



FACULTAD DE FARMACIA  
ESCUELA DE NUTRICION Y DIETÉTICA

**“ASOCIACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES DE LA CHIA HIDRATADA  
EN DIVERSAS MATRICES ALIMENTARIAS Y LOS NIVELES DE  
SACIEDAD EN ADULTOS JÓVENES SANOS”**

**Tesis para optar al Grado Académico de Licenciado en Nutrición y  
Dietética y al Título de Nutricionista**

**Rocío Ponce López**

Director de Proyecto de Tesis: Marcela Alviña Walker  
Co-Director: Loreto Muñoz Hernández

2016

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi familia, especialmente a mi mamá por ser el ejemplo de esfuerzo, constancia y por enseñarme que nunca hay que darse por vencida!**

**A mi hermana, por ser mi amiga y compañera de vida, gracias por tu apoyo incondicional.**

**A Alex, la persona que le da luz a mis días... por su inmenso amor, su compañía, sus innumerables ayudas y sobre todo su gran paciencia!**

**Porque nadie mejor que tú sabe lo duro que fue este camino y que sin ti nada hubiese sido posible.**

## INDICE

	<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
	<b>Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>1.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
1.1	Chía.....	3
1.2	Composición nutricional de la semilla de chía, sus propiedades nutricionales y su biodisponibilidad.....	4
1.2.1	Ácidos grasos poliinsaturados en la semilla de chía.....	4
1.2.2	Contenido de proteína en la semilla de chía.....	4
1.2.3	Vitaminas y minerales.....	5
1.2.4	Antioxidantes.....	5
1.2.5	Hidratos de carbono en la semilla de chía.....	5
1.2.6	Fibra dietética y sus características.....	6
1.3	Saciación y Saciedad.....	6
1.4	Aplicación de la semilla de chía en matrices alimentarias.....	14
<b>2</b>	<b>Objetivo general.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	
3.1	Determinación del grado de hidratación de la semilla de chía.....	18
3.2	Determinación de la viscosidad de la semilla de chía en distintas matrices alimentarias chía.....	19
3.3	Evaluación de los niveles de saciedad de la chía hidratada en distintas matrices alimentarias.....	21
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
4.1	Determinación del grado de hidratación de la semilla de chía.....	24
4.2	Determinación de la viscosidad de la semilla de chía en distintas matrices alimentarias chía.....	28
4.3	Evaluación de los niveles de saciedad de la chía hidratada en distintas matrices alimentarias.....	31
<b>5</b>	<b>DISCUSION.....</b>	<b>37</b>
	<b>Conclusiones.....</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>45</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## **Resumen**

En el presente trabajo se realizó un análisis de las propiedades de la semilla de chía hidratada en tres matrices alimentarias: agua destilada, jugo de naranja y leche descremada y su relación con la saciedad de individuos adultos jóvenes. La metodología constó de dos partes, la primera realizada en el laboratorio, donde se evaluaron la capacidad de hidratación y viscosidad; en la segunda parte de esta tesis se trabajó con voluntarios que se sometieron a una evaluación de autopercepción de sensaciones relacionadas con el apetito en una escala visual análoga (EVA). Se evaluaron parámetros como el hambre, la saciedad, el deseo de ingerir alimento y la sed de los voluntarios durante 2 horas después de haber consumido cada una de las matrices con chía hidratada.

Los resultados evidenciaron que la mayor hidratación de la semilla de chía ocurrió en la matriz agua, en la cual también se observó la más alta viscosidad del mucílago de la semilla hidratada en comparación con las matrices leche y jugo de naranja.

En la evaluación para la autopercepción de saciedad al ingerir las tres matrices con chía hidratada, la matriz que generó la mayor saciedad entre los voluntarios de este estudio fue la matriz chía /agua, sensación que duró más tiempo, generó menos hambre y menos ganas de volver a comer a corto plazo en los sujetos. Se sugiere que la característica de la semilla de chía hidratada en la matriz agua es la que mejor destacó las características analizadas (peso, hidratación, viscosidad) lo cual tendría relación con una mayor sensación de saciedad en los adultos jóvenes.

## **Abstract**

The purpose of this study is to analyze the relation between the level of satiety in young adults and the consumption of hydrated Chia seed in three different food matrix, basically distilled water, orange juice and skimmed milk.

The methodology used, was based in a two steps procedure. First, at the laboratory, which focused on the analysis of the hydration capacity, viscosity and weight of the chia seed with each one of the food matrix, and second, with voluntaries who under an evaluation of self-perception of appetite-related sensations on an Visual Analogue Scale (VAS), measures parameters such as hunger, satiety, the desire to ingest food and the thirst during 2 hours of having consumed each one of the matrix hydrated Chia seed.

It was observed that the highest levels of hydration and mucilage viscosity were registered with the distilled in the water hydrated Chia seed, compared to orange juice and skimmed milk. Additionally, the voluntaries evaluation results, having ingested the Chia seed in all three matrix, showed higher satiety perception, and indicates less hunger, less desire to return to eating food short term, with the distilled water hydrated Chia.

It is suggested that the water matrix hydrated Chia seed, reveals a greater sensation of satiety in young adults with respect to the analysed characteristics (weight, hydration, viscosity).

# 1 MARCO TEORICO

## 1.1 Chía

La chía (*Salvia hispanica L.*) o "nahuatl" en dialecto nativo indígena, significa aceitoso o grasoso. Esta planta herbácea de la familia de las lamiáceas es nativa del centro y sur de México, Guatemala y Nicaragua. Su período de germinación es anual de verano, y puede alcanzar hasta dos metros de altura, sus hojas miden de 4 a 8 cm de largo y de 3 a 5 cm de ancho, sus flores son hermafroditas; las tonalidades pueden presentarse en tonos blancos, celestes y violeta. La chía es un tipo de cultivo que crece en un clima tropical o subtropical, no soporta temperaturas frías, crece en suelos arenosos-limosos como también arcillosos limosos y bien drenados. Las condiciones agronómicas para su cultivo dependen de la profundidad de la siembra puede exceder de 10 mm, con surcos para colocar la semilla a chorro continuo con una distancia de 70- 80 cm, la maduración de la semilla de chía se presenta a los 120 días de su siembra con un germinado de por lo menos el 80% [1].

La semilla de esta planta fue utilizada por los aztecas y los mayas en la época precolombina siendo el cultivo de la chía uno de los cultivos básicos junto al maíz. Además de fuente alimentaria, esta semilla se utilizaba para preparados medicinales, fuente de energía en bebidas, combinada con otros cereales, al igual que en preparaciones de numerosos platos e incluso aceite [2].

## **1.2 Composición de la semilla de chía, sus propiedades nutricionales y su biodisponibilidad**

La semilla de la chía es ovalada, lustrosa y achatada. Mide entre 2 y 2,5 mm de largo, entre 1,5 mm de ancho y 0,8- 1,0 mm de espesor. Según la variedad, su color puede ser blanco o negro grisáceo con manchas irregulares que tienden a un color rojo oscuro [1]. La chía es una semilla oleaginosa, que además de presentar un alto contenido de ácido graso omega 3, está compuesta por proteínas, fibra, antioxidantes, vitaminas y algunos minerales [3].

A continuación, se describirá detalladamente la composición de la semilla de la chía y su valor nutricional.

### **1.2.1 Ácidos grasos poliinsaturados en la semilla de chía**

Una de las propiedades fundamentales de la semilla de la chía es su alto contenido de ácidos grasos (25-35%), donde los mayores constituyentes son los triglicéridos [4] y ácidos grasos poliinsaturados, como los ácidos  $\alpha$ -linolénico y ácido linoleico, siendo el ácido  $\alpha$ -linolénico el más abundante en la semilla de la chía, además de ciertas prostaglandinas, leucotrienos y tromboxano con actividad antiinflamatoria, anticoagulante y antiagregante [5].

### **1.2.2 Contenido de proteína en la semilla de chía**

La chía contiene aproximadamente un 20% de proteína, nivel que resulta más alto que el contenido en algunos cereales tradicionales como el trigo (13,7%), el maíz (9,4%), el arroz (6,5%), la avena (16,9%) y la cebada (12,5%). Las proteínas de chía presentan un adecuado perfil de aminoácidos esenciales, donde destaca su contenido de lisina, metionina y cisteína, los cuales son mayores que los presentes en las semillas de otras oleaginosas. [6].

### **1.2.3 Vitaminas y minerales**

La semilla de la chía contiene vitamina A, vitaminas del complejo B como la tiamina, ácido fólico y niacina, de esta última contiene mayores cantidades que el maíz, la soya y el arroz [7]. Dentro de sus minerales destaca su contenido de calcio, siendo seis veces mayor que lo que encontramos en 100 g de leche [7]; contiene además, cobre, hierro, zinc, magnesio, fósforo [1] y menores cantidades de sodio, hierro y zinc [8]. Debido a que sus vitaminas y minerales son de origen vegetal su biodisponibilidad es baja en comparación a las de origen animal.

### **1.2.4 Antioxidantes**

La chía contiene importantes concentraciones de antioxidantes naturales, como la vitamina E, fitoesteroles como el beta-sitosterol, ácidos como el clorogénico y cafeico, estos han demostrado tener una fuerte actividad contra radicales libres y los procesos oxidativos en general, inhibiendo la peroxidación de los lípidos [9]. Posee una cantidad importante de polifenoles, cuyo contenido es similar al del aceite de maní (398.6 mg/kg) [3]. Además contiene flavonoides como el kaempferol, miricetina y quercitina [9].

### **1.2.5 Hidratos de carbono en la semilla de chía**

Dentro de su composición nutricional los hidratos de carbono disponibles corresponden al 42% y la fibra dietética al 34% del peso de la semilla; estos hidratos de carbono corresponden a xilosa, glucosa, arabinosa, galactosa, ácido glucurónico y ácido galacturónico [1].

### **1.2.6 Fibra dietética y sus características**

El mayor porcentaje de fibra de la chía es del tipo soluble, denominada mucílago, el cual está ubicado en las células externas que forman la testa (cáscara), y se denominan células mucilaginosas. La testa tiene un grosor de  $13 \pm 0,41 \mu\text{m}$  y está compuesta de tres capas, una externa formada por células delgadas rectangulares de  $4,2 \pm 0,26 \mu\text{m}$  donde aparentemente se encuentra el mucílago, una capa de escleroides, compuesta por células largas y delgadas similares a fibras y el endocarpio, una delgada capa interna [3]. Al caracterizar morfológicamente a la semilla de la chía y su mucílago por microscopía electrónica de barrido (MEB) se observa que esta estructura de tres capas que presentan las semillas está conformada por células poligonales, desde donde se expulsa el mucílago. Cuando la semilla entra en contacto con el agua el mucílago comienza a hidratarse de inmediato, formándose una especie de cápsula que rodea a la semilla. Éste mucílago posee una extraordinaria capacidad de retención de agua, siendo capaz de absorber alrededor de 27 veces su peso en agua, por lo que al consumirlo ocupa espacio en el estómago generando sensación de saciedad.

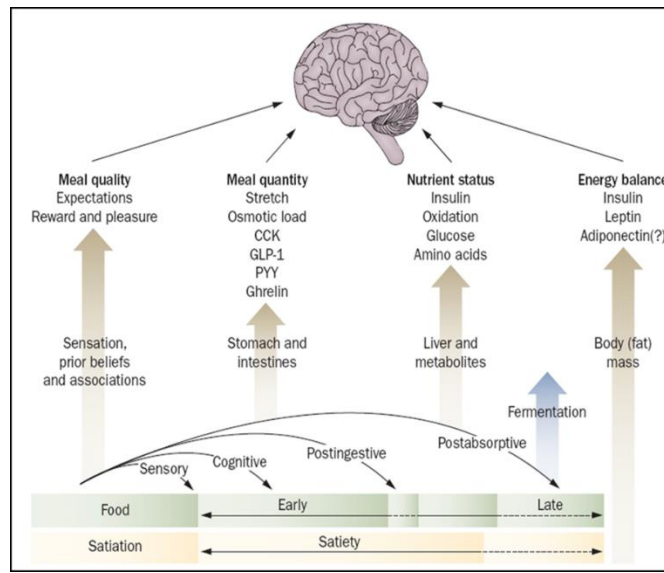
### **1.3 Saciación y Saciedad**

La saciedad y el apetito dependen de la interacción de múltiples factores fisiológicos, psicológicos y ambientales que producen la motivación por comer y establecen los hábitos alimentarios que reflejan la regulación del apetito con el tiempo.

La saciación se define como el proceso que ocurre durante la ingesta de una comida conduciendo a parar de comer, por lo que determina la cantidad y tamaño de la comida consumida, mientras que la saciedad es el proceso que se caracteriza por la sensación de

plenitud resultante del consumo de una comida reduciendo la sensación de hambre, controlando y /o determinando el intervalo entre dos comidas sucesivas [10].

La saciación y la saciedad juegan un rol importante en la regulación del apetito junto a un sistema psicobiológico complejo, que requiere de la integración de múltiples fuentes de información que surgen tanto en el interior del cuerpo como en el entorno en el que se encuentra el individuo. La conducta alimentaria incluye el acto de comer, las motivaciones que acompañan el consumo de alimentos, por ejemplo, el estado anímico, imagen corporal, creencias culturales, religiosas y psicológicas junto a los factores fisiológicos, los procesos metabólicos, las vías y los receptores en el cerebro y sus interacciones con los parámetros nutricionales. Así el apetito implica un fenómeno complejo de interacciones con componentes del ambiente y componentes del cerebro que llevarán a un mayor o menor consumo de alimentos [11].



**Figura 1. Cascada de la saciedad (Blundell et.al., 1995).**

Los alimentos desencadenan una serie de procesos que se muestran en la “cascada de la saciedad” (Figura 1), en donde suceden cuatro procesos (sensorial, cognitivo, pre-y post-absorptivos) que determinan los niveles de apetito y saciedad [12]. Los mecanismos sensoriales se desencadenan al percibir un alimento, involucrando en primera instancia el sentido de la vista y olfato, esto induce señales fisiológicas y junto a las características sensoriales de la comida como su textura, olor, temperatura, y su palatabilidad determina la cantidad de comida que se consume. Por otro lado, los mecanismos cognitivos están asociados a las creencias o expectativas que las personas tienen sobre propiedades del alimento, las que generalmente se relaciona con experiencias anteriores. Los mecanismos de pre-absorción comienzan en el tracto digestivo asociado a receptores sensitivos (mecanorreceptores vagales) ubicados en la pared del estómago que determinan el grado de llenado gástrico y distensión.

Una vez que el bolo alimenticio ha alcanzado el intestino delgado, se estimula la secreción de hormonas o péptidos, algunos de los cuales reducen la ingesta de alimentos (por ejemplo, colecistoquinina, enterostatina, péptido similar al glucagón 1 y neuropéptido Y y otros que inhiben la secreción de hormonas que estimulan la alimentación, como la ghrelina [13, 14]. Los mecanismos post-absortivos asociados al metabolismo de los macronutrientes y su ingreso al torrente sanguíneo generan la liberación de hormonas que directa o indirectamente regulan la saciedad.

El sistema de control neurohormonal integra una compleja red de vías neuronales que tiene como centro de la saciedad el núcleo hipotalámico ventromedial y que, en conjunto con el tallo cerebral, integran una serie de señales que modifican la ingesta de alimento. El núcleo del tracto solitario y el área postrema adyacente reciben fibras de receptores gustativos de la boca y garganta, así como información aferente del estómago, del intestino, del páncreas y del hígado. Estas áreas emiten y reciben proyecciones del hipotálamo, la amígdala y otras porciones del sistema límbico, así como del tálamo y la corteza gustativa, integrando de esta manera información emocional y cognitiva que participa en el control de la ingesta. Las vías neuronales unen los núcleos hipotalámicos a los centros superiores que censarán la sensación de saciedad, el hipotálamo retrasa el vaciado gástrico mediante la estimulación de las fibras vagales que activarán señales neuronales hacia el tracto digestivo disminuyendo la motilidad gástrica y como consecuencia disminuyendo el consumo de calorías [15] .

En el organismo, la porción de alimento ingerida en cada tiempo de comida y la fase de término de la alimentación está regulada a corto plazo por las señales de llenado y saciedad y largo plazo por la proteína leptina, la cual corresponde a una hormona producida casi exclusivamente en el tejido adiposo. Cuando el sistema nervioso central recibe señales de

aumento en la reserva grasa (adiposidad), se produce la activación de colecistoquinina, (CCK), hormona producida por las células endocrinas de la mucosa del duodeno en respuesta a los productos de la degradación de las grasas, se activa durante la digestión y se vuelve más efectiva para producir el término de la alimentación y disminuir la ingesta de alimentos, desencadenando la señal de saciedad. De la misma forma la hormona glucagón tipo 1 o GLP-1 es producida en el íleon en respuesta a la llegada de los nutrientes al intestino y potencia la liberación de la insulina, hormona producida por el páncreas que regula los niveles de azúcar en la sangre y el uso de sustratos de energía. Su concentración en plasma varía en el transcurso del día y aumenta principalmente después de una comida que contiene hidratos de carbono. El GLP-1 se asocia a una reducción de la ingesta de alimentos y el apetito a corto plazo. Antes de la ingesta de alimentos y en condiciones de ayuna se secretan grandes cantidades de ghrelina, hormona que se secreta en el estómago y que reduce tanto la secreción como la acción anorexígena de la leptina, de la misma manera que la leptina reduce la secreción y la acción de la ghrelina [12, 13].

La señal de saciedad también está relacionada con la composición nutricional de los alimentos. Las proteínas son el nutriente con mayor efecto sobre la saciedad ; esto se debe a que se produce un aumento en la osmolaridad, resultando en una mayor distensión del estómago y la estimulación de los mecanorreceptores gástricos, por otro lado, inducen la secreción de hormonas involucradas en la saciación y la saciedad, como CCK, GLP-1 y la insulina [11-13].

La regulación de la saciedad por los hidratos de carbono está relacionada con su velocidad de absorción (lenta o rápida), que corresponde al tiempo que pasa desde que se ingiere el hidrato de carbono hasta que se comienzan a elevar los niveles de glucosa en la

sangre, de acuerdo a esto, pueden influir en la saciedad durante el periodo post-prandial. El consumo de hidratos de carbono de absorción lenta, como la fibra, induce un peak de azúcar en la sangre más moderado durante la primera fase del período post-prandial, induciendo una secreción de insulina más lenta, resultando en una mayor utilización de los lípidos, y mantención de los niveles de glucógeno almacenados, quedando disponibles para su utilización durante el próximo episodio post-absorción, manteniendo los niveles de azúcar estables, limitando las sensaciones de hambre [16]. Por otro lado la fibra dietética juega un rol importante en la modificación de varias de las propiedades de los alimentos que estimulan la sensación de saciedad, como la palatabilidad, la textura y su densidad de energía [17].

Una de las propiedades que tiene mayor impacto en la saciedad es la viscosidad que presentan las fibras solubles como los mucílagos y  $\beta$ -glucanos. La fibra soluble tiene la capacidad de absorber agua, lo que podría aumentar el volumen del bolo alimenticio y estimular los mecanorreceptores sensibles a la distensión gástrica; de la misma forma retrasa el vaciamiento gástrico [18].

Finalmente, los lípidos tienen un efecto muy pobre sobre la saciedad en comparación a las proteínas y los hidratos de carbono. A pesar de esto la hidrólisis de los lípidos sobre todo los de cadena larga, ácidos grasos poliinsaturados, juegan un papel en la regulación de la saciación y la saciedad mediante la estimulación de la secreción de CCK y PYY [17].

Conocer los mecanismos de regulación del apetito-saciedad, así como la influencia de la composición nutricional de los alimentos sobre este proceso permitirá proponer soluciones a importantes y crecientes problemas como el sobrepeso, la obesidad y las enfermedades crónicas no transmisibles.

La obesidad es un trastorno fisiológico multifactorial en cuya aparición inciden factores ambientales, conductuales y genéticos. Por otro lado, el peso corporal implica una constante regulación de mecanismos de retroalimentación, sin embargo, cuando se presenta un desequilibrio continuado entre la ingesta y el gasto energético en la vida diaria, dando lugar a un exceso de grasa corporal por sobre 20% sobre el «peso ideal», se genera la obesidad [19].

Puesto que el porcentaje de obesidad ha aumentado en el último tiempo, asociada a sociedades industrializadas en la que el ejercicio físico es cada vez menor, junto al aumento del sedentarismo y el consumo de alimentos de alta densidad energética, es de gran importancia aumentar el conocimiento de los diversos factores fisiológicos, psicológicos y ambientales, involucrados en el apetito y saciedad, así como el estudio de componentes de la dieta que favorezcan niveles de apetito y saciedad moderados incidiendo en una menor ingesta de alimentos.

Actualmente existe un crecimiento en el mercado de alimentos funcionales, los que se definen como aquellos que además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas producen propiedades beneficiosas específicas o reducen el riesgo de sufrir enfermedades, relacionando de esa manera la alimentación y la salud [20]. En este contexto, los alimentos ricos en fibra dietética soluble presentan propiedades saludables como, por ejemplo, promueven la saciación y saciedad, jugando un papel importante en el control del balance energético y en el peso corporal a largo plazo. Los ensayos de intervención indican que el vaciamiento gástrico se puede retrasar mediante el consumo de fibras viscosas (solubles), como los  $\beta$ -glucanos, los mucílagos y la goma guar [21]. Por otra parte los alimentos altos en proteínas y fibra bien hidratados producen mayor saciedad, produciéndose menos hambre

entre los intervalos de tiempo entre las comidas [22]. Sin embargo, los efectos que se producen en el intestino delgado parecen ser los más importantes pues al formar geles, estos tipos de fibra dietética se expanden y hacen más lenta la absorción de hidratos de carbono desde el intestino delgado volviéndola menos accesible a las enzimas digestivas y reduciendo el contacto con la mucosa intestinal, esto parece prolongar la sensación de plenitud. También existe cierta evidencia que la presencia prolongada de nutrientes en la parte superior del intestino promueve la saciedad, ralentizando el vaciado gástrico y también puede disminuir la velocidad de absorción de grasa y glucosa permitiendo una sensación prolongada de saciedad [23].

Además de las ventajas asociadas a la saciación y saciedad, la fibra soluble presenta otros beneficios en la salud, puede disminuir la absorción de hidratos de carbono simples favoreciendo los niveles de glucosa en sangre y disminuir las concentraciones de colesterol LDL. Se ha encontrado que la goma guar tiene la capacidad de ser más estable (resistente) durante la digestión que otras formas comunes de fibra dietética. Los niveles altos de viscosidad de soluciones que contienen goma guar, han sido utilizados en estudios de digestión *in vitro* del estómago e intestino delgado en el hombre; los resultados sugieren que podría tener el potencial de generar una digestión lenta y afectar ciertas respuestas fisiológicas, como los niveles de azúcar en sangre post-prandial, lipidemia, y prolongar la sensación de saciedad [24, 25]

Otros estudios que relacionan las propiedades de la fibra dietética soluble se centran en los  $\beta$ -glucanos, a los que se atribuye la propiedad de formar soluciones viscosas en solución acuosa. Esta viscosidad hace que los  $\beta$ -glucanos retrasen el vaciamiento gástrico e interfieran en el contacto entre las enzimas pancreáticas y sus substratos en el lumen

intestinal, frenando los procesos de digestión y absorción de los nutrientes. Esto podría explicar el efecto de los  $\beta$ -glucanos sobre la reducción de las concentraciones plasmáticas de colesterol y del índice glicémico [26]. En este sentido, en una investigación basada en un meta-análisis, se evaluaron los efectos del consumo de  $\beta$ -glucanos sobre el perfil lipídico del ser humano; para ello se incorporaron 10 estudios aleatorios controlados, con un rango de consumo  $\beta$ -glucanos de avena entre 1,1 y 7,6 g/día y con períodos de ingesta desde 18 días hasta 12 semanas, los resultados indicaron una disminución promedio de 5,9 mg/dL (95% CI [3,3-8,4 mg/dL]) de los niveles de colesterol total en los sujetos que consumían  $\beta$ -glucanos. Dicho efecto era mayor cuando los niveles de colesterol iniciales eran mayores a 229 mg/dL y cuando las cantidades de  $\beta$ -glucanos superaban los 3 g/d [27]. Por otra parte, estudios han evaluado la capacidad de los  $\beta$ -glucanos de controlar los niveles de glicemia, ya sea en sujetos sanos o en pacientes con diabetes, de tal manera se observó una disminución significativa de la glicemia e insulinemia post-prandial después del consumo de 4 g de  $\beta$ -glucanos de avena, comparado con el alimento control sin  $\beta$ -glucanos [28].

#### **1.4 Aplicación de la semilla de la chía en matrices alimentarias**

En la actualidad existe una amplia oferta de productos alimenticios en los cuales se ha incorporado la chía, tales como pan multigrano, cereales, pastas, aceites de oliva, y margarinas. Además, existen productos alimenticios y suplementos nutricionales con semillas de chía abogando a sus propiedades nutricionales en el control del colesterol, glucosa en sangre y el control del peso.

La forma más común de consumir chía es con agua, yogurt, ensaladas, zumo de fruta o algún alimento líquido. El grado de hidratación de la chía depende de la matriz alimentaria

en la cual se encuentre, esta puede ser neutra, ácida o básica, pudiendo absorber rápidamente en menos de 10 minutos una gran cantidad de líquido entre 9-12 veces su volumen.

Debido a que el grado de hidratación de la chía influye en los niveles de saciación y saciedad, estos factores pueden ser evaluados tanto de forma objetiva (consumo de alimentos y energía) como de forma subjetiva (autopercepción de las sensaciones relacionadas con el apetito).

Es aceptado en la literatura científica que la saciedad puede medirse de forma subjetiva a través de una escala visual análoga (VAS) que está compuesta por preguntas que evalúan la magnitud o la duración subjetiva del apetito y la saciedad [29]. La escala consta de cuatro preguntas con el fin de evaluar la sensación de hambre, saciedad (sensación de estómago lleno), ganas de comer, y del consumo futuro (cantidad de comida que la persona podría ingerir).

Estos términos se refieren a aspectos complementarios de la motivación para comer y proporcionan una evaluación global subjetiva del apetito. Cuando estas escalas visuales se utilizan en protocolos definidos y reproducibles, depende de los alimentos disponibles y de las condiciones específicas, y pueden estar relacionados con la ingesta de energía. Existen variaciones de la VAS, pero la norma es una línea horizontal de 10 cm.

Durante el estudio se instruye a los participantes a hacer una marca sobre la línea que representa a sus sensaciones. La sensación subjetiva se cuantifica midiendo la distancia desde el extremo izquierdo y derecho de una línea recta (generalmente de 100 mm de longitud), en donde los estados opuestos se especifican en cada extremo de esta línea. Uno referente a tener “extremadamente hambre” y el otro extremo a “no tener hambre en lo absoluto” [29].

La manera más difundida de medir niveles de apetito y saciedad de forma objetiva es cuantificando la cantidad de alimentos consumidos por una persona en condiciones controladas en laboratorio. Debido a que la ingesta de alimentos puede ser influenciada por numerosos factores ambientales se mantienen lo más constante posible y en condiciones estandarizadas. Con el fin de medir la saciedad, se presentan los alimentos estudiados ad libitum (en cantidades ilimitadas) a los sujetos permitiéndoles comer hasta sentirse satisfechos. Existen diversos diseños metodológicos presentando los alimentos como una pre-carga, comida ensayo, ad libitum, dependiendo de cómo se quiera medir la eficiencia saciadora del alimento [30].

En paralelo y con las medidas de comportamiento, el uso de biomarcadores, tales como glucosa en la sangre o los niveles de las hormonas implicadas en la regulación a corto plazo del balance energético, también proporcionan indicadores objetivos respecto a la situación de saciación/ saciedad del individuo.

En vista de todo lo anteriormente expuesto, en este trabajo de investigación se llevará a cabo un análisis de las características de la semilla de chía, poniendo especial atención a sus propiedades de hidratación y como estas se pueden relacionar con la percepción de saciación /saciedad en adultos jóvenes.

## **2 Objetivo general**

Asociar las propiedades de la chía hidratada en diversas matrices alimentarias con los niveles de saciedad en adultos jóvenes sanos.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Identificar el grado de hidratación de la semilla de chía en diferentes matrices alimentarias.
- Analizar los cambios de viscosidad del mucílago hidratado en distintas matrices alimentarias.
- Evaluar el efecto de la chía hidratada en distintas matrices alimentarias sobre los niveles de saciedad de adultos jóvenes sanos.

### **3 METODOLOGÍA**

Para realizar tanto las pruebas de laboratorio como la prueba clínica, primero se realizó la selección de la semilla de chía con un único proveedor para no tener variación en la especie de la semilla, se utilizó la marca Benexia, por ser una marca ya reconocida que trabaja con chía (*Salvia Hispánica L.*) proveniente de cultivos de los valles de Santa Cruz, Bolivia. Después se realizó la selección de las tres matrices alimentarias con distinto pH que fueran representativas de la forma más habitual de consumir este producto.

Las tres matrices fueron: leche descremada 0% de materia grasa con Ph básico, se utilizó leche líquida ya que presenta una mayor penetración en la población que la leche en polvo y su nivel de preferencia es igualmente alto a través de todos los estratos sociales, se seleccionó la marca soprole por ser la de mayor consumo en la población chilena y no tener adición de emulsionantes. La selección de la matriz jugo de naranja sin azúcar añadida con Ph ácido, se utilizó la marca watt's por ser la de mayor consumo en la población chilena, y por último la matriz agua destilada y agua cuyo Ph es neutro.

#### **3.1 Determinación del grado de hidratación de la semilla de chía en tres matrices alimentarias**

La capacidad de absorber agua de la semilla de chía, fue medida en las tres matrices alimentarias ya mencionadas. Previo a la hidratación de la semilla de chía se determinó el potencial de hidrogeno (pH) de las distintas matrices alimentarias. Para ello se utilizó un pH metro calibrado con los tampones de pH 7 y pH 10, posteriormente en un vaso precipitado

se agregaron 100 ml de cada matriz alimentaria: agua destilada, leche descremada y jugo de naranja y se procedió a medir el pH de las matrices.

El grado de hidratación de la semilla de chía en estas matrices fue determinado mediante el método descrito por Sciarini et al., 2009, en donde 0,25g de semilla de chía dispuestos en un tubo de ensayo fueron mezclados con 10 mL de agua destilada en agitación por 2 horas a 20°C para completar la hidratación. Transcurrido este tiempo se centrifugó el tubo a 1600 rpm por 10 minutos para lograr la separación del sólido y así lograr descartar el agua sobrante. La semilla hinchada se pesó y su capacidad de absorber agua se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$WHC = WS - WO / WO$$

Donde **WS** y **WO** son los pesos de la muestra hinchada (g) y la muestra seca (g), respectivamente [31].

Posteriormente se repitió este método reemplazando el agua por una matriz alimentaria ácida utilizando jugo de naranja y por una matriz alimentaria básica donde se utilizó leche descremada.

### **3.2 Determinación de la viscosidad de la semilla de chía en distintas matrices alimentarias**

Se determinó la viscosidad de la semilla de chía en tres matrices alimentarias (agua destilada, leche y jugo de naranja). Para ello se pesaron 10 g de chía y se le agregaron 270 mL de cada matriz en un vaso precipitado de 500 mL. Se dejaron hidratar por 2 h a temperatura de refrigeración, 5°C. Transcurrido este tiempo se midió la viscosidad de las

dispersiones alimentarias por medio de un viscosímetro (Brookfield, Viscometer). Para ello, cada una de las muestras fue puesta en un baño termorregulador a 40°C y a 15°C, y mediante un vástago puesto dentro del vaso precipitado con la matriz /chía, se registró el valor de viscosidad del fluido o matriz en análisis según lo indicó el equipo (valor centipoise = Cp). La medición de la viscosidad se realizó tanto a la muestra con sólidos en suspensión y en muestra filtrada. La medición se realizó por triplicado para cada muestra de chía hidratada en cada matriz alimentaria.

### **3.3 Evaluación de los niveles de saciedad de la chía hidratada en distintas matrices alimentarias**

Este objetivo se llevó a cabo a través de individuos voluntarios que indicaron su percepción de saciedad tras ingerir la chía hidratada por 2 horas en las distintas matrices alimentarias haciendo uso de una escala EVA de 10 cm (Basualto et al., 2008).

La evaluación tuvo una duración de 6 semanas, donde se dividieron en grupos de 10 personas grupo 1 y grupo 2 y se citaron al grupo semana por medio.

La primera semana se citó al grupo 1 al laboratorio de alimentos de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso, en ayunas de 8 a 10 horas, a las 08 AM, donde se chequearon las condiciones de ayuno.

En el laboratorio se les explicó en detalle el propósito general y procedimientos del estudio firmando un consentimiento informado en donde aceptan ser voluntarios para este estudio.

Luego de esto se les entregó de manera aleatoria una porción (volumen resultante de 10g chía hidratada en 100 ml de agua, jugo o leche) de estas combinaciones de chía previo reposo refrigerado de 2 horas, los que debieron ingerirla en su totalidad e indicar de manera individual sobre una EVA, que tan saciados se encontraron inmediatamente antes del consumo de la combinación de chía asignada y que tan saciados se sintieron inmediatamente después del consumo de esta combinación, y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2 horas, permaneciendo en el laboratorio sin consumir ningún otro alimento. Este procedimiento se repitió en 3 ocasiones, semana por medio. Una vez finalizado se les entregaron colaciones a los participantes.

La segunda semana se citó al grupo 2 al laboratorio de alimentos de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Valparaíso, en ayunas de 8 a 10 horas, a las 08 AM, donde se chequearon las condiciones de ayuno.

En el laboratorio se les explicó en detalle el propósito general y procedimientos del estudio firmando un consentimiento informado en donde aceptan ser voluntarios para este estudio. Luego de esto se les entregó de manera aleatoria una porción (volumen resultante de 10g chíá hidratada en 100 ml de agua, jugo o leche) de estas combinaciones de chíá previo reposo refrigerado de 2 horas, los que debieron ingerirla en su totalidad e indicar de manera individual sobre una EVA, que tan saciados se encontraron inmediatamente antes del consumo de la combinación de chíá asignada y que tan saciados se sintieron inmediatamente después del consumo de esta combinación, y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2 horas, permaneciendo en el laboratorio sin consumir ningún otro alimento. Este procedimiento se repitió en 3 ocasiones, semana por medio. Una vez finalizado se les entregaron colaciones a los participantes.

Las variables se medirán en tres combinaciones de chíá y matriz alimentaria:

- 10 g de chíá + 100 mL de agua destilada (neutra)
- 10 g de chíá + 100 mL de jugo de naranja (ácida)
- 10g de chíá +100 mL de leche descremado 0% materia grasa (básica)

Los Criterios de Inclusión: adultos jóvenes de 20 a 40 años de edad, de ambos sexos, sanos  
Criterios de Exclusión: mujeres embarazadas, individuos con problemas gastrointestinales, fumadores, o que estén con regímenes hipocalóricos o restrictivos en macronutrientes, intolerantes a la lactosa.

Para el análisis estadístico del grado de hidratación y viscosidad de la semilla de chía en las tres matrices alimentarias se determinó usando t-test no paramétrico de Mann Whitney. Se consideró valores de  $p < 0,05$  como estadísticamente significativos.

El análisis estadístico de las apreciaciones de saciedad fue evaluado mediante test de ANOVA y post-test de Bonferroni. Los datos obtenidos fueron analizados en función de la percepción de saciedad de los voluntarios v/s el momento de consumo de la combinación de chía (antes, inmediatamente después del consumo de la combinación, y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2 horas), con cada una de las matrices alimentarias analizadas. Los resultados se expresaron en promedios. Se consideró valores de  $p < 0,05$  como estadísticamente significativos.

## 4 RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados experimentales tras llevar a cabo la metodología propuesta para el desarrollo de los objetivos de este trabajo.

### 4.1 Determinación del grado de hidratación de la semilla de chía

Se determinó la capacidad de hidratación de la semilla de chía en tres matrices alimentarias: agua destilada, jugo de naranja y leche descremada. Previo a la hidratación de la semilla se determinó el pH de estas matrices alimentarias, los valores se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Valores de pH de las matrices alimentarias.**

<b>Matriz alimentaria</b>	<b>pH</b>
<b>Agua</b>	<b>5,45</b>
<b>Leche descremada</b>	<b>6,6</b>
<b>Jugo de naranja</b>	<b>3,47</b>

Se estableció que el pH de las matrices alimentarias se encuentra en un intervalo entre 3.47 y 6.6, siendo la matriz de jugo de naranja el más ácido pH 3.47, seguida por el pH 5,45 del agua y la matriz de leche con un pH 6,6.

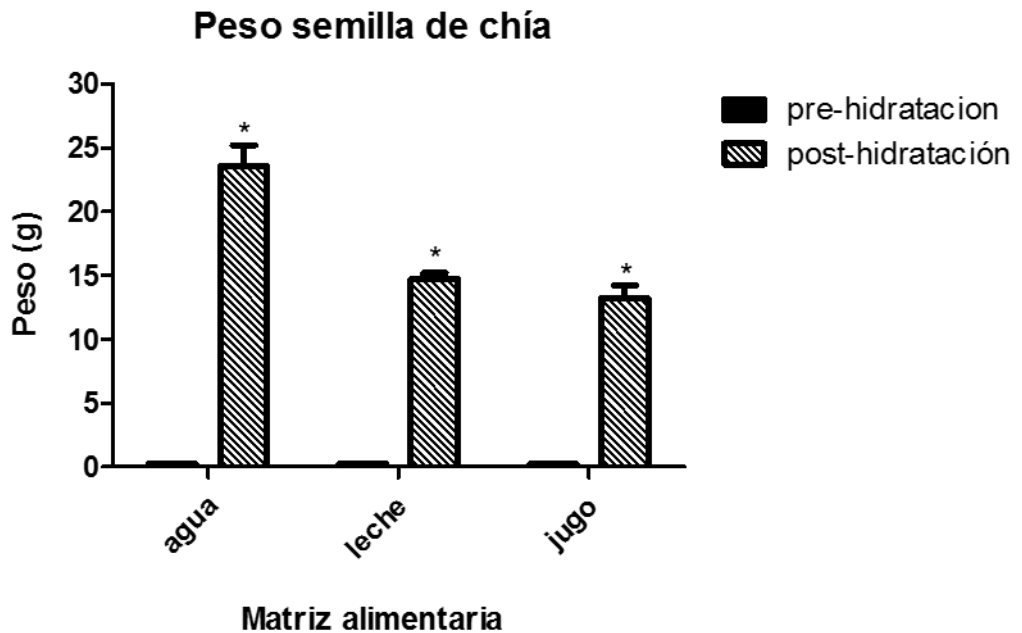
La semilla de chía se pesó antes y después de la hidratación con cada matriz (Tabla 2, Figura 2).

**Tabla 2. Peso de la semilla de chía antes y después de ser hidratada en las distintas matrices alimentarias.**

<b>Matriz alimentaria</b>	<b>Peso Antes de la hidratación (<math>\bar{x}</math>)</b>	<b>Peso Después de la hidratación (<math>\bar{x}</math>)</b>	<b>Valor P</b>	<b>Índice WHC* (<math>\bar{x}</math>)</b>
<b>Agua</b>	<b>0,25 g</b>	<b>23,6 g</b>	<b>0,05</b>	<b>95,6</b>
<b>Jugo de naranja</b>	<b>0,25 g</b>	<b>13,2 g</b>	<b>0,05</b>	<b>52</b>
<b>Leche</b>	<b>0,25 g</b>	<b>14,7 g</b>	<b>0,05</b>	<b>57,8</b>

\*  $WHC = WS - WO / WO$

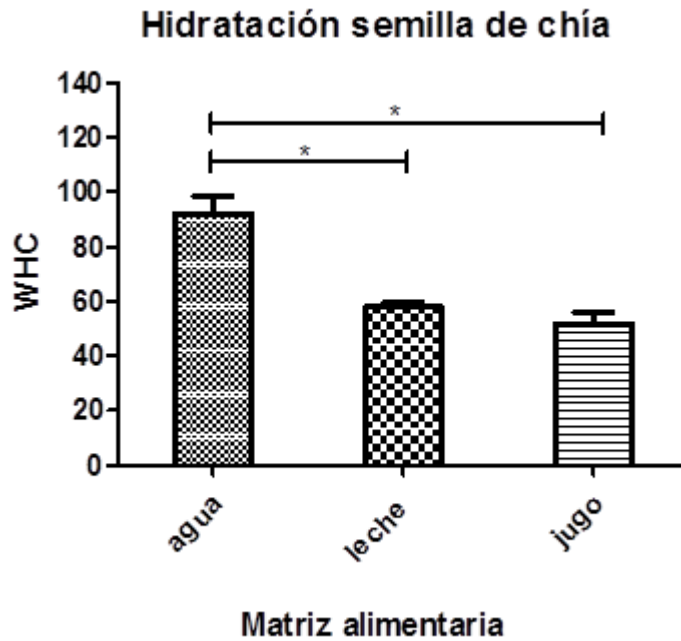
WS: Muestra Hinchada WO: muestra Seca



**Figura 2. Peso de la semilla de chía hidratada.** Se registraron las variaciones en el peso de la semilla antes y después de ser sometida a cada una de las matrices de hidratación. n=3. Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre muestras pre y post hidratación de cada matriz se determinaron usando t-test no paramétrico de Mann Whitney.

Posteriormente se determinó el índice WHC, (Figura 3). Los resultados muestran que tras la hidratación de la semilla de chía en las tres matrices alimentarias su peso aumentó desde 0.3g promedio hasta 23,6g promedio, para el caso de la semilla hidratada en agua; este peso fue el de mayor aumento observado entre las matrices analizadas. El nivel de hidratación (WHC) alcanzado por la semilla de chía en la matriz agua obtuvo una diferencia estadística mayor con respecto a las matrices leche y jugo de naranja. La hidratación de la semilla de

chía en las matrices leche y jugo de naranja no mostró diferencias significativas entre ellas (Figura 3).



**Figura 3. Hidratación de la semilla de chía.** Se evaluó el índice de WHC de la semilla de chía según las matrices usadas. n=3. Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre cada matriz alimentaria se determinaron usando t-test no paramétrico de Mann Whitney.

#### 4.2 Determinación de la viscosidad de la semilla de chía en distintas matrices alimentarias

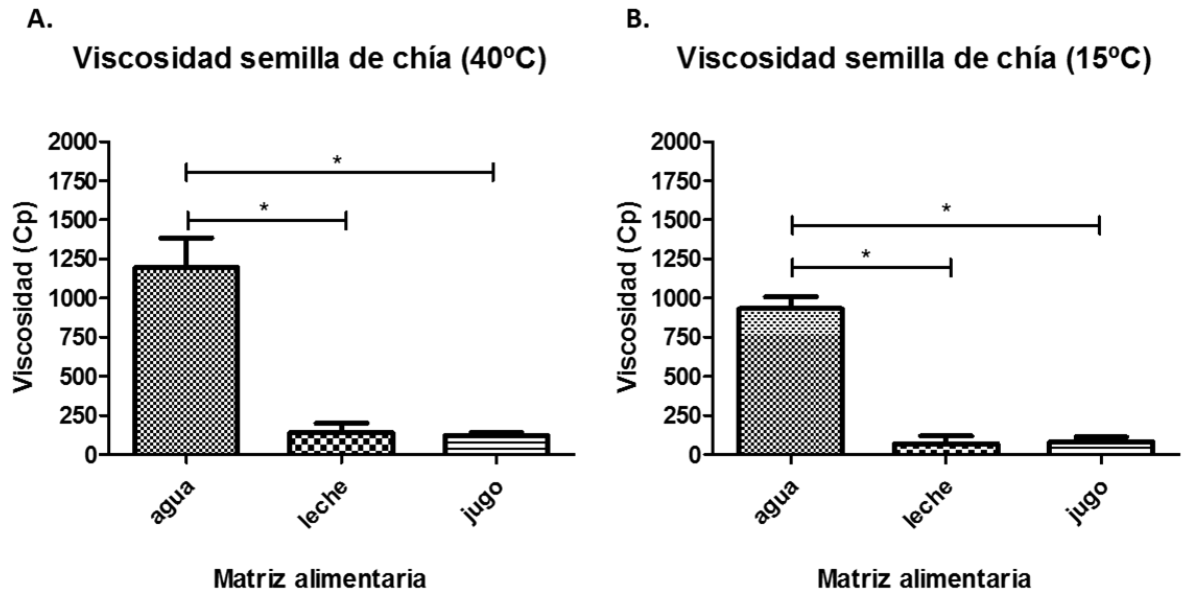
Se determinó la viscosidad de las dispersiones de la semilla de chía hidratada en tres matrices alimentarias (agua destilada, leche y jugo de naranja). Se midió la viscosidad de la muestra filtrada y de la matriz con sólidos en suspensión (Tabla 2).

**Tabla 2. Valores de viscosidad de la semilla hidratada en tres matrices alimentarias.**

Matriz alimentaria	Viscosidad (Cp)40°C	Viscosidad (Cp)15°C T° Amb.	Viscosidad (Cp) 40°C
	Sólidos en suspensión	Sólidos en suspensión	Muestra filtrada
Agua	1196,6 ± 326,2	933,3 ± 75,1	71,1 ± 22,1
Jugo de naranja	122,6 ± 104,2	83,3 ± 29	5,54 ± 1,91
Leche	139,9 ± 29,8	83,3 ± 49,1	3,33 ± 0

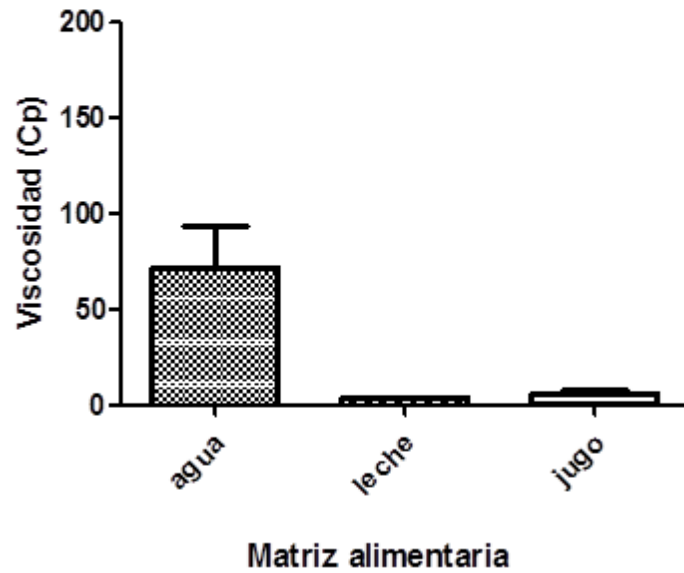
La viscosidad alcanzada por la matriz agua/chía fue significativamente mayor a la viscosidad observada en las otras dos matrices (leche/chía y jugo/chía) medida a 40°C en sólidos en suspensión (Figura 4A). Las matrices leche/chía y jugo/chía mostraron viscosidades con variaciones no significativas entre sí. La viscosidad de la matriz agua /chía medida a 15°C (Figura 4B) también fue estadísticamente significativa con respecto a las matrices leche /chía y jugo /chía, para las otras dos matrices alimentarias no se observó diferencia significativa entre las dos y la menor viscosidad fue observada en el matriz jugo /chía. En cuanto a los valores de viscosidad de la muestra filtrada, estos fueron mucho menores a los valores de viscosidad observados en las muestras en suspensión en las tres

matrices analizadas, y no mostraron variaciones estadísticas significativas entre ellas (Figura 5).



**Figura 4. Viscosidad de la semilla de chíá hidratada.** Niveles de viscosidad (sólidos en suspensión) de matriz alimentaria (agua, leche, jugo) mezclada con semilla de chíá medido a 15°C (A) y a 40°C (B) (n=3). Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre cada matriz alimentaria se determinaron usando t-test no paramétrico de Mann Whitney.

**Viscosidad semilla de chía (40°C)  
Muestra filtrada**



**Figura 5.** Viscosidad de la semilla de chía hidratada. Niveles de viscosidad (muestra filtrada) de matriz alimentaria (agua, leche, jugo) mezclada con semilla de chía a 40°C (n=3).

### **4.3 Evaluación de los niveles de saciedad de la chía hidratada en distintas matrices alimentarias**

Los niveles de saciedad de la chía medidos en una Escala Visual Análoga (EVA) de 10 cm, determinaron la percepción del apetito (hambre), la saciedad, deseo de ingerir alimento y la sensación de sed de 23 voluntarios tras ingerir chía hidratada en tres matrices alimentarias, agua/chía, leche/chía y jugo de naranja/chía. En esta escala de percepción los individuos indicaron que tan saciados se sintieron inmediatamente antes del consumo de la cada combinación de chía, que tan saciados se sintieron inmediatamente después del consumo de esta combinación y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2h.

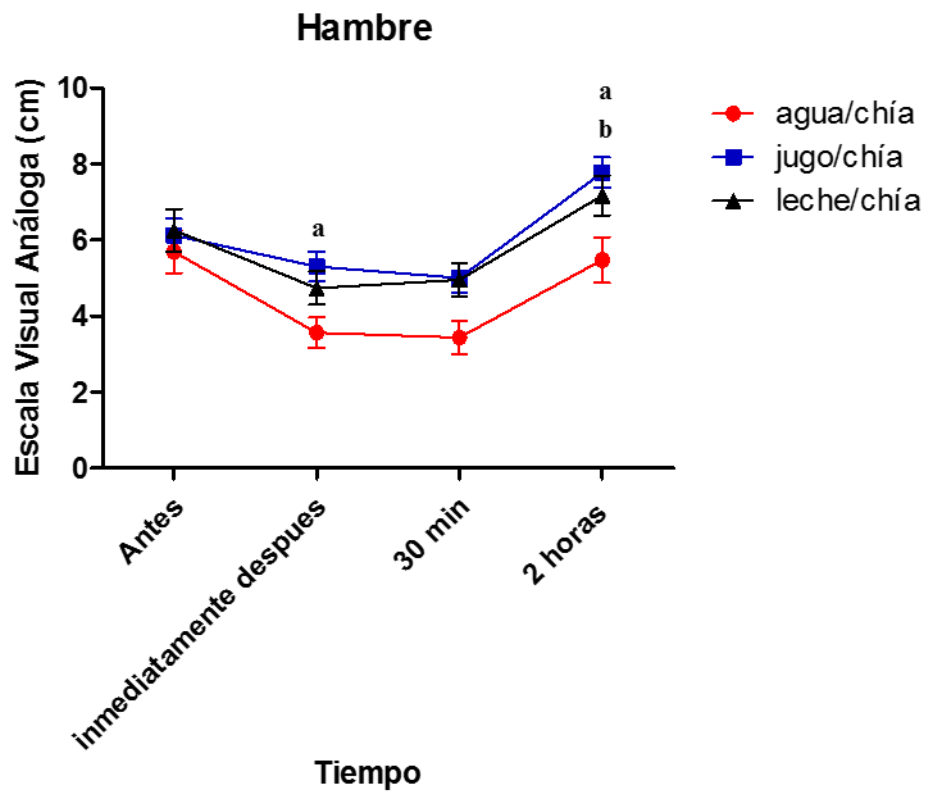
La percepción de los voluntarios tras ingerir las matrices con chía muestra que el hambre percibida con la matriz chía/agua fue significativamente menor inmediatamente después de ingerida que la percepción de hambre tras ingerir la matriz jugo/chía, y esta percepción sigue siendo menor después de 2 horas respecto a las matrices jugo /chía y leche/chía (Figura 6).

La sensación de saciedad evaluada por los individuos en la matriz chía/agua en la escala EVA, fue más alto que la saciedad que percibieron con respecto a las otras dos matrices consultadas inmediatamente después de ingeridas, 30 minutos después la saciedad fue significativamente mayor con respecto a la matriz chía/jugo y transcurridas 2 horas del estudio los voluntarios registraron una diferencia significativa en cuanto a una mayor saciedad con respecto a la percibida con las otras dos matrices (Figura 7).

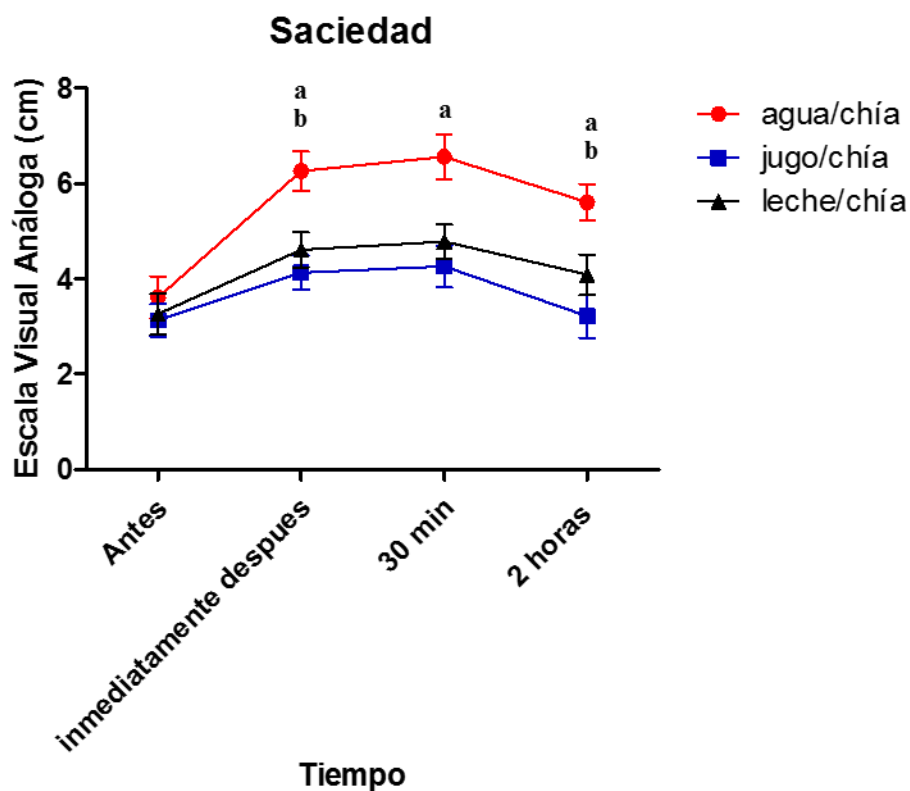
El deseo de consumir más alimento luego de ingerida cada una de las matrices evaluadas, fue significativamente menor inmediatamente después y a los 30 minutos de ingerida para la muestra chía /agua con respecto a la matriz chía/jugo de naranja.

Transcurridas las dos horas del análisis los voluntarios tras consumir chía/ agua percibieron un significativo menor deseo de volver a comer que lo percibido con respecto al consumo de jugo/chía y leche /chía (Figura 8).

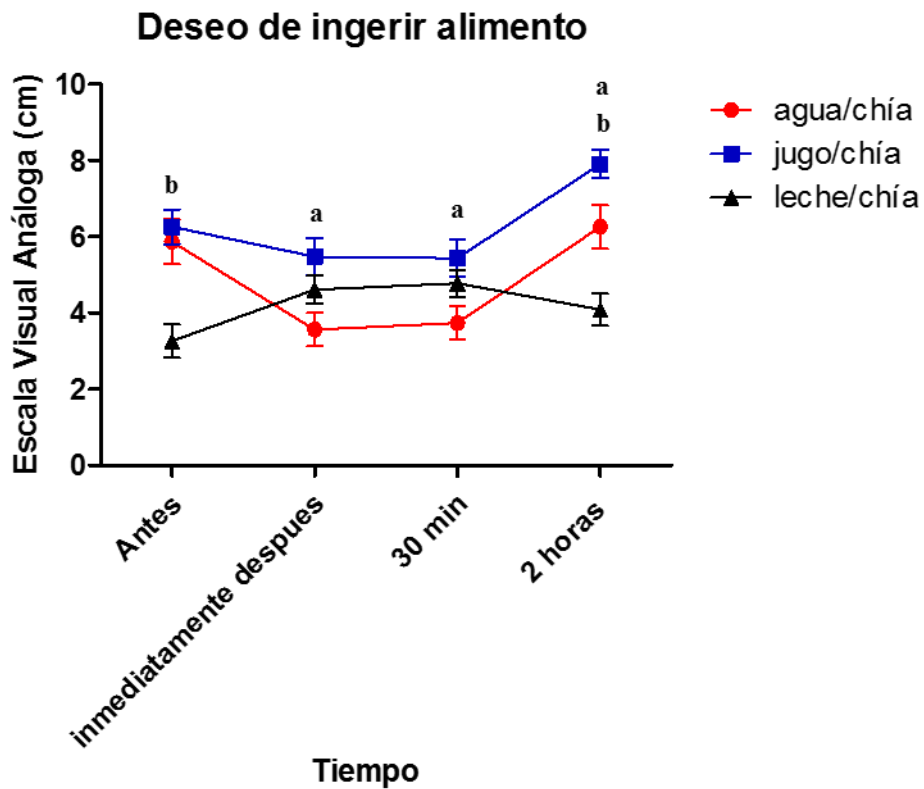
La percepción de sed de los individuos consultados tras el consumo de las tres matrices con chía hidratada no mostró diferencias significativas entre ellas antes y después de su ingestión. Sin embargo, se pudo observar una leve disminución de la sed para el caso del consumo de chía /agua en comparación con las otras dos matrices (Figura 9).



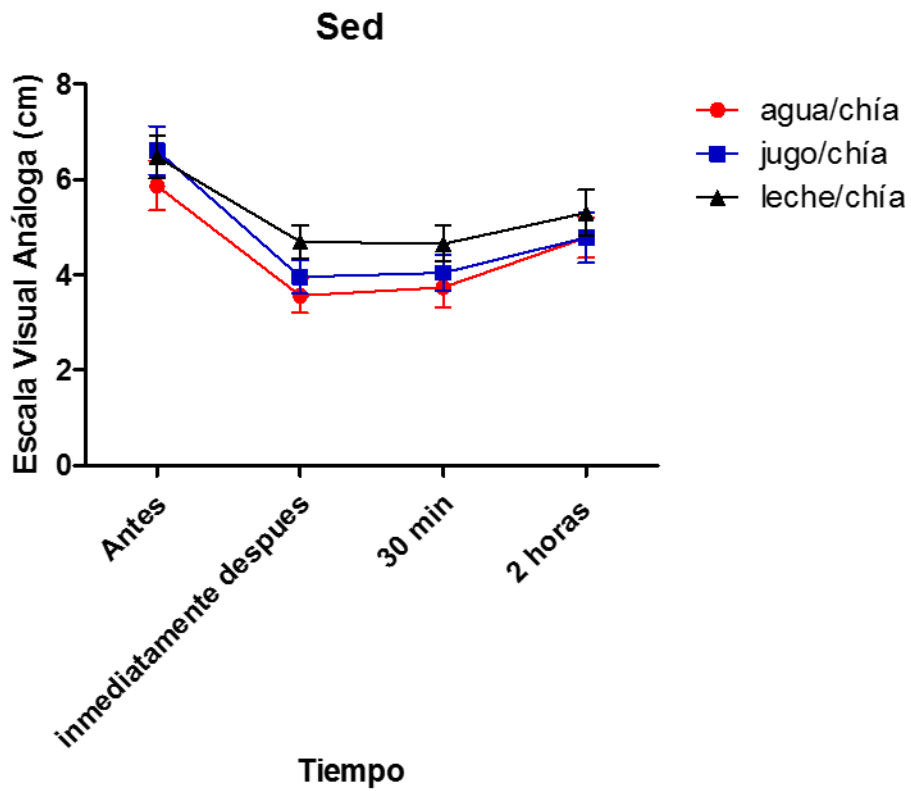
**Figura 6. Percepción de hambre de chíá hidratada.** Percepción de hambre en una escala EVA. Se midió la percepción de hambre de los voluntarios antes del consumo de la combinación de chíá asignada, inmediatamente después del consumo de esta combinación, y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2h. Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) de cada tiempo se determinó usando ANOVA seguido por un post test de Bonferroni según se indica como sigue: **a, agua v/s jugo; b, agua v/s leche; c, jugo**



**Figura 7. Percepción de saciedad de chíá hidratada.** Percepción de saciedad en una escala EVA. Se midió la percepción de saciedad de los voluntarios antes del consumo de la combinación de chíá asignada, inmediatamente después del consumo de esta combinación, y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2h. Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) de cada tiempo se determinó usando ANOVA seguido por un post test de Bonferroni según se indica como sigue: **a, agua v/s jugo; b, agua v/s leche; c, jugo v/s leche.**



**Figura 8. Percepción de deseo de ingerir alimento.** Percepción del deseo de ingerir alimentos en una escala EVA. Se midió la percepción de volver a ingerir alimentos de los voluntarios antes del consumo de la combinación de chíá asignada, inmediatamente después del consumo de esta combinación, y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2h. Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) de cada tiempo se determinó usando ANOVA seguido por un post test de Bonferroni según se indica como sigue: **a, agua v/s jugo; b, agua v/s leche; c, jugo v/s leche.**



**Figura 9.** Percepción de sed Percepción de sed en una escala EVA. Se midió la percepción de sed de los voluntarios antes del consumo de la combinación de chíá asignada, inmediatamente después del consumo de esta combinación, y cada 30 minutos posteriores hasta completar 2h.

## 5 DISCUSIÓN

En el presente trabajo se llevó a cabo un análisis de las propiedades de la semilla de chía hidratada en tres matrices alimentarias: agua destilada, jugo de naranja, leche descremada y su relación con los niveles de saciedad en adultos jóvenes sanos.

Se analizaron tres diferentes combinaciones de chía hidratada: chía /agua, chía /leche y chía /jugo de naranja. Se analizó el pH de las matrices antes de ser agregada la semilla de chía y se registró el peso de la semilla antes y después de ser hidratada en estas matrices, su capacidad de hidratación y la viscosidad de las matrices luego de ser añadida la semilla.

Luego de analizar las características de la semilla de chía hidratada en las matrices antes mencionadas, se realizó una evaluación de la saciedad generada por estas combinaciones tras ser ingeridas por individuos voluntarios mediante una medición de percepción EVA. Se evaluaron los efectos de la hidratación de la semilla de chía y su relación con parámetros como el hambre, la saciedad, el deseo de ingerir alimento y sed tras su ingestión.

Se observó que, de las tres matrices de hidratación analizadas, el agua destilada fue la mejor evaluada, generando el mayor aumento del peso, así como el índice de hidratación WHC más alto. Esto se puede atribuir a las características fisicoquímicas del mucílago de la chía, el cual al ser un polisacárido aniónico, cuyo mecanismo es interactuar con las moléculas de carga positiva, al momento en que el compuesto entra en contacto con el agua, libera sus hidrógenos, lo que provoca una separación de la cadena polisacárida y se generan espacios entre los mismos modificándose la estructura. Esto permite que las moléculas de agua ocupen estos nuevos espacios y se incremente el peso de la muestra [32]. Por otro lado la eficiente

capacidad de absorber agua por parte de la semilla de chía es importante desde el punto de vista digestivo, pues una vez ingerida en una matriz como el agua, contribuiría a aumentar el volumen del bolo alimenticio, aumentando la distensión gástrica generando una mayor sensación de saciedad, retrasando el vaciado gástrico, tal como se ha descrito en la digestión de fibras solubles o viscosas como los  $\beta$ -glucanos o el mucílago [24].

El nivel de viscosidad de los sólidos en suspensión de la matriz agua/chía, mostró un aumento estadísticamente significativo en comparación con el mucílago producido en las otras dos matrices. Este efecto puede estar relacionado al pH de la matriz en donde está mezclada la semilla de chía. En el matriz jugo de naranja/chía, la viscosidad del mucílago de la chía se ve afectado principalmente por la acidez, la disminución del pH del compuesto provoca una pérdida de la consistencia de la mezcla, pues los hidrógenos positivos catalizan la hidrólisis de los enlaces glicosídicos entre los monosacáricos de la cadena principal del polímero, denaturando la estructura original, afectando las propiedades del gel. Las matrices con una mayor consistencia son aquellas que no tienen pHs ácidos ya que no pierden su estructura, manteniendo sus propiedades reológicas. Por lo tanto, un cambio en el pH afecta directamente la consistencia de la matriz, dando como resultado bajas viscosidades en medios ácidos [33]. Cabe destacar que la manera más habitual de consumo de la semilla de chía no es mezclarla con agua, si no en yogurt, leche o en ensaladas sin una previa hidratación por lo tanto no se estaría consumiendo en una matriz que optimiza su capacidad de viscosidad y tampoco sus propiedades funcionales. Por otro lado, tanto a 40°C como a 15°C las medidas de viscosidad del agua/chía se mantuvieron más altas que para las otras dos matrices. Estas temperaturas evaluadas son importantes desde el punto de vista de consumo e ingestión, la viscosidad observada a 15°C o temperatura ambiente es la temperatura en la que se encuentra

la mezcla de chía/agua normalmente cuando una persona la prepara para consumirla, y la segunda temperatura evaluada ,40°C es cercana a la temperatura en la cual se llevará a cabo la digestión, pues en el estómago, donde existe una temperatura interna de 37°C, una mezcla chía/ agua al ser ingerida mantendría estable esta viscosidad, y no disminuiría por efecto del aumento de temperatura durante el proceso de llenado del estómago, ayudando a mantener la sensación de saciedad por más tiempo durante la digestión y retrasando la ingestión de alimento a corto plazo. Cuando se analizó la viscosidad de la muestra filtrada, esta fue mucho menor en las tres matrices en comparación a lo visto en la viscosidad con los sólidos en suspensión, de este modo se determinó que la ausencia de la semilla en la matriz filtrada, implicó una disminución de la viscosidad otorgada por la semilla a la muestra. Cuando la semilla de chía entra en contacto con la matriz, da lugar a la formación de una red tridimensional estabilizando la solución y generando una mayor consistencia [33]. Por el contrario, al filtrar la muestra separando el mucílago de la semilla de chía ejerciendo fuerza, puede haber aumentado la fluidez de la solución, disminuyendo su viscosidad. En este sentido, se considera a la chía como un biopolímero con flujo pseudoplástico no newtoniano, en donde a medida que aumenta su velocidad de deformación, las moléculas que se encuentran ramificadas, toman una forma lineal aumentando su fluidez y reduciendo la viscosidad [32, 33].

El estudio de percepción de saciedad en individuos voluntarios, mostró que después de ingerir la muestra de chía /agua, los individuos sintieron la menor sensación de hambre de las tres matrices ingeridas, lo que podríamos relacionar con lo visto anteriormente, en donde la mayor hidratación y viscosidad lograda por la semilla de chía estuvo dada en la matriz agua, estos factores podrían haber causado que los individuos prolongaron su sensación de

estar satisfechos durante todo el tiempo en que fueron evaluados, esto sumado al hecho de que los individuos disminuyeron su deseo de volver a ingerir alimento tras consumir chía/agua durante las 2 horas de duración del estudio. En cuanto a la sed de los individuos consultados, aunque no mostró variación estadísticamente significativa según la matriz ingerida, si fue posible observar que esta disminuyó en cierto grado tras la ingestión de agua / chía, y aumenta hacia el final del estudio, este hecho se puede relacionar con que el agua como matriz no aporta azúcar que pudiese influir en generar sensación de sed.

La relación entre saciedad y la ingestión de matrices mucilaginosas, ha sido analizada en otras semillas de incorporación común en la dieta alimentaria. El análisis de la capacidad de viscosidad de las semillas y fibras ha sido ligado a las propiedades de hidratación del contenido de b-glucanos. Un estudio realizado en salvado de avena y su efecto en la saciedad fue evaluado incorporándolo en una matriz de jugo en diferentes cantidades (4 a 8 g de b-glucanos) durante el desayuno [34]. Las sensaciones asociadas con el hambre y la saciedad se evaluaron en mujeres utilizando escalas EVA antes y después de la ingestión del desayuno y cada 30 min hasta 3 h post- ingesta. Los resultados de este estudio indicaron que la adición de salvado de avena (8 g de b-glucanos) al jugo, fue la más efectiva en la saciedad y los sentimientos relacionados a la saciedad. En este mismo estudio se determinó también que agregar salvado a una matriz líquida, en este caso jugo, permitió una mayor sensación de saciedad frente al consumo de avena (8 g de b-glucanos) suministrado en forma de galleta, dando cuenta de lo favorable de la mezcla de b-glucanos en matrices líquidas.

Otro estudio analizó la capacidad de diferentes tipos de fibra dietética en la regulación de la ingesta energética y la saciedad [21]. Mediante escala EVA se evaluó a voluntarios durante 120 min, en donde ingirieron una bebida sin fibra, una bebida con 7.8 g de goma

guar, una bebida con 10.5 g de b-glucano de avena y 2,4 g de fibra en pan de trigo. Los resultados indicaron que la bebida con b-glucanos mostró un aumento significativo de la saciedad percibida y disminuyó el deseo de comer algo más en comparación a las otras bebidas analizadas y a la ingesta del pan de trigo. Los autores concluyeron que las bebidas más fibra dietética pueden mejorar la sensación de saciedad y en mayor cantidad si está constituida por b-glucanos, y, por otro lado, la fibra presente en un sólido (pan de trigo) fue menos efectiva para la saciedad que la mezclada en matrices líquidas.

Como hemos visto la capacidad de los b-glucanos de aumentar la viscosidad de los alimentos, específicamente en matrices líquidas, es un factor clave en la mayor percepción de saciedad. Otra semilla que ha sido estudiada por su valor alimenticio es la semilla de linaza. Esta semilla al igual que la semilla de chía contiene un alto contenido de fibra dietética (28% de su peso), con una relación de 75% de fibra insoluble y 25 % de fibra soluble (36). Debido a su alto contenido en fibra soluble, en contacto con el agua forman un retículo donde quedan atrapadas, dando origen a soluciones de gran viscosidad cuyos efectos caen en el metabolismo de los lípidos, pudiendo reducir el colesterol LDL, además puede afectar la secreción de insulina y controlar los niveles de la glucosa en el plasma (37). Un estudio realizado en mujeres con una reciente operación bariátrica demostró que la ingesta de la linaza dorada integral (rica en ácidos grasos poliinsaturados y fibra) incorporada en una matriz sólida, ayudó a mantener una alta sensación de saciedad durante 3 horas post-consumo, esta sensación fue mayor que la percibida tras la ingesta de semillas ricas solo en fibras (38). Esto es interesante ya que la semilla de chía, posee un alto porcentaje de Omega 3, entre otros ácidos grasos poliinsaturados, lo que sumado a su alto contenido de fibra podría contribuir en conjunto a aumentar los niveles de saciedad.

Se vuelve relevante la incorporación de elementos en la dieta con una eficiente capacidad de producir viscosidad en los alimentos ingeridos. De este modo, los resultados de este trabajo de tesis han mostrado que la semilla de chía posee una alta eficacia como formadora de viscosidad en la matriz agua, por lo que su aplicación en la dieta serviría para aumentar la saciedad, lo que ayudaría a una menor ingesta de alimentos y disminución del apetito en la población general.

## Conclusiones

Considerando todos los aspectos antes mencionados, podemos decir que los resultados de este trabajo de tesis desarrollados tanto en el laboratorio, así como el trabajo realizado con los individuos, permiten concluir que:

- De las tres matrices alimentarias usadas para mezclar la semilla de chía, la que mejor destacó las características analizadas (peso, hidratación, viscosidad) fue el agua, con la cual se registró el mayor aumento de volumen de la chía, logró la mejor hidratación y la más alta viscosidad.
- La matriz que generó la mayor saciedad entre los voluntarios en este estudio fue la matriz chía /agua, sensación que duró más tiempo, generó menos hambre y menos ganas de volver a comer a corto plazo en los voluntarios. Esto se relacionaría con las características otorgadas por el agua a las semillas hidratadas mencionadas en el punto anterior.
- Debido al bajo pH registrado en el matriz jugo de naranja, esta al ser mezclada con la semilla de chía se reduce la consistencia del gel, ya que se desnaturaliza la estructura original, afectando las propiedades de viscosidad. Las matrices con una mayor consistencia o viscosidad son aquellas que no tienen pHs ácidos pues no pierden sus estructuras y mantienen sus propiedades reológicas, por lo tanto, un cambio en el pH afecta directamente la consistencia, dando como resultado bajas viscosidades en medios ácidos.
- A pesar de que el mucílago puro es el que tiene mayor aplicación a nivel industrial es recomendable mantenerlo con la semilla. De esta manera se pueden aprovechar sus propiedades nutricionales y funcionales presentes tanto en el gel como en la semilla. Pudiendo obtener un producto que potencie sus propiedades de hidratación y viscosidad que

genere un mayor nivel de saciedad, controlando la ingesta de alimentos y a largo plazo disminuir los índices de obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles en la población en general.

- Se recomienda seguir con investigaciones sobre la semilla de la chía para determinar qué tan factible es su aplicación en la industria alimentaria como un ingrediente adicional que pueda generar mayor saciedad en los individuos en su consumo.

## 6 REFERENCIAS

1. Ayerza R, Wayne Coates. 2006. *Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas*
2. Cahill JP, Provance MC. 2002. Genetics of qualitative traits in domesticated chia (*Salvia hispanica* L.). *J Hered* 93: 52-5
3. Muñoz LA, Cobos, A., Diaz, O., Aguilera, J. M. . 2012. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*: 216–24.
4. Ayerza R. 1995. Oil Content and Fatty Acid Composition of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Five Northwestern Locations in Argentina. *Journal of the American Oil Chemists'Society*, 9: 971-1090
5. Silveira Rodríguez MB, Monereo Megías, S., & Molina Baena, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos? *Revista Española de Salud Pública*, 77,317-331.
6. Ayerza R. 2009. The seed's protein and oil content, fatty acid composition, and growing cycle length of a single genotype of chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by environmental factors. *J Oleo Sci* 58: 347-54
7. Muñoz LA, Cobos A, Diaz O, Aguilera JM. 2013. Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food. *Food Reviews International* 29: 394-408
8. US Department of Agriculture Release 27: Basic Report: 12006. Report Date M, 2015. 2004. Seeds, chia seeds, dried. Nutrient Database for Standard Reference. *Release 27: Basic Report: 12006. Report Date, March 16, 2015*
9. Korhonen H. 2009. Milk-derived bioactive peptides: From science to applications. *Journal of Functional Foods* 1: 177-87.
10. Blundell J. 2010. Making claims: functional foods for managing appetite and weight. *Nat Rev Endocrinol* 6: 53-6
11. Blundell JE, Lawton CL, Cotton JR, Macdiarmid JI. 1996. Control of human appetite: implications for the intake of dietary fat. *Annu Rev Nutr* 16: 285-319
12. Blundell JE, Hill AJ. 1987. Nutrition, serotonin and appetite: case study in the evolution of a scientific idea. *Appetite* 8: 183-94
13. Cummings DE. 2006. Ghrelin and the short- and long-term regulation of appetite and body weight. *Physiol Behav* 89: 71-84

14. Morton GJ, Schwartz MW. 2001. The NPY/AgRP neuron and energy homeostasis. *Int J Obes Relat Metab Disord* 25 Suppl 5: S56-62
15. Camilleri M. 2015. Peripheral mechanisms in appetite regulation. *Gastroenterology* 148: 1219-33
16. Rolls BJ, Hammer VA. 1995. Fat, carbohydrate, and the regulation of energy intake. *Am J Clin Nutr* 62: 1086S-95S
17. Blundell JE, Cotton JR, Delargy H, Green S, Greenough A, King NA, Lawton CL. 1995. The fat paradox: fat-induced satiety signals versus high fat overconsumption. *Int J Obes Relat Metab Disord* 19: 832-5
18. Burton-Freeman B. 2000. Dietary fiber and energy regulation. *J Nutr* 130: 272S-5S
19. Martinez JA, Moreno, M.J, Marques-Lopes, Marti, A. 2002. Causes of Obesity. *ANALES Sin San Navarra* 25: 17-27
20. Diplock ATA, P. J.; Ashwell, M.; Bornet, F.; Fern, E. B., Roberfroid, M. B. . 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus document. *Br J Nutr* 81 Suppl 1: S1-27
21. Lyly M, Liukkonen KH, Salmenkallio-Marttila M, Karhunen L, Poutanen K, Lahteenmaki L. 2009. Fibre in beverages can enhance perceived satiety. *Eur J Nutr* 48: 251-8
22. Brum JM, Gibb RD, Peters JC, Mattes RD. 2016. Satiety effects of psyllium in healthy volunteers. *Appetite* 105: 27-36
23. Morselli L, Leproult R, Balbo M, Spiegel K. 2010. Role of sleep duration in the regulation of glucose metabolism and appetite. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 24: 687-702
24. Dikeman CL, Murphy MR, Fahey GC, Jr. 2006. Dietary fibers affect viscosity of solutions and simulated human gastric and small intestinal digesta. *J Nutr* 136: 913-9
25. Cunha PL, Paula RC, Feitosa JP. 2007. Purification of guar gum for biological applications. *Int J Biol Macromol* 41: 324-31
26. Tiwari U, Cummins E. 2011. Meta-analysis of the effect of beta-glucan intake on blood cholesterol and glucose levels. *Nutrition* 27: 1008-16
27. Ripsin CM, Keenan JM, Jacobs DR, Jr., Elmer PJ, Welch RR, Van Horn L, Liu K, Turnbull WH, Thye FW, Kestin M, et al. 1992. Oat products and lipid lowering. A meta-analysis. *JAMA* 267: 3317-25

28. Granfeldt Y, Nyberg L, Bjorck I. 2008. Muesli with 4 g oat beta-glucans lowers glucose and insulin responses after a bread meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 62: 600-7
29. Stratton RJ, Stubbs RJ, Hughes D, King N, Blundell JE, Elia M. 1998. Comparison of the traditional paper visual analogue scale questionnaire with an Apple Newton electronic appetite rating system (EARS) in free living subjects feeding ad libitum. *Eur J Clin Nutr* 52: 737-41
30. Thomas CD, Peters JC, Reed GW, Abumrad NN, Sun M, Hill JO. 1992. Nutrient balance and energy expenditure during ad libitum feeding of high-fat and high-carbohydrate diets in humans. *Am J Clin Nutr* 55: 934-42
31. Sciarini LS, Maldonado, F., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., León, A. E. . 2009. Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. *Food Hydrocolloids* 23: 306–13.
32. Damodaran S, Parkin, K. L. and Fennema, O.R. . 2008. *Amino acids, peptides and proteins*.
33. Goh KK, Matia-Merino L, Chiang JH, Quek R, Soh SJ, Lentle RG. 2016. The physico-chemical properties of chia seed polysaccharide and its microgel dispersion rheology. *Carbohydr Polym* 149: 297-307
34. Capitani MI, Ixtaina VY, Nolasco SM, Tomas MC. 2013. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. *J Sci Food Agric* 93: 3856-62
35. Pentikainen S, Karhunen L, Flander L, Katina K, Meynier A, Aymard P, Vinoy S, Poutanen K. 2014. Enrichment of biscuits and juice with oat beta-glucan enhances postprandial satiety. *Appetite* 75: 150-6
36. Figuerola F, Estévez A M. 2008. La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos *AGRO SUR* 36 (2) 49-58
37. Hall C, Tulbex, M.C.; Xu, Y. 2006. Flaxseed. *Ad. Food Nutr. Res.* 51: 2-99
38. Menegati GC , Carvalho de Mattos FC, Paes de Miranda M, Lopes Rosadoa E. 2012. Can Flaxseed Help Satisfy Appetite in Women Subjected to Bariatric Surgery? *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 16(2): 54-60

**ANEXO1**

ESCALA VISUAL ANALOGA (EVA)												
PROYECTO:												
NOMBRE:						FECHA:			HORA:			
1.- Marque con una línea vertical su grado de <b>HAMBRE</b> en la escala siguiente												
NO TENGO NADA DE HAMBRE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ESTOY LO MAS HAMBRIENTO QUE HE ESTADO NUNCA
2.- Marque con una línea vertical su grado de <b>SACIEDAD</b> en la escala siguiente												
NO TENGO NADA DE SENSACION DE SACIEDAD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ESTOY LO MAS SACIADO QUE HE ESTADO NUNCA
3.- Marque con una línea vertical su grado de <b>DESEO DE INGERIR ALGUN ALIMENTO</b> en la escala siguiente												
NO TENGO NINGUN DESEO DE INGERIR ALGUN ALIMENTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TENGO EL MAYOR DESEO DE INGERIR ALGUN ALIMENTO QUE HE TENIDO NUNCA
4.- Marque con una línea vertical su grado de <b>SED</b> en la escala siguiente												
NO TENGO NADA DE SED	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ESTOY LO MAS SEDIENTO QUE HE ESTADO NUNCA
Ref: Basualto J. et al., 2008												

## **ANEXO 2.**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Estimado(a) paciente:

Le invitamos a participar en un estudio para optar al grado de Licenciado de Nutrición y Dietética desarrollado por Rocío Ponce López, RUT: 16.737.809-9 dirigido por dirigido por Marcela Alviña Walker en la facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Valparaíso.

El estudio se titula “Asociación entre las propiedades de la chía hidratada en diversas matrices alimentarias y los niveles de saciedad en adultos jóvenes sanos” y su objetivo asociar las propiedades de la chía hidratada en diversas matrices alimentarias con los niveles de saciedad en adultos jóvenes sanos.

Su participación es **voluntaria** y puede elegir ser o no ser parte del estudio, de modo que si se niega a participar seguirá recibiendo la misma atención que hasta ahora. De igual forma, si usted acepta participar, puede retirarse en cualquier momento que estime conveniente, sin problemas ni sanciones.

Durante el estudio serán citados al laboratorio de alimentos de la Facultad Farmacia UV, en ayuna de 8-12 horas. Donde se les entregará aleatoriamente una porción de 10 g de chía en 100 mL agua o en 100 mL de jugo de naranja o en 100 mL de yogurt 0% materia grasa por vez, en días no consecutivos.

La saciedad se medirá utilizando escala EVA de 10 cm según modelo de Basualto J. et al., 2008, inmediatamente antes del consumo chía, inmediatamente después de consumo chía, y luego cada 30 minutos hasta completar 2 horas. Los nombres de los voluntarios serán registrados por medio de sus iniciales, de manera que toda la información recopilada al respecto será **estrictamente confidencial**. Asimismo, es importante destacar que su participación es gratuita y ninguno de los miembros del equipo en este estudio recibirá dinero ni compensaciones por ello. El estudio tiene una duración aproximada de 3 semanas.

**Formulario de consentimiento informado:**

Yo, \_\_\_\_\_, Rut \_\_\_\_\_ con fecha \_\_\_\_\_, declaro que me ha sido leída y he leído la información proporcionada, he podido aclarar mis dudas y mis preguntas han sido contestadas satisfactoriamente. Autorizo voluntariamente para que se utilice la información solicitada anteriormente.

\_\_\_\_\_  
ACEPTO

## CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD

El/la suscrito/a, ROCIO PONCE LÓPEZ, RUT 16.737.809-9 alumno/a tesista para optar al grado de Licenciado de Nutrición y Dietética que (DESCRIBIR SU FUNCIÓN EN LA TESIS) y el profesor guía MARCELA ALVIÑA WALKER RUT, en el marco del proyecto “Asociación entre las propiedades de la chía hidratada en diversas matrices alimentarias y los niveles de saciedad en adultos jóvenes sanos” acepto en este acto las siguientes condiciones:

Confirmando que se me ha advertido explícitamente la prohibición de divulgar, utilizar o transferir información del proyecto mencionado. Dicha prohibición se mantendrá vigente durante el plazo de duración del proyecto e incluso después de que el mismo haya concluido. La mencionada confidencialidad se refiere a todo tipo de información individual recolectada durante mi desempeño. Los resultados del estudio sólo se darán a conocer en situaciones formales.

En tal virtud, acepto mantener en secreto dicha información bajo las condiciones expuestas.

NOMBRE, RUT Y FIRMA DE INVESTIGADOR RESPONSABLE (tesista)

NOMBRE, RUT Y FIRMA DE PROFESOR GUIA DE TESIS

En (CIUDAD), (DÍA/MES/AÑO)

