) flour and its technological performance in breadmaking. *Foods* [Internet]. 2020 [citado el 24 de julio de 2021];9(5):597. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/597/htm>