



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“ELABORACIÓN DE SUPLEMENTOS A BASE DE
PROTEÍNA VEGETAL PARA PACIENTES CON CIRROSIS
HEPÁTICA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

CINTYA MÉNDEZ VÁZQUEZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Octubre 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Profesora: GÓMEZ ANDRADE DULCE MARÍA

VOCAL: Profesor: FONSECA LARIOS RODOLFO

SECRETARIO: Profesora: CÓRDOVA AGUILAR MARÍA SOLEDAD

1er SUPLENTE: Profesora: GÓMEZ SIERRA TANIA

2do SUPLENTE: Profesora: LOAEZA MONDRAGÓN BERTHA

SITIOS DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADA (ICAT); LAB. 312, DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA, CONJUNTO E DE LA FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM; UNIDAD DE BIOPROCESOS DEL INSITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS; HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO DR. EDUARDO LICEAGA SERVICIO DE GASTROENTEROLOGÍA.

La información contenida en esta tesis es confidencial debido a que formará parte de un instrumento de propiedad intelectual. Por tanto, en metodología y resultados se presentan datos indicativos.

Dra. María Soledad Córdova Aguilar
Asesor del tema

Dra. Isadora Martínez Arellano
Supervisor Técnico

Cintya Méndez Vázquez
Sustentante

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	5
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 MALNUTRICIÓN CALORICO-PROTEÍNICA	6
1.2 CIRROSIS HEPÁTICA	9
1.3 SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS.....	14
1.4 LEGUMBRES	17
1.5 CEREALES	20
1.6 PSEUDOCEREALES.....	21
1.7 ADITIVOS ALIMENTARIOS: HIDROCOLOIDES Y SABORIZANTES.....	23
1.8 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS, BIOQUÍMICAS Y ENZIMÁTICAS	27
1.9 REOLOGÍA.....	30
1.10 EVALUACIÓN SENSORIAL	32
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	36
2.1 ESTRATEGIA EXPERIMENTAL	36
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS	38
2.2.1 MATERIA PRIMA	38
2.2.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LAS HARINAS	39
2.2.3 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA	40
2.2.4 ANÁLISIS BIOQUÍMICO.....	42
2.2.5 PRUEBAS REOLÓGICAS	44
2.2.6 DISEÑO DE MEZCLAS.....	44
2.2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	45
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1 HARINAS Y LECHE EN POLVO	46

3.1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LAS HARINAS	46
3.1.2 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA.....	46
3.1.3 CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y ENZIMÁTICA	49
3.2 DISEÑO DE MEZCLAS	52
3.2.1 DISEÑO DE MEZCLAS (PROPORCIÓN DE LOS INGREDIENTES) Y CÁLCULO DE APORTE ENERGÉTICO Y NUTRIMENTAL TEÓRICO.	52
3.3 BALANCE DE NUTRIMENTOS.....	55
3.4 PRUEBAS DE ESTABILIDAD.....	59
3.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES	64
3.5.1 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA	64
3.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	68
3.5.2.1 PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO CON CONSUMIDORES.....	68
<u>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES</u>	73
<u>PERSPECTIVAS</u>	75
<u>REFERENCIAS</u>	76
<u>ANEXOS</u>	85
ANEXO I. HARINAS Y LECHE EN POLVO	85
ANEXO II. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y ENZIMÁTICA. PERFIL DE AMINOÁCIDOS	86
ANEXO III. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y ENZIMÁTICA. INHIBIDORES DE TRIPSINA	87
ANEXO IV. DISEÑO DE MEZCLAS (PROPORCIÓN DE LOS INGREDIENTES). CONCENTRACIÓN DEL HIDROCOLOIDE.....	89
ANEXO V. CÁLCULO DE APOORTE ENERGÉTICO Y NUTRIMENTAL TEÓRICO. FORMULACIONES	91
ANEXO VI. BALANCE DE NUTRIMENTOS. PRUEBAS DE ESTABILIDAD.	92
ANEXO VII. CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA.....	107
A) COLOR.....	107
B) SEDIMENTACIÓN	108

C) DENSIDAD.....	108
D) EVALUACIÓN SENSORIAL. CUESTIONARIO	109
E) EVALUACIÓN SENSORIAL. ANOVAS	110
AGRADO EN GENERAL	110
SABOR	111
TEXTURA	112
F) EVALUACIÓN SENSORIAL. GRÁFICAS DE VALORES DE FRECUENCIA.....	113

RESUMEN

La malnutrición calórico-proteínica es un signo muy común en las personas que padecen cirrosis hepática (25% de los pacientes con cirrosis compensada y más del 80% descompensada), ya que representa la fase terminal de las enfermedades crónicas del hígado, siendo las causas más comunes el consumo de alcohol (60-70%), obstrucción biliar (5-10%), hepatitis crónica B o C (10%), hemocromatosis (5-10%) o hígado graso no alcohólico (10%), la cual se caracteriza por una fibrosis hepática en la que el tejido funcional hepático es destruido y reemplazado por nódulos no regenerativos.

A consecuencia de lo anterior, los cirróticos presentan una disminución de la síntesis proteínica y resistencia al anabolismo que se acompaña de una sarcopenia. Es por ello que además de llevar una dieta equilibrada y variada se recomienda el uso de suplementos ricos en proteína para mantener un balance nitrogenado adecuado lo que ayudaría a prevenir catabolismo muscular (en fase temprana) y promover la gluconeogénesis.

En México los suplementos utilizados para el tratamiento de estas enfermedades son importados, lo que eleva de manera significativa su costo por lo que su consumo se ve limitado.

El propósito del presente proyecto es llevar a cabo el diseño y el desarrollo de suplementos alimenticios con alto contenido proteínico (15-18%), un aporte energético (entre 286 a 300 kcal por 100 g de suplemento en base seca) a un costo accesible, con objeto de mejorar la condición de vida de pacientes que padecen cirrosis hepática. Para formular los suplementos, se utilizó harina de cereales y leguminosas en diferentes proporciones, leche en polvo, un hidrocoloide de origen natural como estabilizante para mejorar su viscosidad, cuerpo y textura y un saborizante, obteniéndose inicialmente hasta 15 formulaciones.

Por otra parte para verificar que el tratamiento térmico aplicado a las leguminosas fue el adecuado, se aplicó la prueba de inhibidor de tripsina. El tratamiento de cocción utilizado inhibió la tripsina hasta en un 80%. Se realizaron evaluaciones reológicas y de sedimentación tanto para definir la concentración conveniente del hidrocoloide como seleccionar las formulaciones con textura y estabilidad aceptable para los consumidores.

Finalmente, se realizó una prueba sensorial con consumidores de una población tipo en la cual se evaluó el nivel de agrado general, enfocándose en el sabor y textura de estos suplementos lo que permitió determinar el nivel de agrado de una formulación determinada, la cual será propuesta para posteriormente evaluar su eficacia clínica.

INTRODUCCIÓN

En pacientes con cirrosis hepática, el desarrollo de malnutrición calórico-proteínica es un signo muy común (25% de los pacientes con cirrosis compensada y más del 80% descompensada).

Las causas más comunes de cirrosis son: el consumo de alcohol, obstrucción biliar, hepatitis crónica B o C, hemocromatosis o hígado graso no alcohólico (Aceves-Martins, 2014). México ocupa el séptimo lugar como causa de mortalidad global particularmente en las poblaciones entre 25-55 años de edad (Mokdad, 2014).

La cirrosis se caracteriza por una fibrosis en la que el tejido funcional hepático es destruido y reemplazado por nódulos no regenerativos, como consecuencia se encuentra en estado hipercatabólico reduciendo la utilización y capacidad de almacenamiento de carbohidratos y un aumento del catabolismo proteínico y graso, que conduce a la disminución de las reservas proteínicas y lipídicas (Arizmendi, 2008).

Estas anormalidades, combinadas con un descenso en la ingesta de nutrientes, constituyen las bases de la malnutrición calórico-proteínica que se ve reflejada en una sarcopenia. Es por ello que el objetivo del plan de alimentación del paciente es mantener el peso ideal y evitar pérdidas a través de una dieta equilibrada y variada, además consumir alimentos de manera frecuente y en poca cantidad para solventar los problemas de náuseas y sensación de plenitud (Arizmendi, 2008), por lo que se recomienda el uso de suplementos ricos en proteína que ayudan a mantener un balance nitrogenado adecuado y prevenir catabolismo muscular (en fase temprana) y promover la gluconeogénesis.

En México los suplementos utilizados para el tratamiento de estas enfermedades son importados, lo que eleva de manera significativa su costo por lo que su consumo se ve limitado.

La propuesta está basada en el diseño y el desarrollo de suplementos alimenticios con alto valor proteínico mezclando proteínas de origen vegetal y animal, de bajo costo y utilizando un hidrocoloide de origen natural para obtener la estabilidad del producto y una textura aceptable para los consumidores y así mejorar la condición de vida de pacientes con cirrosis hepática.

Se utilizaron harinas de dos leguminosas, un cereal y un pseudocereal en diferentes proporciones, un hidrocoloide de origen natural, saborizante y leche en polvo, obteniendo hasta 15 formulaciones posibles inicialmente, a través de distintas pruebas fisicoquímicas, reológicas y sensoriales se redujo el número.

Para evaluar la aceptación del suplemento de manera sensorial fue necesario utilizar una población específica, por ello en la Clínica del Hígado, ubicada en el Hospital General Dr. Manuel Liceaga se realizaron pruebas de nivel de agrado general, sabor y textura.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un suplemento alimenticio con un alto contenido de proteína vegetal y animal, a un costo que sea accesible y que cumpla con las características tecno-funcionales y sensoriales, dirigido para personas que presentan malnutrición, por padecer de cirrosis hepática.

OBJETIVOS PARTICULARES

- * Obtener diversas formulaciones para este suplemento, a través de un diseño experimental que considera diferentes mezclas de ingredientes seleccionados.
- * Obtener la harina a partir de dos leguminosas, un cereal y un pseudocereal.
- * Realizar la caracterización fisicoquímica de cada harina y de la leche a utilizar.
- * Corroborar que el tratamiento térmico aplicado es correcto, con base al análisis de inhibidores de tripsina en harina de ambas leguminosas.
- * Establecer la concentración adecuada del hidrocoloide seleccionado en los suplementos, con base en diversas pruebas reológicas.
- * Determinar el nivel de agrado de todas las formulaciones elaboradas, a través de pruebas sensoriales.
- * Realizar la caracterización bromatológica y el perfil de aminoácidos teórico de todas las formulaciones.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 MALNUTRICIÓN CALORICO-PROTEÍNICA

Un estado de malnutrición se define como una condición fisiológica anormal causada por un consumo insuficiente, desequilibrado o excesivo de los macronutrientes que aportan energía alimentaria (hidratos de carbono, proteínas, grasas) y los micronutrientes (vitaminas y minerales) que son esenciales para el crecimiento y desarrollo físico y cognitivo. Se puede manifestar de diferentes maneras siendo una de ellas la malnutrición calórico-proteínica (FAO, 2002).

La malnutrición calórico-proteínica destaca por la pérdida progresiva tanto de la masa corporal magra como del tejido adiposo. Se debe a un consumo inadecuado o a la mala utilización de alimentos y energía.

1.1.1 CAUSAS Y ETIOLOGÍA

Esta condición afecta tanto a niños como a adultos ya que es consecuencia de la carencia de un elemento nutritivo específico, en este caso las proteínas, o a la mala utilización de la energía consumida. Lo anterior está asociado a una ingesta inadecuada de alimentos desde el punto de vista cuantitativo ya sea por dietas insuficientes ocasionadas por hábitos incorrectos o por una baja disponibilidad de alimentos (falta de recursos). Sin embargo, gran parte de la malnutrición calórico-proteínica se ve influenciada por enfermedades que disminuyen la capacidad de digerir, absorber y utilizar de modo efectivo los nutrientes contenidos en los alimentos como es el caso de aquellas personas que sufren cirrosis hepática pues estas presentan cambios significativos en el metabolismo de proteínas, hidratos de carbono y lípidos lo que provoca una demanda energética más alta y para satisfacerla se consumen los compartimientos musculares y lipídicos (Duarte, 2003).

1.1.2 CLASIFICACIONES Y CUADRO CLÍNICO

La condición de malnutrición energético-proteínica puede ser leve, moderada y grave basado en el peso estándar para la edad "Clasificación de Gómez" (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de Gómez

Clasificación	Porcentaje de peso estándar
Normal	>90
Grado I (malnutrición leve)	75-89.9
Grado II (malnutrición moderada)	60-74.9
Grado III (malnutrición grave)	<60

Sin embargo, dentro de la grave existen dos grandes clasificaciones: marasmo y kwashiorko (*Figura 1*). Su distinción es esencialmente cualitativa: en el marasmo es característico el bajo peso causado por infecciones y enfermedades parasitarias o por carencia de alimentos, mientras que en el kwashiorko es característico la presencia de edema, consecuencia del consumo inadecuado de proteína y retención de sodio (FAO, 2002).

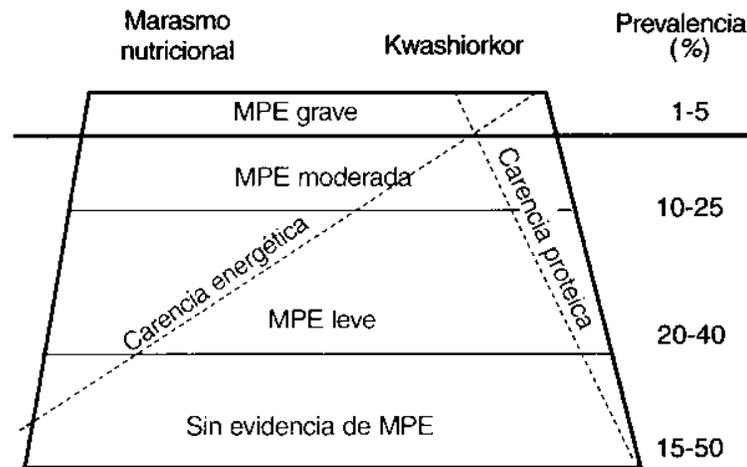


Figura 1. Iceberg de la malnutrición calórico-proteínica

Para el marasmo se presenta anemia, crecimiento deficiente, estado de alerta y mucho apetito. Por otro lado, el kwashiorko además del edema presentan un crecimiento deficiente, hepatomegalia por la infiltración de grasa en el hígado, cambios en el cabello: se vuelve más delgado, carece de brillo y puede cambiar su color a castaño o castaño rojizo, anemia debido a la falta de la proteína que se necesita para producir células sanguíneas, diarrea teñida con sangre, cambio de apariencia conocida como "cara de luna" debido a que las mejillas pueden parecer hinchadas ya sea con tejido graso o líquido y dermatosis en áreas como el codo, detrás de la rodilla, cambios mentales generalmente apatía, irritabilidad y pérdida del apetito (Waterlow, 1996).

Más tarde, se observó que las dos características distintivas de marasmo kawashiorko aparecían de manera simultánea y fue necesario hacer una nueva clasificación (*Tabla 2*) la cual se ha utilizado ampliamente por más de 20 años conocida como la "Clasificación Wellcome" (Wellcome Trust Working Party , 1970).

Tabla 2. Clasificación de Wellcome de la malnutrición calórico-proteínica

Porcentaje de peso estándar	Edema	
	Presente	Ausente
80-60	Kwashiorko	Desnutrición
<60	Kawashiorko marásmico	Marasmo

1.1.3 TRATAMIENTO

De acuerdo con la FAO y otros artículos (Waterlow, 1996) el tratamiento se realiza en tres fases:

- Fase I Tratamiento de las complicaciones agudas como las alteraciones hidroelectrolíticas (diarrea y vómitos).

La alimentación endovenosa no se requiere a menos que el vómito sea grave o que el niño se niegue a recibir líquidos orales. La rehidratación se debe hacer mediante una solución estándar para rehidratación oral (SRO).

- Fase II Iniciación de la curación

La alimentación no debe aportar más que los requerimientos de energía y proteínas suficientes para el mantenimiento, es decir alrededor de 80 kcal y 0.7 g de proteínas/kg de peso corporal/día. Debe mantenerse la administración de suplementos de potasio y magnesio para compensar las deficiencias y facilitar el crecimiento.

En este período, las personas con edema suelen perder peso y los que no tienen apenas ganan o mantienen el peso que ya tenían.

- Fase III Rehabilitación

El objetivo de esta fase consiste en restablecer el peso normal para la talla y debe conseguirse de la forma más rápida posible con el fin de reducir la estancia hospitalaria. Los signos que indican que el paciente está preparado para entrar en esta fase son la recuperación del apetito y el cambio en su expresión, es decir la recuperación emocional y

fisiológicamente, por tanto, es importante que se dedique tiempo con el paciente.

1.2 CIRROSIS HEPÁTICA

Representa un estado avanzado de enfermedades hepáticas crónicas, se caracteriza por la presencia de daño celular fibrosis y nódulos de regeneración.

Tiene un periodo asintomático que sólo se puede reconocer luego de diversas pruebas bioquímicas o por una ecografía, a este periodo se le conoce como "cirrosis compensada". A partir de la aparición y desarrollo de hipertensión portal (HP), ascitis, peritonitis bacteriana espontánea (PBE), síndrome hepatorenal (SHR) y encefalopatía hepática (EP), hemorragia por várices esofágicas y/o ictericia, comienza la "cirrosis descompensada".

Es importante categorizar a los pacientes de acuerdo al estadio en que se encuentren:

- Estadio I: Ausencia de várices y de ascitis.
- Estadio II: Presencia de várices pero ausencia de ascitis.
- Estadio III: Presencia de várices y de ascitis.
- Estadio IV: Presencia de hemorragia por várices y presencia o no de ascitis.

La tasa de supervivencia es mayor en aquellos pacientes con cirrosis compensada que la descompensada aproximadamente 12 y 2 años respectivamente (D´Amico, 2006).

Actualmente en la mayoría de los hospitales, el pronóstico de los pacientes se realiza con el modelo de Child-Pugh que considera el grado de ascitis, las concentraciones plasmáticas de bilirrubina y albúmina, el tiempo de protrombina, y el grado de encefalopatía (*Tabla 3*).

Tabla 3. Clasificación Child-Pugh de severidad de enfermedad hepática

Parámetros	Puntos asignados		
	1	2	3
Ascitis	Ausente	Leve	Moderado
Bilirrubina (mg/mL)	</= 2	2-3	>3
Albúmina (g/dL)	>3,5	2,8-3,5	<2,8
Tiempo de protombina *Segundos sobre el control *INR	1-3 <1.8	4-6 1.8-2.3	>6 >2.3
Encefalopatía	No	Grado 1-2	Grado 3-4

Fuente: (Child & Turcotte, Surgery and portal hypertension , 1964)

Una puntuación mayor a 5-6 es considerada grado A (enfermedad bien compensada); 7-9 es grado B (compromiso funcional significativo); y 10-15 es grado C (enfermedad descompensada).

1.2.1 ETIOLOGÍA

De acuerdo con García Buey (2011), las causas de la cirrosis son:

Tabla 4. Etiología de la cirrosis hepática

Metabólica tóxica:
Alcohol Enfermedad de hígado graso no alcohólico(resistencia a la insulina, síndrome metabólico)
Infecciosa
Virus de la hepatitis VHB, VHC,VHD
Autoinmune
Hepatitis autoinmune Colangitis autoinmune
Inducido por fármacos
Arsénico, metotrexato, isoniazida,amiodarona
Genético-hereditaria
Hemotomacrosis hereditaria Enfermedad de Wilson Fibrosis quística
Enfermedades biliares
Colangiopatía isquémica Atresia de vías biliares Síndrome de Alagille
Vascular
Insuficiencia cardiaca crónica derecha Pericarditis constrictiva crónica

Fuente: (García Buey, 2011)

Según el *Informe sobre la salud de los mexicanos del 2015*, la cirrosis se mantiene como una de las diez principales causas de muerte tanto en hombres como en mujeres. En el 2013:

- Fue la 3ª causa de muerte en hombres de 30-64 años y la 4ª causa de muerte en mujeres de 45-64 años de edad.
- Más de 23,000 personas murieron por cirrosis, casi tres cuartas partes eran de sexo masculino.
- Los tres estados con las tasas más altas de mortalidad son Veracruz, Puebla y Yucatán; y con las tasas más bajas: Sinaloa, Ciudad de México y Durango.
- A nivel nacional el 46% se asocia con el consumo de alcohol y 35% con hepatitis C.

De acuerdo con el *Global Burden of Disease* las muertes por cirrosis hepática en todo el mundo han aumentado constantemente en los últimos 30 años superando el millón en 2010 o aproximadamente el 2% de todas las muertes con proporciones casi igual de atribuibles a la hepatitis B, la hepatitis C y el alcohol, ubicándose como la 23ª causa de la carga de morbilidad en el mundo, causando 31 millones o el 1,2% de los Años de vida ajustados por discapacidad (AVISA) mundiales (Mokdad, 2014).

1.2.2 MALNUTRICIÓN EN EL PACIENTE

La malnutrición de tipo calórico-proteínica en el paciente cirrótico es un determinante directo de la morbimortalidad cuyo origen es multifactorial:

- ✓ La disminución o la limitación de la ingesta: ocasionada por una saciedad temprana, anorexia, ascitis y/o encefalopatía.
- ✓ La alteración de la digestión y absorción de nutrientes: puede ser el resultado de la deficiencia de sal biliar, sobrecrecimiento bacteriano, alteración de la motilidad intestinal, cambios hipertensivos en el intestino, lesión de la mucosa y aumento de la permeabilidad intestinal.
- ✓ La interferencia en el metabolismo de los nutrientes: incremento en el gasto energético (hipermetabolismo), metabolismo anormal de los carbohidratos asociado a la resistencia a la insulina, alteración de la gluconeogénesis (Tahira, 2014).

Debido a estos cambios en el metabolismo de carbohidratos, proteínas y lípidos, es común que el paciente entre en un estado catabólico: los compartimentos musculares y lipídicos son consumidos ocasionando una

diminución en la sensación del gusto (deficiencia de zinc o magnesio), así como la descomposición del músculo esquelético para proporcionar aminoácidos para la formación de glucosa, lo que produce la sarcopenia (Tatsunori, 2015).

La prevalencia de malnutrición calórico-proteínica oscila entre el 34% y el 82% en pacientes con cirrosis alcohólica, según parámetros antropométricos y en pacientes con cirrosis no alcohólica, la prevalencia oscila entre el 27% y el 87% (Tahira, 2014).

1.2.3 EVALUACIÓN NUTRICIONAL

No hay consenso sobre cuales son los mejores criterios de diagnóstico para la malnutrición calórico proteínica en los cirroticos sin embargo, se utiliza con mayor frecuencia el recomendado tanto por ASPEN (American Society for Parenteral and Enteral Nutrition) como por ESPEN (European Society for Parenteral and Enteral Nutrition) que es la "Subjective Global Assessment"(SGA). Este método considera información obtenida del paciente como: restricciones alimentarias, apetito, niveles de saciedad, cambios en el gusto, estatus socioeconómico, uso de suplementos, referencias étnicas o religión, intolerancias o alergias alimentarias, asimismo, se les pide llevar un diario de alimentación.

Para evaluar la composición corporal la recomendada por la SGA es la Absorciometría de Rayos X Dual (DEX ó DEXA) pero existen otras opciones cuando el paciente no presenta ascitis o edema como la impedancia bioeléctrica y la espectroscopía de resonancia magnética, las cuales se basan en la presencia de dos componentes en el cuerpo: la masa de grasa corporal y la masa libre de grasa que es esencialmente agua, proteína y minerales. Al determinar el peso corporal y la masa de grasa, se supone que el peso restante es masa libre de grasa (Periyalwar, 2012) o se pueden tomar medidas de pliegues cutáneos y circunferencias (principalmente la circunferencia del punto medio del brazo relajado que es la que se ha asociado a desnutrición en estos pacientes).

1.2.4 TRATAMIENTO NUTRICIONAL

El tratamiento nutricional va a variar si se trata de una cirrosis compensada o descompensada, por lo que la intervención nutricional

debe de ser antes, durante y después de la transición de compensada a descompensada, entre estos están:

Requerimiento energético: Para pacientes con cirrosis compensada se recomiendan de 25 a 35 kcal/kg de peso en pacientes sin malnutrición, para pacientes con malnutrición ASPEN recomienda 30-42 kcal/kg/día para promover anabolismo y ESPEN 35-40 kcal/kg/día.

Ante situaciones de estrés (sangrado, infección y cirugía) las necesidades aumentan, sobre todo si la malnutrición está presente, pudiendo ser necesarias 55 kcal/kg.

Requerimiento de proteína: ASPEN y ESPEN recomiendan consumir de 1.0 a 1,5 g /kg /día o de 25 a 40 kcal /kg /día para prevenir el catabolismo muscular y promover gluconeogénesis en aquellos sin encefalopatía existente, sólo aquellos con encefalopatía crónica intratable podrían necesitar una restricción proteínica de hasta 0,8 g /kg /día. Los pacientes con malnutrición y con buena función renal pueden requerir hasta 2 g/kg/día.

Requerimiento de hidratos de carbono: Se debe tener en cuenta que en los pacientes cirróticos puede presentarse intolerancia a la glucosa resultado del exceso de su producción o por una insuficiencia en la secreción de insulina. Es por esto recomiendan que los pacientes cirróticos no consuman más de 5 a 6 g/kg/día de glucosa, y sus niveles deben ser monitoreados frecuentemente (Johnson, 2013).

Requerimiento de grasa: ASPEN recomienda que del 25% al 30% del total de calorías provenientes de la dieta sean de lípidos.

Dentro de las recomendaciones generales está:

- Incluir la suplementación de fibra soluble, la cual se fermenta en el colon, lo cual elimina amoníaco en forma de ion amonio.
- Eviten periodos de ayuno superior a 6 h recomendable la ingesta de entre 5-7 comidas /día.
- Una colación después de la cena que acorte la duración del ayuno nocturno podría preservar la masa muscular esquelética, las características de esta son un alto contenido calórico y con un aporte al menos 50 g de hidratos de carbono (Rivera-Irigoin, 2012).

1.3 SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS

De acuerdo con la al artículo 215, fracción V, de la Ley General de Salud (Secretaría de Salud, 1997) los suplementos alimenticios se definen como productos a base de hierbas, extractos vegetales, alimentos tradicionales, deshidratados o concentrados de frutas, adicionados o no, de vitaminas o minerales, que se puedan presentar en forma farmacéutica (cápsula, emulsión, suspensión, jarabe, polvo, soluciones y tabletas, entre otras).

Este producto usado en combinación con otro ayuda a mejorar el balance nutricional y está pensado para: a) utilizar sin diluir: como suplemento de otro alimento, b) ofrecerlo solo o con acompañamiento y a libre elección o c) diluirlo y mezclarlo con otros para conformar un alimento completo (AAFCO, 2000), pero a diferencia de los fármacos los suplementos no se pueden designar como productos que diagnostican, previenen o curan enfermedades por lo que en su presentación o etiqueta no se deben hacer afirmaciones tales como "reduce el colesterol alto" o "tratan las enfermedades cardíacas".

Además, su consumo puede implicar riesgos para la salud ya que muchos suplementos contienen ingredientes activos que tienen fuertes efectos biológicos en el cuerpo y organismos, debido a que la FDA no tiene la autoridad para revisar los productos (seguridad y eficacia) antes de su comercialización (FDA , 2017). Sin embargo, se tiene que señalar en el etiquetado la información de ubicación del fabricante o distribuidor en caso de que se desee saber más acerca del producto.

Enfermedades como la cirrosis hepática recomiendan el consumo de suplementos ricos en proteína para prevenir una de las muchas alteraciones fisiológicas que sufren como es la sarcopenia; en este caso el médico, de acuerdo a su experiencia, es quien recomienda un suplemento adecuado. El tratamiento con este tipo de productos suele ser costoso, por lo que difícilmente logran completarlo. Los suplementos comerciales, como en GNC, con altas cantidades de proteínas vienen en diferentes presentaciones (desde los 500g hasta los 2.5Kg aproximadamente) cuyo costo se encuentra entre los \$800.00 y \$2000.00. Hay que recordar que son tratamientos de larga duración y no es lo único que necesitan , algunos utilizan medicamentos y una dieta específica mencionada anteriormente.

1.3.1 SUPLEMENTOS PARA TRATAR ENFERMEDADES

La mayoría de los adultos en México toman suplementos todos los días u ocasionalmente. En la actualidad, los suplementos incluyen una gran variedad de ingredientes, como carbohidratos, proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, metabolitos, plantas, hierbas, algas, alimentos tradicionales deshidratados u otros que establezca la Autoridad Regulatoria, y pueden ser adicionados o no con vitaminas o minerales, además de los aditivos y coadyuvantes de elaboración permitidos (Rodríguez, 2016).

Se espera que una dieta correcta (completa, equilibrada, inocua, variada y adecuada), sea suficiente para cubrir los requerimientos nutrimentales de una persona saludable, en algunos casos, el empleo de suplementos podría ayudar a quienes cuentan con dietas especiales que no cubren las cantidades adecuadas de nutrientes esenciales; en otros pueden ayudar a prevenir enfermedades o mejorar la salud de diferentes órganos.

Dentro de los más comunes se encuentran:

Para el corazón, de acuerdo con Camargo (2018):

- "BLOOD SUGAR SUPPORT": son cápsulas cargadas de antioxidantes y nutrientes, como magnesio, vitamina C, L-aurina, vitamina E, zinc, manganeso, entre otros que ayudan a reducirlos niveles de glucosa en sangre.
- "CHOLESTEROL SUPPORT": son cápsulas compuestas por flavanona, melitidine, bruteridine, raíz de rizoma, uvas rojas y extracto de oliva que ayudan a mantener un buen nivel de colesterol.
- "CENTRUM SPECIALIST": tabletas enriquecidas con vitaminas B, ácido fólico, antioxidantes y otros nutrientes clave como celulosa microcristalina, fosfato de calcio dibásico, croscarmelosa sódica, ácido ascórbico (vitamina C), entre otros que ayudan a mantener la circulación en buen estado.

Para el hígado de acuerdo con Cañizales (2018):

- "LIVER DETOX": cápsulas de apoyo de desintoxicación y limpieza del hígado.

- "MILK THISTLE": cápsulas de un grupo de flavonoides de semilla de cardo mariano conocidos como Silymarin, estos actúan como un antioxidante al reducir la producción de radicales libres.
- "LIVER REFRESH": combina extracto de cardo mariano con una mezcla única de hierbas y enzimas para crear una fórmula botánica equilibrada para el apoyo de la función hepática saludable. * N-acetil-cisteína, metionina y otros nutrientes se incluyen para apoyar la producción de glutatión, un potente secuestrador de radicales libres que también desempeña un papel crítico en el mantenimiento de las vías de eliminación normales del cuerpo.

Para el cerebro de acuerdo con Colomer (2017):

- "ULTRA OMEGA-3": cápsulas de ácidos grasos esenciales Omega-3: EPA y DHA con vitamina E natural. Con acción antiinflamatoria y apoyo cognitivo.
- "EXTRACTO DE RHODIOLA ROSEA": cápsulas de Rhodiola Rosea que actúa como precursor del incremento de serotonina. Ayuda a lidiar con el estrés y ansiedad ya que favorece la sensación de calma y bienestar.
- "GINKGO BILOBA": tabletas de Ginkgo Biloba que ayudan a mejorar el riego sanguíneo, sirven de apoyo cognitivo y ejercen un gran efecto antioxidante.

Sin embargo, en México los productos Herbalife® lideran el mercado de los suplementos que generalmente son recomendados entre los mismos consumidores, no son específicos para tratar alguna enfermedad pues elaboran productos con proteínas, fibras y vitaminas para complementar una dieta equilibrada y apoyar un estilo de vida activo y saludable.

Dentro de los productos que ofrecen:

- POLVOS PARA PREPARAR BATIDOS: con alto contenido de proteína, de diferentes sabores como vainilla, chocolate y fresa, que ricos
- MULTIVITAMÍNICOS, MINERALES Y HIERBAS: en tabletas Antioxidantes, beta-caroteno, ácido fólico, calcio, hierro, vitaminas C, D y E, complejo B, selenio, yodo, manganeso, magnesio, cobre, zinc, cromo y factores botánicos.
- FIBRAS: en polvo soluble mezcla de diferentes fuentes de fibras solubles e insolubles que pueden ayudar al buen funcionamiento del sistema digestivo.

1.3.2 SUPLEMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

Uno de los ingredientes más utilizados en la industria de los suplementos son las proteínas de origen animal y vegetal que son obtenidas de diferentes alimentos (*Tabla 5*)

Tabla 5. Algunas proteínas utilizadas en los suplementos alimenticios.

Proteínas de origen animal		Proteínas de origen vegetal	
Fuente	Características	Fuente	Características
Suero de leche ^a	Disponible en las presentaciones de polvo, concentrado y aislado.	Soya ^a	Disponible en las presentaciones de harina, concentrado y aislado.
Caseína ^a	Presente en un 70-80% de la leche de vaca	Alga espirulina ^b	Es un nombre utilizado para describir dos cianobacterias: <i>Arthrospira plantensis</i> y <i>Arthrospira máxima</i>
Huevo ^a	Su rápida digestión provoca un aumento significativo de los aminoácidos plasmáticos	Guisante ^c	Es alta en Aminoácidos Ramificados

Fuentes: a) (Hoffman, 2004); b) (South, 2007); c) (Violetta, 2017)

El mercado de los suplementos de origen vegetal comenzó a desarrollarse para los consumidores que son intolerantes a la lactosa, alérgicos al gluten o al huevo, o para aquellos que llevan una dieta tipo vegana o vegetariana. Para ellos ya hay una gran variedad de opciones y aunque entre ellas las características pueden cambiar (aporte de nutrientes, contenido energético, sabor, textura, presentaciones y costo), tienen en común un elevado aporte de proteína para complementar la dieta. La mayoría son específicos para aumentar la masa muscular, recomendados para consumir antes o después una rutina intensa de ejercicios por lo que si se está considerando consumir para una función diferente será necesario consultar con un especialista.

1.4 LEGUMBRES

Son una especie vegetal de la familia *Leguminosae*, un tipo de leguminosas que se cosechan únicamente para obtener la semilla seca, no incluyen los cultivos que se cosechan verdes (por ejemplo, guisantes verdes, judías verdes), ya que estos se clasifican como hortalizas. También se excluyen los cultivos utilizados principalmente para la

extracción de aceites (como, soja y maní) y legumbres que se utilizan exclusivamente con fines de siembra (semillas de trébol y alfalfa).

Se les atribuye una mejora a la biodiversidad gracias a su capacidad de fijar el nitrógeno en simbiosis con algunas bacterias (*Rhizobium* y *Bradyrhizobium*), son capaces de convertir el nitrógeno atmosférico en compuestos de nitrógeno que pueden ser utilizados por las plantas en crecimiento y mejorar la fertilidad del suelo ya que se aumenta tanto la biomasa como la actividad microbiana, ambas vitales para los suelos (FAO, 2016).

A nivel nutricional aportan una gran cantidad de nutrimentos indispensables en todas las etapas de la vida. Por ejemplo, comer legumbres junto con alimentos ricos en vitamina C ayuda a que el organismo absorba mejor el hierro previniendo la anemia ferropénica en mujeres y niños; tienen un alto contenido de folato, calcio, magnesio, zinc y potasio; la calidad de las proteínas mejora cuando las legumbres se consumen junto con cereales: tienen mayor contenido de proteína que los cereales, pero disponen de un conjunto incompleto de aminoácidos; un bajo contenido en grasa y un alto contenido en fibra, la cual puede aglutinarse con toxinas y colesterol en el intestino eliminando esas sustancias del organismo mejorando la salud cardíaca; tienen un alto contenido en carbohidratos complejos los cuales se digieren lentamente y dan una sensación de saciedad (FAO, 2016).

Además, las leguminosas procesadas contienen cantidades significativas de almidón resistente comparadas con otras fuentes, por lo que después de consumirlas la velocidad de digestión del almidón y la liberación de glucosa al torrente sanguíneo es lenta, lo cual causa bajas respuestas glucémicas e insulinémicas posprandiales (Jenkins, 1982).

Su consumo a nivel mundial se ve opacada por cuestiones como el tiempo que lleva cocinarlas (requiere más tiempo en comparación con otros alimentos), que pueden causar flatulencias por los carbohidratos difíciles de digerir y que crudas contienen niveles altos de "antinutrientes" como fitato, ácido tánico y fenol, que limitan la absorción de minerales como hierro y el zinc en el organismo. A pesar de lo anterior, hubo un aumento del 31% en la producción mundial entre 1990 y 2014 donde la producción total de legumbres en ese último año fue de 77,6 millones de toneladas,

siendo India el principal país productor gracias a que la mayoría de su población es vegetariana (Javaloyes, 2016)

1.4.1 LEGUMBRE A

Originaria de la zona donde se extiende Turquía y actualmente se ha extendido por todo el mundo gracias a que los colonizadores europeos los llevaron a América.

Físicamente parecen avellanas sin cáscara y tienen un sabor similar casi a nuez y textura cremosa. En su composición química destaca el alto contenido de fibra y proteína. La cantidad de proteína permanece alrededor del 17-22% si se considera el grano entero, aumenta cuando es descascarado (25.3-28.9%). Las globulinas, representan aproximadamente el 70% de total de proteína, las albúminas y globulinas corresponden al porcentaje restante (Roy, 2010).

Hay principalmente tres tipos:

- El de grano oscuro y cubierta rugosa, se cultiva sobre todo en India, Etiopía, México e Irán
- El de color más claro y mayor tamaño se cultiva principalmente en el Mediterráneo, toda América o Asia sudoriental.
- El de color verdes que se consumen tiernos e inmaduros asados al carbón en cucuruchos o en sopas, patés, falafel, pestos o especiados sobre ensaladas (Javaloyes, 2016).

1.4.2 LEGUMBRE B

Nativa de la cuenca mediterránea y Asia central se encuentra entre las plantas más fáciles de cultivar en climas fríos. Es una planta que crece tanto en verano como en invierno, una vez al año y de forma erecta con muchas hojas. Su alta producción es en países como Australia, Bolivia, China, Ecuador, Egipto, Etiopía, Perú y Venezuela. Se cultiva en 2.5 millones de hectáreas en el mundo, de las cuales la mayoría están en Asia Central y Oriental, y alrededor del 21% está en el África Subsahariana.

Tiene un fuerte y dulce sabor a nuez, piel de color pardo claro cuando están secas, y una textura cremosa al guisarse. Se utiliza como alimento

tanto para las personas, como para alimentar animales (principalmente cerdos, caballos, aves de corral y palomas).

1.5 CEREALES

Los granos de cereales y su producto derivados representan un aporte importante en la alimentación humana debido a que los alimentos predominantes en carbohidratos constituyen la base en la mayoría de las dietas el trigo es el principal cereal en los Estados Unidos y Canadá; el arroz en China, Japón e India; el centeno en Rusia y en Europa Central; y el maíz en México, Sudamérica y Estados Unidos (Latham , 2002).

De acuerdo con datos de la FAO, la producción mundial de cereales en 2016 fue de aproximadamente 2,600 millones de toneladas de los cuales la mayor producción la generó Asia con 1,132 millones de toneladas, seguido de América del Norte con 530 millones de toneladas.

De la familia de las gramíneas, existe una gran variedad en la forma y el tamaño de las semillas; sin embargo, la composición y aporte nutrimental del grano entero es similar: proveyendo unas 350 kcal por cada 100g y siendo su composición bromatológica equivalente a 75% carbohidratos, 10% proteínas, 1-2% grasa, 1-2% cenizas y una humedad entre 11-13%.

Aunque son muchos los procesos a los que están sometidos los granos, es muy común que en ellos se retiren las capas fibrosas (pericarpio) y se obtenga un producto que consiste principalmente de endospermo, por lo que es importante tener en cuenta el tamaño de los granos, por ejemplo cuanto más grande sea el grano, mayor rendimiento en la obtención de harinas.

El porcentaje del grano original que permanece en la harina después de del proceso se denomina índice de extracción: una harina de extracción de 85% contiene ese porcentaje del grano entero es decir, que el 15% se ha removido (Latham , 2002). Existen ventajas y desventajas entre las de alta y baja extracción; aunque una harina de baja extracción ha perdido más nutrientes de las capas externas (minerales, proteína y fibra) y el germen, son más blancas y con menos grasa, lo que las hace más atractivas comercialmente. Aunque hoy en día existe una fuerte tendencia a utilizar harinas a partir del grano entero o comunmente conocidas como harinas integrales.

1.5.1 CEREALES

Pertenece a la familia Poaceae, comúnmente se siembra en regiones de clima frío seco o frío húmedo (Robles , 1983).

Contiene altas cantidades de nutrientes valiosos, como su alto contenido proteínico, de aminoácidos esenciales, la presencia de fibra insoluble favoreciendo el tránsito intestinal y de fibra soluble (B-glucanos) que ayuda a reducir el nivel de colesterol, el riesgo de desarrollar células cancerígenas y para el control del índice glucémico. Es rica en vitamina E (aproximadamente 1.65mg/100g de muestra) y contiene minerales como calcio, hierro, fósforo, magnesio, cobre y zinc.

En comparación con otros granos, con este cereal se puede utilizar el grano completo para obtener una harina con más contenido de fibra. En la industria alimenticia se utiliza en productos para hornear por sus propiedades de retención de humedad que mantienen más fresco el producto (Osca, 2007).

En el 2012, en México la producción fue de 2.4 millones de toneladas principalmente en Chihuahua, Durango y Zacatecas (SIAP, 2013).

1.6 PSEUDOCEREALES

El término "pseudocereal" combina "cereal", que se refiere a los granos de especies de pastos, con el prefijo "pseudo-" que significa "falso" o "parecido".

Un pseudocereal es una planta cultivada para producir granos amiláceos adecuados para la alimentación humana, excluidas las plantas ya clasificadas en una agrupación como los cereales (las especies de gramíneas Gramineae), leguminosas (las especies de las familias leguminosas Leguminosae-Caesalpinioideae, Leguminosae-Mimosoideae, y Leguminosae-Papilionoideae), semillas oleaginosas (aquellas especies descritas en términos del contenido comercial de lípidos o tricilglicerol) o nueces (Fletcher, 2016).

Su consumo a nivel mundial ha aumentado pues se presentan como una opción para aquellos que sufren alguna alergia o intolerancia a los

cereales, o para aquellos que buscan innovar en su dieta y están comprometidos con su salud gracias a las propiedades antioxidantes y su alto contenido en fibra (FAO, 2012). Otra ventaja de los pseudocereales es que crecen de forma rústica y se adaptan a varios ambientes, es decir, son resistentes a bajas temperaturas, alta salinidad y sequías, entre otras condiciones adversas.

1.6.1 PSEUDOCEREAL A

En América este grano se domesticó hace más de 4000 años, de allí se difundió a otras partes del mundo. Existen variedades que son nativas de las regiones norteñas de mayor altitud de Bolivia, Perú, Ecuador (por los incas), de Guatemala (por los mayas) y de México (por los aztecas)

Se produce en un ciclo corto (150-180 días, según la especie y variedad), soporta la escasez e irregularidad de lluvias, necesita humedad solamente en el momento de la siembra y hasta que aparezcan los retoños. Se desenvuelve bien con escasa agua, más aún, llega a crecer mejor en condiciones con clima seco y templado.

En las últimas décadas este cultivo se ha difundido de manera exponencial en varios países del mundo, particularmente en el Lejano Oriente. Hace más de cien años que fue introducido en China, pero a partir de la década de 1980, el gobierno impulsó su cultivo en suelos salinos y con problemas de irrigación, transformándolo en una fuente invaluable de alimento (Biodiversitas, 2008).

Es un alimento con muchas cualidades nutritivas dentro de las principales de este grano destacan:

- * El contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, cuyo balance es satisfactorio: rica en los aminoácidos esenciales lisina, triptófano y metionina, de tal manera que su calidad proteínica, ya procesado adecuadamente, es igual a la calidad proteínica de la caseína (Martínez de Martell, 1988).
- * Ensayos biológicos con la semilla muestran una buena disponibilidad de la proteína, la digestibilidad de la semilla va de regular 53% - 65% a buena 68% - 77% (López, 1998).

En su consumo se aprovecha la semilla para la elaboración de dulces, tortillas, tamales, harinas, atoles, como cereal, para enriquecer pastas, panes, galletas y alimentos para bebés; y hasta las hojas ya que son una fuente rica en carotenos y hierro.

1.6.2 IMPORTANCIA DE MEZCLAR LEGUMBRES CON CEREALES

Las principales fuentes de proteínas en la dieta, desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo son los alimentos de origen animal, es decir el grupo de los lácteos (leche, yogurt, queso) y el de la carne, donde se incluyen también al pescado y el huevo; las legumbres y le siguen en orden de importancia el grupo de los cereales.

Cuando hablamos de calidad de las proteínas nos referimos al perfil de aminoácidos que las componen, especialmente los esenciales. Las proteínas de origen animal son completas porque contienen a todos los aminoácidos esenciales y en grandes cantidades; las legumbres y los cereales por separados son de calidad biológica inferior, debido a que las legumbres son deficientes en metionina, mientras que los cereales lo son en lisina; sin embargo, se puede obtener una complementación proteínica si se combinan adecuadamente ambos grupos.

La importancia de mantener un balance adecuado de aminoácidos es porque el organismo necesita de la presencia de aminoácidos esenciales, al mismo tiempo para que pueda sintetizar las proteínas que necesita, lo que permite mantener un crecimiento correcto y que se lleven a cabo las funciones metabólicas de nuestro cuerpo (Pérez, 2002).

1.7 ADITIVOS ALIMENTARIOS: HIDROCOLOIDES Y SABORIZANTES

Para la aceptación de un producto alimenticio por el consumidor hay que tomar en cuenta atributos como el color, el aroma, el sabor, la textura y factores como la facilidad de preparación, etc. y aunque cada componente del alimento influye en estas características es necesario reforzarlas para obtener un mejor resultado y que sea más atractivo al consumidor.

Un aditivo puede ser natural o sintético y se adiciona intencionalmente al producto durante las etapas de producción, envasado y conservación para lograr los beneficios buscados.

La FAO y OMS emiten recomendaciones para el consumo de los aditivos mediante el Codex Alimentarius por la ingesta diaria aceptable IDA (Acceptable Daily Intake , ADI), y ha permitido su clasificación en tres categorías A, B y C, de acuerdo con su seguridad; los A son los más inocuos, mientras que los C tienen limitaciones para su empleo (Badui, 2006).

Otra clasificación se hace según su función: acidulantes y reguladores de pH, abrillantadores, acondicionadores de masa, agentes de carga, anticristalizantes, antiespumantes, antihumectantes, antioxidantes, antisalpicantes, clarificantes, colorantes (pigmentos hidrosolubles y lacas), conservadores, edulcorantes, emulsificantes, encapsulantes, enturbiantes, enzimas, espesantes, espumantes, estabilizantes, fosfatos, gelificantes, humectantes, inhibidores de cristalización, leudantes, ligantes, lubricantes, oxidantes, potenciadores de sabor, saborizantes, secuestrantes de iones y oxígeno entre otros.

1.7.1 POLISACÁRIDOS, HIDROCOLOIDES Y GOMAS

Son biomoléculas de alto peso molecular formados por la unión de una gran cantidad de monosacáridos que tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes, y que presentan además algunas propiedades funcionales, como emulsificación, estabilización, crioprotección, coloide protector en recubrimientos, etc. (*Tabla 6*).

Estas propiedades dependen de factores intrínsecos como el peso molecular, los grados de ionización y de ramificación o extrínsecos propios del sistema en el cual se aplica como el pH, la fuerza iónica, la temperatura, la interacción con los demás componentes del alimento en que se emplean, si se utilizan solos o mezclados con otros hidrocoloides, etc. (Badui, 2006).

Tabla 6. Funciones y aplicaciones más comunes de las gomas en los alimentos

Función	Aplicación
Inhibidor de la cristalización	Helados
Emulsificante	Aderezos, bebidas
Encapsulante	Sabores, vitaminas microencapsuladas
Formador de películas	Productos cárnicos y confitería
Agente floculante o clarificante	Vino y cerveza
Estabilizador de espumas	Cervezas, cremas
Agente gelificante	Postres
Estabilizante	Cervezas, bebidas
Espesante y Gelificante	Salsas, mermeladas
Texturizante y ligante	Postres
Fijador	Cosmética

Es común encontrar en los suplementos alimenticios, hidrocoloides para modificar las propiedades reológicas del solvente en el cual son disueltos observándose un cambio en la viscosidad. La carragenina es muy utilizada en la industria, proviene de la pared celular de las algas marinas rojas (Rodofíceae). Su estructura química consiste en unidades de D-galactosa unidas por enlaces glucosídicos alfa (1,3) y beta (1,4) y dependiendo de su estructura, de la concentración de los azúcares y la posición de los grupos sulfatos que la conforman se pueden obtener tres tipos: kappa, iota y lambda (Figura 2).

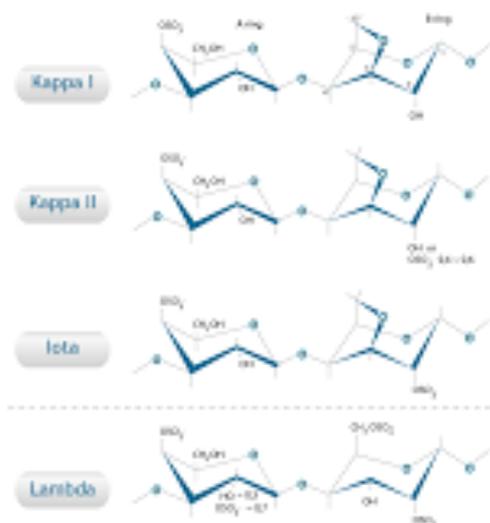


Figura 2. Estructura de las diversas carrageninas

En muchas aplicaciones alimenticias se hace uso de mezclas de hidrocoloides para obtener características diferentes a las generadas con un solo hidrocoloide; en el caso de las carrageninas es frecuente mezclar kappa e iota, en lácteos, principalmente por la interacción carragenina-caseína, que provoca un efecto gelificante de agua gracias a los cationes presentes en el carragenano y en la leche (Ca^{++} y K^{+}) (Stanley, 1987). No sólo sólo se pueden hacer mezclas de carrageninas entre ellas, algunas se mezclan con otro hidrocoloide como goma guar, goma xantana, carboximetilcelulosa y caseínas (Stanley, 1990).

1.7.2 SABORIZANTES

Por definición, un saborizante o aromatizante es "la sustancia o mezcla de sustancias de origen natural, idénticas a las naturales y las sintéticas o artificiales, con o sin diluyentes, agregados o no de otros aditivos que se utilizan para proveer o intensificar el sabor o aroma de los productos" (Secretaría de Salud , 2012).

Comercialmente, los saborizantes se pueden encontrar en muy diversas presentaciones: como líquidos, en polvos, como pastas, como gránulos y para aplicarlos se debe tomar en cuenta su estabilidad ya que algunos de sus constituyentes se pueden oxidar, interactuar con el material de empaque, o con los constituyentes de los alimentos (reacción de Maillard) y también pueden llegar a destruirse por la alta temperatura en algunos procesos de fabricación.

En la legislación mexicana se aceptan 2,177 sustancias sintéticas idénticas a las naturales como responsables de ciertos sabores, por ejemplo la vainillina, aldehído cinámico, aldehído benzóico, eugenol, entre otros.

Con respecto a las sintéticas (386 compuestos aceptados), no se tiene referencia de que existan en la naturaleza como tal, pero confieren sabores y aromas muy específicos, por ejemplo el sabor plátano artificial es bastante alejado de la realidad de los plátanos frescos, el sabor chicle.

El sabor vainilla es el más popular en el mundo y se obtiene de una planta nativa de México del género Vanilla, familia Orquidaceae y pese a que existen más componentes químicos que aportan aroma y sabor, la producción industrial se ha limitado a imitarla en forma de vainillina

siendo el componente químico volátil más importante en la caracterización química debido a que se ha relacionado con una mejor calidad de sabor y aroma en los extractos (Pérez, 2011).

La vainilla como saborizante puede estar en diferentes presentaciones:

- Como extracto natural de vainilla
- Como saborizante natural-artificial (vainilla-vainillina)
- Como saborizante artificial (vainillina y etil vainillina)

1.8 PRUEBAS FISICOQUÍMICAS, BIOQUÍMICAS Y ENZIMÁTICAS

1.8.1 ANÁLISIS PROXIMALES

El análisis de los alimentos es una herramienta que permite monitorear y garantizar la calidad y seguridad pues es importante corroborar el cumplimiento de especificaciones internas que se hacen a la materia prima empleada, especificaciones que hace el cliente para aceptar el producto, cumplir con la normatividad nacional e internacional. Por lo que se aplican análisis proximales en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados. Estos análisis nos indicarán el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos, azúcares, cenizas y extracto libre de nitrógeno en la muestra (FAO, 1993).

1.8.2 ANÁLISIS BIOQUÍMICOS Y ENZIMÁTICOS

PERFIL DE AMINOÁCIDOS

El análisis de aminoácidos brinda información nutricional de las proteínas y determina posibles adulteraciones. Su estudio es importante para el desarrollo de una industria alimenticia de calidad y fundamental para la salud humana (Rivara, 2015).

Son muchos los casos donde un análisis de aminoácidos permite medir la calidad de un alimento al momento de elaborar un producto, por ejemplo si se busca que destaque algún aminoácido en particular o que la proteína sea de excelente calidad (complementación proteínica), es útil contar con la información que se obtiene de un análisis de los aminoácidos.

Uno de los métodos químicos utilizados para el análisis es a través de la cromatografía de intercambio iónico.

INHIBIDOR DE TRIPSINA

Los inhibidores de proteasas digestivas son una de las sustancias antinutrientales más importantes, interfieren con la digestión de las proteínas, en la absorción o utilización metabólica de los aminoácidos.

Las proteasas son enzimas fundamentales en el control de una gran variedad de procesos fisiológicos en el organismo humano cuyas funciones son catalizar la ruptura de enlaces peptídicos, la hidrólisis de proteínas, y permitir así la digestión y utilización de los aminoácidos.

Dentro de los grupos más importantes se encuentran los inhibidores de tripsina que se dividen en dos familias: Kunitz y Bowman-Birk. Los inhibidores tipo Kunitz poseen una masa molecular entre 18 y 24 kDa, y contienen entre 170 y 200 residuos. Tiene la característica de solo inhibir a una molécula de tripsina, son inhibidores competitivos uniéndose al mismo sitio activo que el sustrato. Los inhibidores de Bowman-Birk son más pequeños (7 a 9 kDa) los cuales contienen de 60 a 85 aminoácidos, y tienen la particularidad de simultáneamente inhibir dos enzimas (tripsina/tripsina o tripsina/quimiotripsina) (Cabrera, 2013).

Estas proteínas son esenciales en ciertas funciones biológicas de las leguminosas, principalmente en la regulación proteolítica y participando en los mecanismos de defensa en contra de insectos, hongos y microorganismos patógenos. Los inhibidores de proteasa disminuyen la eficiencia del aprovechamiento de las proteínas, reduciendo la capacidad del tracto digestivo para metabolizarlas (Komklao, 2011)

Estos factores pueden ser inactivados por un tratamiento térmico, el tratamiento más común de las leguminosas es el remojo y el grado de inhibición depende de la temperatura, el tiempo de tratamiento, el volumen del alimento y el contenido de agua del mismo.

Sin embargo, un tratamiento térmico severo puede disminuir la disponibilidad de algunos aminoácidos, en particular la lisina por lo que es importante controlar el tiempo y la temperatura de cocción (López Barrera, 2011).

1.8.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

COLOR

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto, es una respuesta mental al estímulo que una radiación luminosa visible produce en la retina. Está afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura y depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa (Delmoro, 2010).

En la industria alimentaria, el color es muy importante para el consumidor porque siendo el primer contacto que tiene con ellos, es determinante para la aceptación o el rechazo de los mismos, además de ser un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos entre otros (Badui, 2006).

Existen dos métodos para medir el color el sensorial utilizando referencias como el sistema Pantone ® y el instrumental consiste en el uso de técnicas en las cuales se mide la reflectancia o transmitancia de la muestra y se utilizan instrumentos conocidos como espectrofotómetros o colorímetros triestímulos.

DENSIDAD

Se define como como la masa por unidad de volumen, siendo las unidades más comunes para reportarla g/ml y kg/m³.

Existen diversos métodos de determinación de la densidad como el del picnómetro un instrumento que mantiene un volumen fijo al colocar un líquido en su interior (Figura 3).

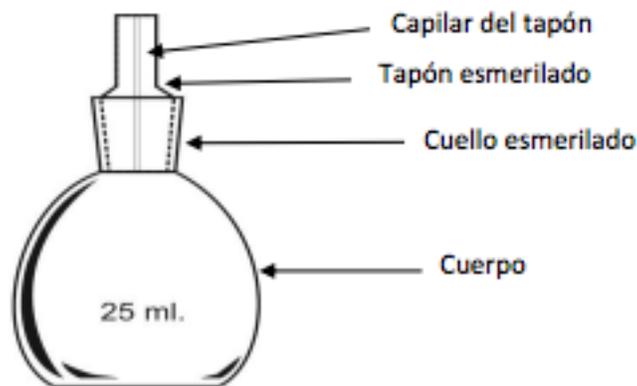


Figura 3. Picnómetro

SEDIMENTACION

La sedimentación es la operación unitaria que consiste en separar, por acción de la gravedad, un sólido finamente dividido de un líquido en el que está suspendido, obteniendo un líquido clarificado y un lodo más o menos espeso con elevado porcentaje de sólidos (Martin, Salcedo , & Font, 2011).

Los sólidos que se encuentran suspendidos son parte de los ingredientes que componen a un producto por lo que es importante conocer en que concentración se encuentran y es común incluir agentes que ayuden a evitar la separación de fases, obteniendo un producto de consistencia homogénea; son conocidos como "agentes estabilizantes o de suspensión". Considerando la gran variedad de agentes existentes, para seleccionar el adecuado, es necesario considerar las características del alimento, además de definir el tiempo requerido para mantener la estabilidad. Por otra parte, a través de pruebas dinámicas se puede determinar la estabilidad de las suspensiones.

1.9 REOLOGÍA

La Reología es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos, es decir, las propiedades mecánicas de los gases, líquidos, plásticos, y otros (Ramírez, 2006).

En la industria de alimentos se aprovecha para evaluar la calidad preferida por el consumidor por medio de las correlaciones entre las medidas reológicas y pruebas sensoriales, formulación para el desarrollo de nuevos

productos, estudios de vida de anaquel, estudio de textura y consistencia de productos, estudio sobre la estabilidad de emulsiones y suspensiones.

1.9.1 FLUIDO

Se define como una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo de corte (cizalla), por tanto, en ausencia de este, no habrá deformación (Ramírez, 2006).

Los fluidos constituyen la mayor parte de los alimentos que consume el hombre; los adultos consumen más productos líquidos y pastosos que alimentos sólidos por la facilidad de la ingestión y digestión; en los niños y recién nacidos la importancia de los alimentos fluidos y particularmente líquidos es fundamental.

TIPOS DE FLUIDOS

Los fluidos pueden clasificarse de manera general, de acuerdo con la relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la relación de deformación, en 3 tipos de fluidos: newtonianos (proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación); no newtonianos (no hay proporcionalidad entre esfuerzo cortante y la velocidad de deformación); y viscoelásticos (se comportan como líquidos y sólidos, presentando propiedades de ambos) (Ramírez, 2006).

1.9.2 VISCOSIDAD

Las fuerzas de atracción que mantienen las moléculas a distancias ínfimas dando a los líquidos suficiente cohesión determinan que éstos al fluir a través de un tubo produzcan fricción.

La viscosidad es la resistencia que el líquido ofrece al flujo la cual en los líquidos disminuye a medida que aumenta la temperatura y decrece la presión. Se expresa en el sistema Sistema Inglés como Pa·s ($N \cdot s/m^2$ o $kg/m \cdot s$) o en milipascales por segundo [$mPa \cdot s$]; en el sistema cgs son $g/cm \cdot s$, llamadas poise o centipoise (cp) (Ramírez, 2006).

1.9.3 DEFORMACIÓN

Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica y esto sucede cuando sobre ellos actúa una fuerza, cuando se les somete a tensión (Ramírez, 2006)

Puede ser de dos tipos plástica (irreversible) o elástica (reversible).

1.10 EVALUACIÓN SENSORIAL

Surge como una necesidad de mantener constante la calidad de los alimentos procesados y por ende mantener el liderazgo en el mercado y en la industria donde ha tenido el mayor desarrollo. Sus principios científicos están basados principalmente en la fisiología, psicología, psicofísica y estadística, su propósito es estudiar cómo las propiedades de los alimentos u otros materiales son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

De acuerdo con el Instituto de Alimentos en Estados Unidos, es la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Severiano Pérez, 2016).

Las empresas lo usan para el control de calidad de sus productos, ya sea durante la etapa del desarrollo o como un análisis de rutina durante el proceso. Por ejemplo, si cambian un insumo es necesario verificar si esto afecta las características sensoriales del producto y por ende su calidad (Barda, 2006).

Los métodos sensoriales en forma general pueden ser separados en dos grupos: métodos analíticos y métodos afectivos.

Dentro de los métodos analíticos se encuentran:

- Los análisis discriminativos que permiten comparar dos o más productos.
- Los análisis descriptivos donde los jueces evaluadores establecen los descriptores que definen los atributos sensoriales de un alimento y

utilizan dichos descriptores para cuantificar las diferencias existentes entre varios productos.

Los métodos afectivos por su parte evalúan la respuesta o nivel de agrado y/o desagrado del producto por parte del consumidor.

1.10.1 PRUEBAS CON CONSUMIDOR

El consumidor es la persona más importante a tomar en cuenta, cuando se desea desarrollar un nuevo producto, pues es él quien decidirá si este nuevo alimento cumple o no con las expectativas que de éste se tienen.

Es importante mencionar que la decisión final del consumidor al momento de comprar un nuevo producto, puede verse influenciada por numerosos factores; y entre éstos, están las características del producto, el beneficio que puede obtener de su consumo, que éste tenga un costo accesible y que sea disponible en el mercado. En cuanto a los beneficios, se pueden dividir en funcionales, experienciales o simbólicos (Darpy, 2012).

Las pruebas sensoriales con consumidores son una herramienta muy útil e importante durante la investigación y toma de decisiones de las cuales se obtiene una respuesta hedónica tanto general, como por cada atributo, por parte de los consumidores hacia un producto en particular.

Si al consumidor se le pregunta espontáneamente qué es lo que percibe, proporciona, en primer lugar una calificación hedónica (me gusta – no me gusta), seguido del atributo percibido (es dulce – es salado), y finalmente de una intensidad (es muy dulce – es muy salado). El hedonismo entonces hace referencia al placer subjetivo derivado de la apariencia, el color, el aroma, el sabor y la textura de un alimento (Severiano Pérez, 2016).

Para realizar la medición de la respuesta hedónica hacia un producto se toma en cuenta:

- Objetivo de estudio seleccionando.
- Muestreo y población objetivo del consumidor: se selecciona una muestra representativa de una población de consumidores sobre la cual se quieren generalizar los resultados obtenidos.
- Lugar de prueba.

- Forma de presentación: el número de muestras y el orden en el que puede evaluar un consumidor.
- Tipos de prueba: Cualitativos y cuantitativos (*Figura 4*)
 - * Los estudios cualitativos buscan explorar, entender la subjetividad, saber lo que piensa el consumidor, no interesa la representatividad.
 - * Los estudios cuantitativos se basan en tres conceptos fundamentales: la validez, la confiabilidad y la muestra, se busca generalizar las conclusiones del estudio a la población, y corroborar una hipótesis estadísticamente (Álvarez-Gayou, 2012).



Figura 4. División de los estudios con consumidor

- Preguntas y escalas

Las preguntas pueden dividirse en dos grande grupos:

- Abiertas: el consumidor expresa libremente su opinión y aunque suelen dar más información su análisis es más complejo.
- Cerradas: solamente se puede escoger una respuesta o ser evaluadas a través de una escala. La codificación de las preguntas es más sencillo y permite el uso de estadística paramétrica para su análisis (Bécue-Bertaut, 2008).

Las escalas validadas más comúnmente usadas en evaluación sensorial son las siguientes:

- Nivel de agrado o escala hedónica: Existen varias versiones, desde la versión original en inglés de 9 puntos hasta sus versiones adaptadas para América latina (Lawless, 2010).

Tabla 7. Diferentes escalas hedónicas.

9 puntos en inglés	9 puntos para américa latina	9 puntos para niños y adolescentes
(9) Like extremely	(9) Me gusta muchísimo	(9) Super bueno
(8) Like very much	(8) Me gusta mucho	(8) Muy bueno
(7) Like moderately	(7) Me gusta bastante / Me gusta	(7) Bueno
(6) Like slightly	(6) Me gusta un poco	(6) Apenas bueno
(5) Neither like nor dislike	(5) Ni me gusta ni me disgusta	(5) Ni bueno ni malo
(4) Dislike slightly	(4) Me disgusta un poco	(4) Apenas malo
(3) Dislike moderately	(3) Me disgusta bastante / Me disgusta	(3) Malo
(2) Dislike very much	(2) Me disgusta mucho	(2) Muy malo
(1) Dislike extremely	(1) Me disgusta muchísimo	(1) Super malo

- Just about right / justo como me gusta: útiles para determinar el nivel óptimo de un atributo y por lo tanto optimizar un producto. Aunque la más usada es de 5 puntos, también existen desde 3 hasta 9 puntos (Rothman, 2009).
- Intensidad: se busca medir la intensidad percibida de un atributo, pueden preguntarse ancladas a un solo atributo o bipolares (dos atributos) (Tabla 8.) y también es común encontrarlas en 5 puntos

Tabla 8. Escalas de intensidad

Escalas de 1 atributo	Escalas bipolares
Extremadamente ácido	Extremadamente duro
Muy ácido	Muy duro
Moderadamente ácido	Moderadamente duro / suave
Poco ácido	Muy suave
Nada ácido	Extremadamente suave

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1 ESTRATEGIA EXPERIMENTAL:

La estrategia experimental se dividió en cuatro etapas: la selección de la materia prima, formulación, pruebas de estabilidad y caracterización de los productos finales. Dentro de cada etapa, se realizaron evaluaciones fisicoquímicas, bioquímicas, reológicas y sensoriales (*Figura 5*).

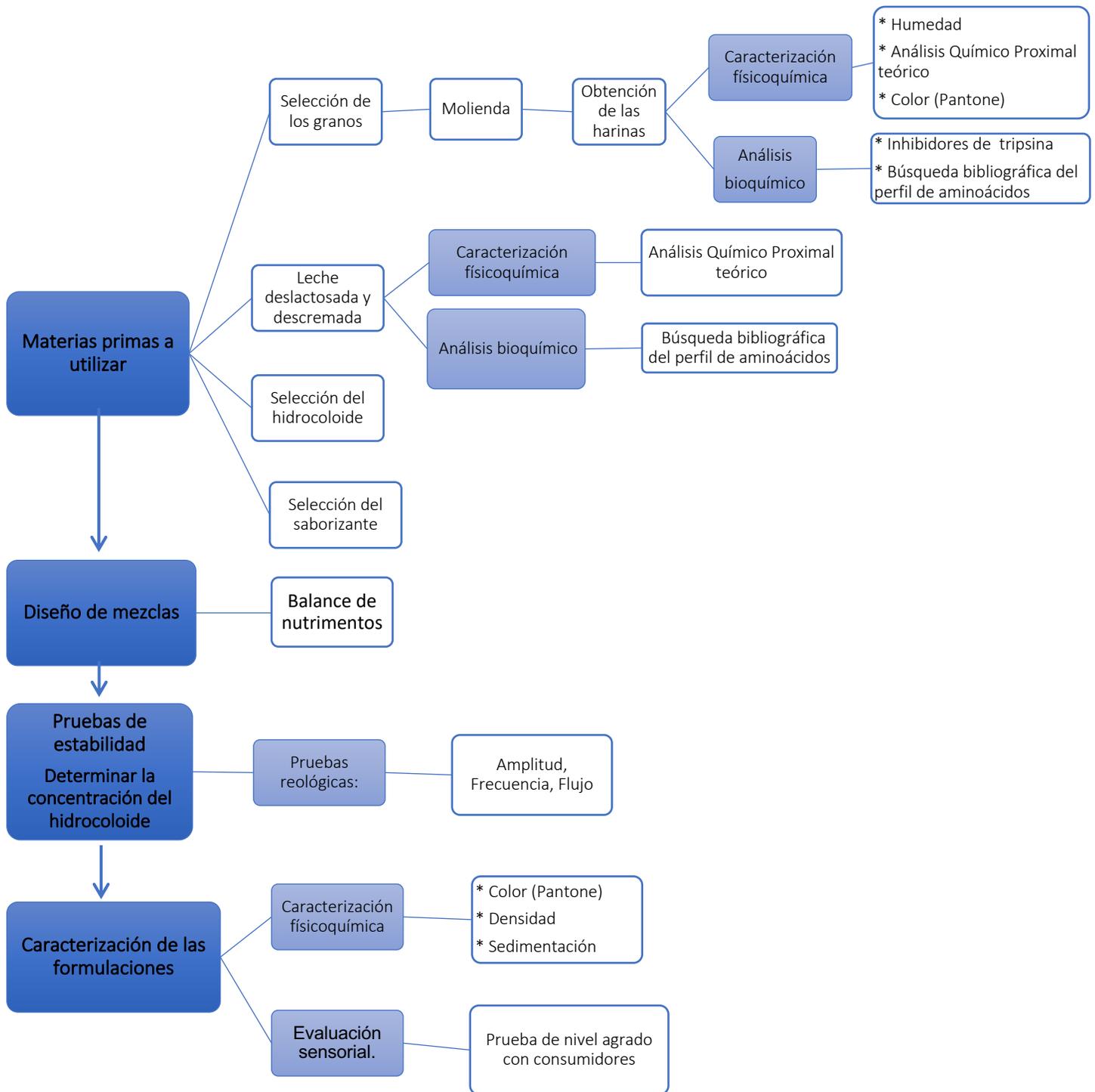


Figura 5. Estrategia experimental desarrollada.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS:

2.2.1 MATERIA PRIMA:

2.2.1.1 HARINAS

Los granos utilizados para la obtención de las harinas pertenecen a diferentes grupos de alimentos: las harinas A y B al grupo de las leguminosas, la harina C al grupo de los cereales y la harina D al grupo de los pseudocereales. Para la selección de las harinas se consultaron los valores del Análisis Químico Proximal (AQP) en diferentes fuentes bibliográficas incluyendo la *Base de Datos de Nutrimientos para Estándares de Referencia del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), 2016*. Se consideró que tuvieran un alto contenido de proteína y bajo en grasa, además de que fueran de bajo costo.

2.2.1.2 LECHE EN POLVO

Con las características de ser descremada y deslactosada para ser digerible por las personas que presentan cirrosis hepática. Su aporte proteínico es elevado, algunos artículos recomiendan como soporte nutricional en todas las fases de la cirrosis la ingesta de proteínas de origen vegetal y lácteo antes que las de origen animal (Irigoin & Abilés, 2012).

2.2.1.3 HIDROCOLOIDE

Los polisacáridos provenientes de plantas y algas han sido utilizados como agentes espesantes y estabilizantes en productos lácteos (Grindrod, 1968). Se utilizó una mezcla del hidrocoloide y se adquirió con la empresa COMERCIAL FERBERA®, ya que ayuda a estabilizar el producto evitando la sedimentación de las harinas, así mismo mejora la textura en el producto obteniendo un producto se consistencia similar a una papilla, que es de importante para la aceptación del producto por el consumidor.

2.2.1.4 SABORIZANTE

En polvo, cuya función es dar un ligero sabor al producto mejorando las características sensoriales. Se adquirió con la empresa YOSI, quien asegura que su producto cumple con las especificaciones de calidad necesarias.

2.2.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LAS HARINAS

- Para las harinas de leguminosas A y B: se llevó a cabo un remojo durante 9 horas de los granos, posteriormente se realizó una cocción durante 30 min a 121°C, seguida de una molienda húmeda. Lo obtenido se secó a una temperatura de 60°C y se sometió a una molienda en seco. Con el fin de obtener un mismo tamaño de partícula, las harinas se tamizaron con dos mallas diferentes: #35 con 0.5 mm de abertura y #40 con 0.420 mm de abertura.
- Para las harinas C y D, se limpiaron y seleccionaron los granos. Se tostaron durante 15 min (150-175°C), se enfriaron los granos a temperatura ambiente y finalmente se molieron en seco. Para homogeneizar el tamaño de partícula, se tamizaron en dos mallas: del #35 con 0.5 mm de abertura y del #40 con 0.420 mm de abertura.

2.2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

2.2.3.1 HUMEDAD

Por el método de secado en estufa siguiendo el método Oficial AOAC 2003, con modificaciones. Para cada harina se determinó por triplicado y se reportó el valor promedio.

2.2.3.2 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Para cada harina se realizó una búsqueda de diferentes fuentes bibliográficas con el fin de obtener valores sobre su Análisis Químico Proximal (AQP) en base seca. Se utilizaron estos valores para el diseño de las diferentes formulaciones considerando el aporte energético y nutrimental.

Para el caso de la leche en polvo, se utilizaron los valores reportados en la etiqueta.

2.2.3.3 COLOR

Para especificar el color de las harinas y las formulaciones finales se determinó el color por medio del Sistema de identificación de colores Pantone®, el cual fue un parámetro importante para la aceptación del producto.

2.2.3.4 DENSIDAD

Se realizó por triplicado y se reportó el valor promedio para las formulaciones obtenidas al reconstituir. Se llevó a cabo a temperatura ambiente (20° C) utilizando un picnómetro (volumen 4.58 mL) cuya función principal es mantener un volumen fijo al colocar el producto en su interior. Para obtener el valor se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Peso muestra} = \frac{\text{Peso picnómetro (g)}}{\text{peso picnómetro} + \text{muestra (g)}}$$

$$\text{Densidad } \left(\frac{g}{mL}\right) = \frac{\text{Peso muestra (g)}}{\text{Volumen del picnómetro (mL)}}$$

2.2.3.5 SEDIMENTACIÓN

Esta prueba se realizó para evaluar la efectividad del hidrocoloide en la separación de fases del producto, siendo la fase más característica la del sedimento formado por aquellas partículas insolubles presentes en las harinas.

Se centrifugaron a 500rpm durante 1 min, todas las formulaciones con y sin el hidrocoloide. Aquellas en las que se observó la formación de sedimento, se decantaron para cuantificar sólo el sedimento de la parte inferior a través de un filtración con vacío, posteriormente se secaron en estufa durante 24 h a 100 °C.

Se realizó por triplicado y se reportó el valor promedio.

2.2.4 ANÁLISIS BIOQUÍMICO

2.2.4.1 PERFIL DE AMINOÁCIDOS

Para las harinas A, B, C, D los datos fueron obtenidos de la Base de Datos de Nutrientes para Estándares de Referencia del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés, 2016).

2.2.4.2 INHIBIDORES DE TRIPSINA

Se realizó una miniaturización del método reportado por Kakade, 1974 y modificado por Komkiao, 2011.

El método está basado en cuantificar la actividad inhibidora de tripsina que se expresa como UIT (unidad inhibidora de tripsina) por mg de muestra en peso seco. Una UIT está definida como la cantidad de inhibidor que inhibe un 1 μ de tripsina pura (González de Mejía, 2003).

Se mide la producción de *p*-nitroanilina (compuesto color amarillo), generado por el rompimiento del sustrato N- α -benzoil-DL-arginina-*p*-nitroanilida (BAPNA) que se da en presencia de tripsina y cuya absorbancia se midió a una longitud de onda de 410 nm después de una incubación a 37°C durante 15 min como lo indica la *Figura 6*.

Soluciones utilizadas para la determinación. Preparación:

➤ *Solución trabajo:*

Se pesaron 1.21 g de Tris (hidroximetil) aminometano (0.05 M), 0.44 g CaCl₂, se disolvieron en agua destilada y se ajustó el pH a 8.2.

➤ *Solución de tripsina:*

Se pesaron 4 mg de tripsina y se disolvieron en 200 mL de HCL 0.001 M.

➤ *Solución de BAPNA:*

Se pesaron 4 mg de BAPNA posteriormente se disolvieron en 250 μ L de dimetil sulfóxido (DMSO), finalmente se diluyeron en 10 mL de solución trabajo precalentada (37°C).

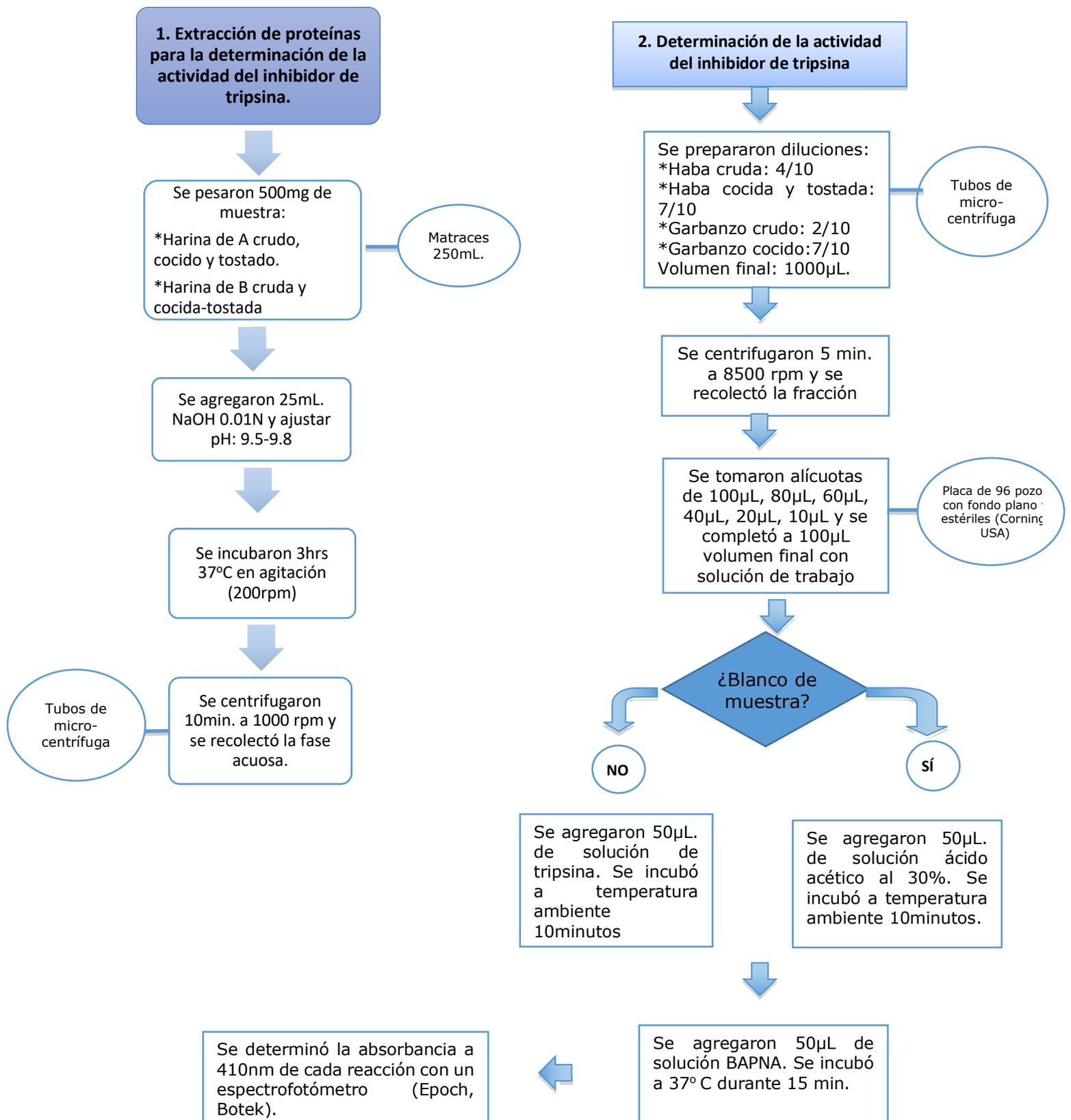


Figura 6. Metodología para la determinación de inhibidores de tripsina

2.2.5 PRUEBAS REOLÓGICAS

Se utilizó un reómetro de esfuerzo controlado (Anton Paar Physica MCR101) a 25°C con la configuración de cilindros concéntricos CC27 para obtener las curvas de flujo y los módulos de amplitud y frecuencia. El análisis de datos se hizo con el software Rheopus 3.5 ®.

Para determinar la concentración del hidrocoloide se probaron diferentes cantidades de carragenina (2 %, 2.5 %, 3 %, 4 %, 5 %) en una formulación. Una vez definida la concentración (%) se sometieron a prueba las demás formulaciones.

Las lecturas de amplitud se realizaron a una frecuencia de 10 rad/s en un rango de deformación desde 0.1 a 100%. Las lecturas de frecuencia angular se realizaron desde 0.1 a 500 rad/s. Posteriormente se hizo el cálculo de tan delta (δ), resultante del cociente entre el módulo viscoso (G'') y el módulo elástico (G').

Las curvas de flujo fueron tratadas a través de la ley de potencia sustituida en la definición de viscosidad (Méndez-Sánchez, 2010) para utilizar:

$$\eta = k\dot{\gamma}^{n-1}$$

Con la cual se obtuvieron los valores de K (índice de consistencia) y n (índice de flujo).

Las determinaciones para cada muestra se realizaron a 25° C. En el ANEXO incluyen las gráficas de todas las formulaciones.

2.2.6 DISEÑO DE MEZCLAS

A través del programa Statgraphics® se realizó el diseño de mezclas. Con ello, se obtuvieron 15 mezclas, variando entre ellas los porcentajes de adición para cada harina.

2.2.6.1 BALANCE DE NUTRIMENTOS

Para cada una de las mezclas obtenidas se calculó el aporte energético, nutrimental y de aminoácidos en base seca, utilizando los datos del

Análisis Químico Proximal y del perfil de aminoácidos obtenidos anteriormente.

2.2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

2.2.7.1 PRUEBA NIVEL DE AGRADO EN CONSUMIDORES.

Lugar: fue realizada en la clínica del Hígado del Hospital General.

Población: con pacientes que presentaran algún diagnóstico de falla hepática (cirrosis, hepatitis, etc.).

Tamaño de muestra: basado en un estudio previo realizado por Putadechakum (2012), en donde utilizando la fórmula para contraste de hipótesis de dos proporciones, se obtuvo que para realizar esas pruebas fue necesario que participaran 24 pacientes en total, considerando que un 45.5% de la población presentaban un SGA (Asesoría global subjetiva por sus siglas en inglés) clase A y el resto se ubicaban en las clases B y C, de los cuales posteriormente fueron sometidos a un régimen con suplementación proteínica presentando mejoría en la clase de acuerdo al SGA 18 (81.8%) pacientes.

Por esta razón y por las restricciones médicas de algunos pacientes para participar en la prueba, se decidió realizarla con 30.

Procedimiento: El cuestionario aplicado incluyó preguntas filtro para conocer la frecuencia de consumo de suplementos alimenticios, el gasto mensual y la marca de suplementos que consumían. Se les presentaron las tres formulaciones finales del suplemento con diferentes códigos y en diferente orden, evaluando el nivel de agrado del producto en general, el sabor, el dulzor y la textura en una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 es el valor de menor agrado y 9 el de mayor.

Con los resultados obtenidos para cada atributo, se realizaron ANOVAS, en caso de haber una diferencia significativa se aplicaría el método de la diferencia mínima significativa de Fisher o método LSD (Least significant difference) para realizar una comparación entre las formulaciones.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 HARINAS Y LECHE EN POLVO

3.1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LAS HARINAS

Se obtuvieron 2 kg de cada harina en el proceso de molienda y tamizado desarrollado en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), el cual tiene una pérdida del 3% incluyendo aquellas partículas retenidas en los tamices (tamaño de partícula mayor a 0.420 mm).

De acuerdo con la NOM-147-SSA1-1996 al realizar las inspecciones visual y olfativa ninguna presentó materia extraña, ni aromas extraños.

3.1.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA.

3.1.2.1 COLOR (PANTONE).

La identidad visual de las harinas obtenidas por medio del Sistema de Identificación Pantone® mostró que hay diferencia entre ellas, siendo las harinas A y B de un color café (*Tabla 9*) en contraste con las harinas C y D que poseen tonos más claros. La variación depende también del color inicial del grano siendo más claros en las harinas C y D, además de que se sometieron solamente al proceso de tostado mientras que las demás se sometieron a dos procesos (cocción y secado).

Tabla 9. Identificación de las harinas según el Sistema Pantone®

Muestra	Código Pantone®	Color
Harina A	4635 C	
Harina B	463 C	
Harina C	4685 C	
Harina D	468 C	

3.1.2.2 HUMEDAD Y MATERIA EXTRAÑA.

Las harinas obtenidas cumplen con las especificaciones físicas sanitarias de la NOM-147-SSA1-1996 (*Tabla 10*), encontrándose debajo del límite máximo de humedad permitido (15%) y no presentando materia extraña, lo que las hace adecuadas para ser materia prima.

Tabla 10. Contenido de humedad y materia extraña en las harinas obtenidas.

Determinación	Resultado	
Humedad	Harina A	10.27% ± 0.015
	Harina B	6.21% ± 0.032
	Harina C	10.74% ± 0.055
	Harina D	10.28% ± 0.079
Materia extraña	No se encontraron fragmentos de insectos, pelo de roedor, ni excretas del mismo.	

Existe una variación entre la humedad de la harina B con respecto a las demás, por lo que se realizó una ANOVA del porcentaje de humedad (*ANEXO I*) en donde se obtuvo diferencia significativa, posteriormente se indicó con un análisis Fisher LSD a un nivel de confianza de 95% (*ANEXO I*) que solamente la media del porcentaje de humedad entre la Harina A y D fue igual. Las demás comparaciones si fueron significativamente diferentes entre ellas, siendo la Harina C la que obtuvo el valor mayor de humedad y la harina B el menor valor de humedad.

A pesar de que las condiciones a las que se sometieron las harinas para su obtención fueron las mismas, esta diferencia puede atribuirse a la humedad inicial del grano de la harina B (71.54% teórica).

Este factor es muy importante en la comercialización de los granos pues se clasifican en clases de acuerdo a éste y otros parámetros de calidad (determinada cantidad de granos dañados o defectuosos, y determinado porcentaje de impurezas y materias extrañas), es común que se sometan a un secado artificial antes de ser vendidos. Esto permite que se almacenen por periodos de tiempo prolongados sin que se deterioren. La temperatura de secado varía de acuerdo al tiempo de exposición del aire de secado y al equipo de secado: algunos métodos como en el enfriamiento lento diferido o "dryeration" se utiliza aire caliente a temperaturas entre 50 y 60 °C en las primeras etapas y la última etapa no debe superar los 110 °C por lo que entre más alta sea la temperatura, mayor es la cantidad de agua libre y ligada que se pierde (Pereira, 1991).

3.1.2.3 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL. HARINAS Y LECHE EN POLVO.

En la *Tabla 11* se presentan los valores teóricos del análisis químico proximal (AQP) de las harinas en base seca, se observa que el contenido de proteína es mayor en las leguminosas tal y como se reporta en algunos artículos (FAO, 2016) pero al combinar con la de los cereales y pseudocereales, se obtiene una de alta calidad por la complementación de los aminoácidos.

Tabla 11. Composición nutrimental de las harinas

Análisis Químico Proximal (g/100g)							
Producto	Humedad	Energía (kcal/100g)	Proteína	Lípidos totales	Cenizas	Hidratos de Carbono Totales	Fibra dietética total
Harina A	10.28	387.00	24.96	6.69	3.200	54.87	10.80
Harina B	10.27	350.98	24.30	1.22	3.510	60.70	8.84
Harina C	10.74	340.00	13.21	2.50	0.899	72.65	10.70
Harina D	6.21	389.14	17.80	4.90	2.630	68.46	14.40

Solo en las harinas A y D se eleva el contenido de lípidos; sin embargo, el tipo de lípidos que contienen es principalmente de ácidos grasos poliinsaturados (62-67%) y en menor cantidad (12-14%) las grasas saturadas (Wood, 2007). Su consumo es benéfico para la salud y recomendable ya que dentro del grupo de los ácidos poliinsaturados se encuentran algunos que no pueden ser sintetizados por los humanos como el linoleico (LA) y alfa-linolénico (ALA).

La harina C contiene poca cantidad de cenizas debido a que durante el proceso de obtención se eliminó la mayor cantidad de salvado o cáscara pues su presencia llega a impartir un sabor a madera indeseable en el producto final.

Todas las harinas aportan grandes cantidades de fibra dietética total (8-14%) lo cual es importante en el producto pues favorece la excreción fecal de amonio y disminuyen el tiempo del tránsito intestinal (Aceves-Martins, 2014), además de que propicia una liberación lenta y gradual de energía, genera sensaciones de saciedad, y contribuye a estabilizar los niveles de glucemia (Javaloyes, 2016).

Se utilizó leche de vaca en polvo deslactosada y desengrasada (light) del cual se obtuvo el aporte nutrimental (*Tabla 12*), se observa que el aporte proteínico es mayor que algunas harinas; sin embargo, el tipo de proteínas que aporta no son las mismas, las caseínas, que representan 80% del total y las proteínas del suero o seroproteínas el 20% restante; dado a que del 96 a 98% en los lípidos de la leche corresponden al grupo de los triacilglicéridos (Badui, 2006), se decidió utilizarla baja en grasa y de acuerdo con las especificaciones de las NOM-155-SCFI-2012, debe de tener un contenido de grasa butírica menor al 1.5% (m/m).

Tabla 12. Composición nutrimental de la leche en polvo

Leche en Polvo deslactosada light (g/100g)		
Energía (kcal)	460.40	kcal
Humedad	1.064	g
Proteínas	20.51	g
Grasa total	11.91	g
Hidratos de Carbono	66.17	g
Fibra dietética	20.51	g
Vitamina A	436.70	µg
Vitamina D	5.96	µg
Vitamina C	79.40	mg
Vitamina B6	214.38	µg
Sodio	397	mg
Calcio	1600	mg
Hierro	10	mg
Zinc	5.50	mg

3.1.3 CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y ENZIMÁTICA

3.1.3.1. PERFIL DE AMINOÁCIDOS.

Se utilizaron los perfiles de aminoácidos reportados en la literatura (Anexo II) para saber la cantidad que aportarían. En la harina C destacan especialmente la lisina y triptófano, ambos esenciales pero destaca aún más en el contenido de estos aminoácidos la harina D (0.73g de lisina/100g de proteína y 0.997g de triptófano/100g de proteína), lo que ayuda a complementar la deficiencia observada en las harinas A y B de estos aminoácidos. La lisina ayuda en la absorción del calcio del tracto digestivo (Aguilar, 2008); por otro lado es importante que el triptófano se encuentre en altas cantidades ya que es común en aquellos que presentan

una malnutrición calórico proteínica, también presenten una deficiencia en este aminoácido (Bielsalski, 2007).

Las harinas A, B y D son deficientes en metionina y cistina pero la harina C contiene más del doble comparado con ellos (0.312g de metionina/ 100g proteína y 408g de cistina/ 100g de proteína). La metionina participa en la degradación de las grasas y por consiguiente previene la acumulación en las arterias y la cistina ayuda en la desintoxicación del hígado (Rizki, 2006).

Así mismo, se observa que las proteínas de origen animal contienen una mayor cantidad y diversidad de aminoácidos, poseen un valor biológico más elevado que las de origen vegetal; sin embargo, estas proteínas presentan el inconveniente de ser más difíciles de digerir por el organismo. (Aceves-Martins, 2014) Por esto se consideró incluir proteínas de origen vegetal, para que el aprovechamiento se presente de manera significativa.

3.1.3.2. INHIBIDORES DE TRIPSINA

De acuerdo al tratamiento térmico aplicado a cada legumbre, se obtuvieron no sólo cambios en su estructura, funcionalidad y propiedades fisicoquímicas, sino una evidente reducción de factores antinutrientales a un nivel que no implique un riesgo a la salud del paciente.

La *Figura 7* muestra la comparación de la actividad del inhibidor de tripsina en las dos harinas con y sin tratamiento térmico, en donde se observa efectivamente una reducción de la actividad.

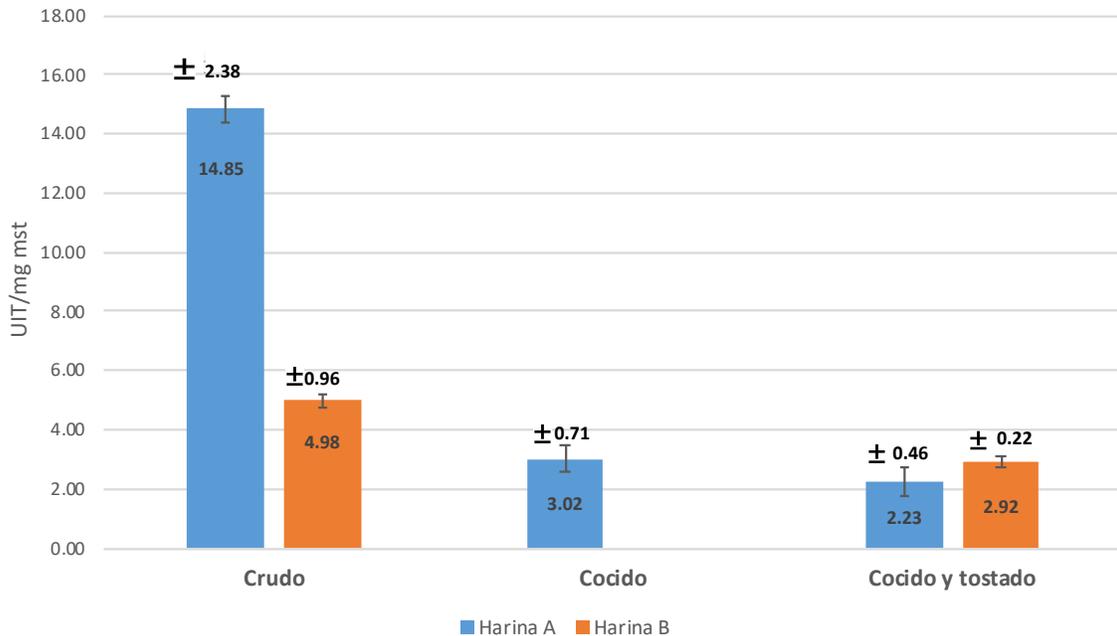


Figura 7. Comparación de la actividad de inhibidor de tripsina de harina de B y C.

Para la harina A cruda se obtuvo un valor de 14.85 UIT/ mg muestra, más alto cuando se somete a un tratamiento térmico e incluso mayor que la harina B cruda (4.98 UIT/mg muestra), lo que coincide con lo reportado por la literatura (Márquez, 1999), pues encontraron que esa legumbre tiene niveles más altos de inhibidor de tripsina que otras como el frijol o la lenteja, esto puede deberse a que el contenido de proteína en el grano de la harina A es mayor que en el grano B (8.86 y 7.6 g proteína/100g de grano, respectivamente) y los inhibidores de tripsina tipo Kunitz y Bowman-Birk son proteínas solubles en agua (albúminas) que constituyen del 0.2 al 2 % del total de la proteína soluble de las legumbres (Savage, 2003).

Para la harina A, cuando se sometió a cocción, se obtuvo porcentaje de reducción del 79.64%; un calentamiento en seco posterior, que fue el tostado, redujo aproximadamente un 5% más las UIT/mg muestra, aunque no se encuentra un valor fijo reportado sobre cuales son los niveles adecuados del inhibidor de tripsina, se prefiere en todos los casos que sea mayor al 50% de la actividad, valor que la harina B no pudo sobrepasar aún mezclando dos tratamientos térmicos (cocción y tostado), esto pudo deberse a que contiene en gran cantidad inhibidores de tripsina del tipo Bowman-Birk, que son estables bajo condiciones normales de tratamiento térmico (Damodaran, 2006), y el aplicado fue suficiente solo

para eliminar gran parte de los inhibidores de la proteasa de tipo Kunitz pero no las del tipo Bowman-Birk.

El tratamiento térmico además de disminuir la actividad de los inhibidores de tripsina, afecta en las propiedades funcionales del producto como la solubilidad, dependiendo del tipo de almidón presente y del grado de modificación (incluyendo nueva cristalización o recristalización y perfección de las pequeñas regiones cristalinas), puede dar como resultado gelatinización o retrogradación del gránulo (Chung, 2009), por lo que cambiar las condiciones del tratamiento para la harina A sería muy drástico, afectando la calidad de las proteínas al disminuir su valor nutrimental (García, 2013). Por otro lado, la reacción de Maillard implica la condensación del grupo NH_2 de un aminoácido con un azúcar reductor y entre todos los aminoácidos la lisina al contener una exposición libre del grupo NH_2 que reacciona con el grupo carbonilo de un azúcar reductor es más susceptible a esta reacción (disminuye el contenido de lisina), lo cual no es deseable para este tipo de productos. (González-Vega, 2011)

Con la información obtenida no se considerarán como opciones para las evaluaciones sensoriales aquellas formulaciones en cuya proporción sobresalga la harina de B.

3.2 DISEÑO DE MEZCLAS

3.2.1 DISEÑO DE MEZCLAS (PROPORCIÓN DE LOS INGREDIENTES) Y CÁLCULO DE APORTE ENERGÉTICO Y NUTRIMENTAL TEÓRICO.

3.2.1.1 MEZCLA DE HARINAS Y LECHE EN POLVO

Se decidió que la mezcla en polvo (harinas y leche en polvo) representaría el 15% del total y lo restante se dividió entre el agua potable para reconstituir las formulaciones, el agente dispersante seleccionado y el saborizante de vainilla.

A través del programa estadístico se obtuvieron 15 propuestas diferentes, variando únicamente la proporción de las harinas A, B, C y D. Como una manera de complementar aún más el valor proteínico del producto, se decidió que la leche en polvo deslactosada y descremada se encontrara en la misma proporción que la mezcla de harinas.

3.2.1.2 SABORIZANTE

Se decidió utilizar un saborizante con la finalidad de hacer más atractivo al producto en sabor y aroma. Para definir la concentración utilizada se realizaron pruebas tomando como referencia que otros productos la utilizaban entre 300-2000ppm dependiendo su funcionalidad y pureza, por lo que se decidió utilizar en una concentración dentro de este intervalo tomando en cuenta que las harinas junto con la leche en polvo aportan un aroma intenso y no se buscaba enmascarar este aroma.

3.2.1.3 HIDROCOLOIDE

Se seleccionó como agente dispersante debido a la buena interacción que tiene con la leche, ya que la caseína contenida en ella se presenta en forma de pequeñas partículas o micelas en suspensión que interaccionan directamente con el hidrocoloide gracias a la formación de puentes de calcio y puentes de hidrógeno, por lo que la estabilidad es mayor (Carrillo, 2016).

Se utilizó la mezcla del hidrocoloide pues permite que se combinen fácilmente con las proteínas de la leche mejorando la solubilidad y textura del producto y cumpliendo así la función para la cual fue seleccionado, además de que se solubiliza mejor en medio acuoso a temperaturas calientes o frías (Tobacman, 2001).

Este hidrocoloide no tiene aporta calorías por lo que no afecta el balance de nutrimentos. Asimismo, se buscó que la textura final del producto fuera espesa, tipo papilla y tomando esto como referencia, se realizaron mezclas con un porcentaje 2, 2.5, 3, 4 y 5% del total inicialmente (de menor a mayor concentración).

Visiblemente y al manipular con un utensilio común de cocina (cuchara), se observó que a partir de la concentración al 4% la consistencia era bastante rígida y a pesar de que los sólidos insolubles del producto se dispersaron totalmente no era lo deseado, a diferencia de la concentración al 1% que no logró la dispersión total pues después de la agitación, se observó la sedimentación (*Figura 8*), por lo que se decidió trabajar con 2, 2.5 y 3%. Para definir la mejor opción se realizaron lecturas reológicas de amplitud, frecuencia y flujo.



Figura 8. Mezcla con concentración al 2 % del hidrocoloide. Formación de sedimento.

Se eligió la formulación que tuviera la misma proporción en las harinas (Formulación 11) para evaluar su comportamiento y estabilidad. Hay que resaltar que una de las propiedades buscadas en el producto era la facilidad de reconstituir manualmente, ya que existen otros suplementos en polvo que necesitan de mayor fuerza de agitación como la que proporciona una licuadora, ejemplo de los más comunes son los batidos de ENTEREX o HERBALIFE®.

En las lecturas reológicas (*ANEXO IV. Figura I*), se observa inicialmente que el producto tiene un comportamiento de un fluido no-Newtoniano tipo pseudoplástico en donde no existe proporción entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación ya que en las curvas de flujo se observó que a mayor velocidad de deformación disminuye la viscosidad.

Este comportamiento se puede explicar gracias a que existen una serie de macromoléculas en forma de filamentos porosos que contienen grupos de átomos con una gran movilidad, en este caso serían aportados por la mezcla de harinas con el hidrocoloide y que están dentro de un líquido newtoniano que este caso es el agua y la leche disueltos en ella. Al principio se forman filamentos bastante enredados pero con el tiempo, la velocidad de deformación aumenta y la resultante de las fuerzas tiende a desenredar esos filamentos en la dirección del flujo, dando como resultado la disminución de la fricción interna y así disminuyendo la viscosidad (Ramírez, 2006).

Se utilizaron los módulos de almacenamiento y pérdida para entender el cambio de forma que experimenta el material elástico cuando se aplican esfuerzos cortantes.

Con el barrido de amplitud (*ANEXO IV. FIGURA II*) inicialmente los valores que se obtuvieron en el módulo de almacenamiento fueron mayores que los de pérdida, conforme era mayor la concentración del hidrocoloide también aumentaba el porcentaje de deformación necesario para que se perdiera la elasticidad en el producto (*Tabla 13*), debido a que el gel formado es más rígido.

Tabla 13. Información obtenida a partir de la prueba de amplitud.

Porcentaje de carragenina utilizada	Porcentaje de deformación
2 %	10
2.5 %	21.7
3 %	31.8

En las gráficas (*ANEXO IV. Figura III*) se determinó el intervalo viscoelástico lineal (LVR). Para las tres concentraciones el comportamiento es estable de los módulos (tendencia lineal) a bajas frecuencias hasta aproximadamente un 0.664, 1.71 y 4.41 % para las concentraciones 2, 2.5 y 3 % respectivamente, lo que permite que la reconstitución del producto de manera manual.

Debido que con la concentración 3% de carragenina se obtiene mayor estabilidad, mayor viscosidad y la textura física buscada tipo papilla más fluida, se define esta concentración para las formulaciones.

3.3 BALANCE DE NUTRIMENTOS

Como ya se mencionó antes, la proporción entre la mezcla de harinas y leche en polvo es la misma. Se realizó el balance para todas las formulaciones (*ANEXO V*) observando el aporte de proteína que es el macronutriente de interés.

Como ya se mencionó en el marco teórico, es recomendado incluir fórmulas con altas cantidades de energía, para aquellos que además de cirrosis presentan ascitis para minimizar la sobrecarga de líquidos, y altas cantidades de proteínas en las etapas iniciales de la enfermedad, porque ayuda a aumentar la disponibilidad de aminoácidos y suprimir la

gluconeogénesis a partir de aminoácidos derivados de la proteólisis endógena (Dasarathy, 2007).

Por lo que se tomó como referencia de cantidad de proteína de ENTEREX que es un suplemento comercial especializado para cirróticos de importación, cuyo aporte de proteína es aproximadamente de 17 g por cada 100 g de producto. Estos productos tienen la desventaja de ser muy costosos y utilizar únicamente proteína de origen animal principalmente de la leche y una de las complicaciones que se tiene al inicio de la enfermedad es la malabsorción de nutrientes.

Es importante conocer la calidad de la proteína que se obtiene de las harinas utilizadas, por lo que en la *Figura 9* se observa el aporte de aminoácidos para las harinas y la leche en polvo.

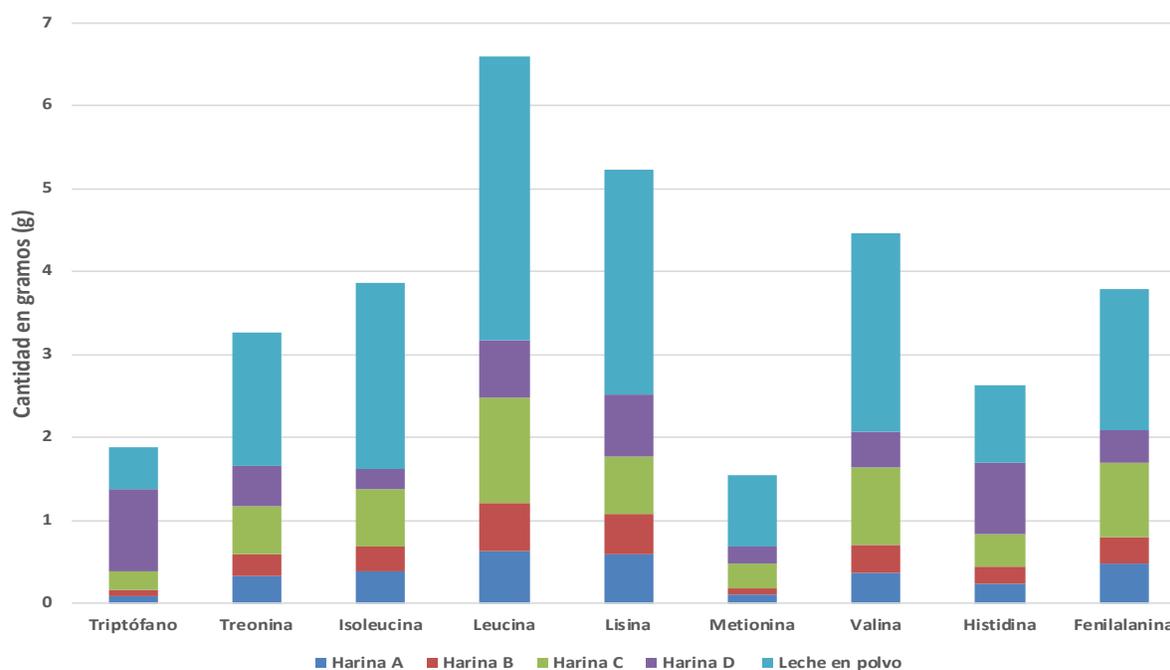


Figura 9. Contenido de aminoácidos esenciales en cada harina (g/100g base seca)

Se observa que la leche en polvo en general es la que aporta una mayor cantidad de aminoácidos esenciales seguido de la harina C que es de una leguminosa.

El aminoácido que sobresale en cantidad es la leucina seguido de lisina, valina e isoleucina, lo cual es ventajoso, ya que este tipo de aminoácidos son de cadena ramificada (ACR) y sirven como un sustrato esencial en la síntesis de proteínas del cuerpo y también como un importante regulador del recambio proteínico. En pacientes con cirrosis hepática es común la

disminución de la concentración de estos aminoácidos y el incremento de los aromáticos (fenilalanina, tirosina, triptófano, metionina), también es común que presenten una deficiencia de glutamato, por lo que para que se pueda obtener glutamato se intensifica el catabolismo de los ACR (Milan, 2010).

También dentro de sus efectos benéficos se ha observado una mejora de la tolerancia a la glucosa, del estrés oxidativo (Ruiz-Margáin, 2017).

En la *Figura 10* se observa el balance de aminoácidos esenciales para cada formulación. Se observa efectivamente que el aminoácido predominante en todas las formulaciones es la leucina, lo cual hace más atractivo el producto a nivel funcional, ya que es el aminoácido más prometedor para revertir la sarcopenia funcionando como activador directo del regulador de síntesis de proteínas, estimula la liberación de insulina desde las células b pancreáticas que funciona como una hormona anabólica en el músculo esquelético (Periyalwar, 2012).

También, se observa que el contenido de metionina y triptófano es bajo, esto ayuda a no seguir contribuyendo al aumento de estos que es característico en el organismo de pacientes con cirrosis hepática.

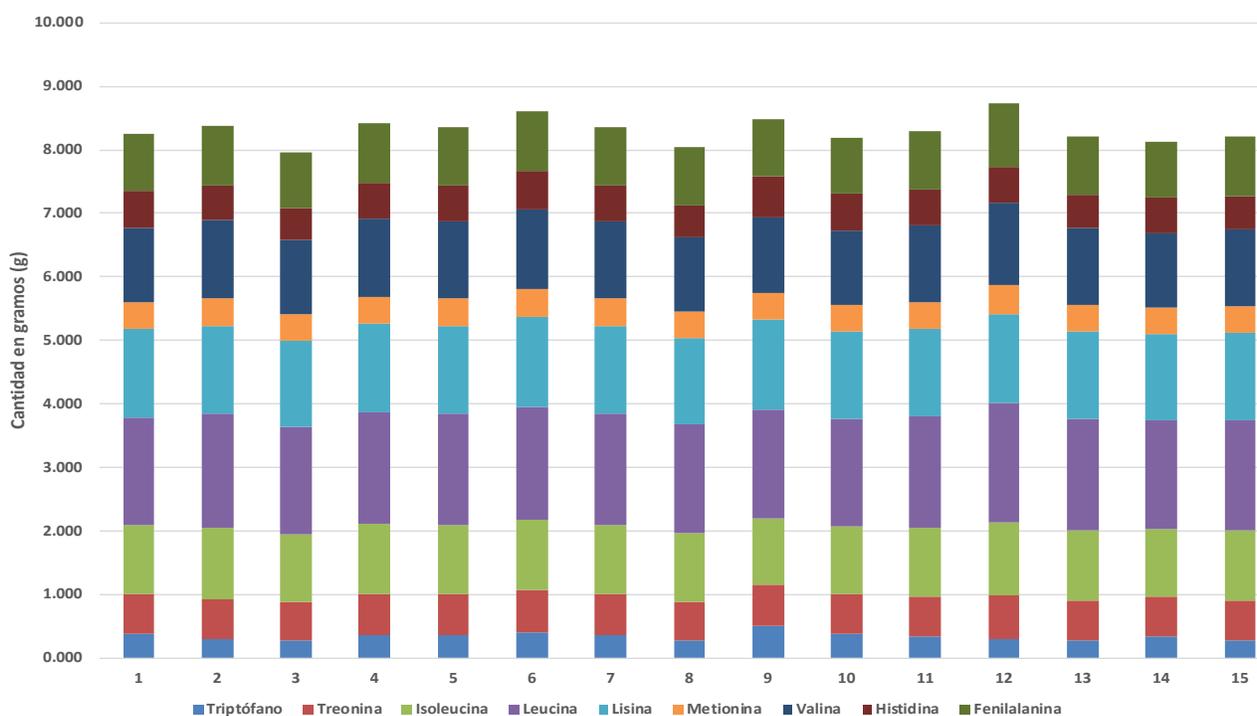


Figura 10. Aporte de aminoácidos esenciales en cada formulación propuesta (g/100g base seca).

Otro nutrimento importante que se debe considerar en la dieta de las personas con cirrosis especialmente para las que presentan edema, es la fibra pues funciona como prebiótico, promoviendo el crecimiento de bacterias benéficas, limitando el crecimiento de bacterias dañinas y su producción de metabolitos perjudiciales, e incrementando el tránsito intestinal (Ruiz-Margáin, 2017). El ingrediente que aporta mayor contenido de fibra es la Harina D seguido de la Harina A (14.4 y 10.8 % respectivamente) y el producto aporta entre 13 y 15 g (valor redondeado) de fibra/100g producto en base seca, esto es aproximadamente de un 25-24% de los carbohidratos totales (*Tabla 15*).

Debido a que no existe una variación en las ingesta diaria de fibra dietética para personas con cirrosis y aquellas sanas, para determinar si el producto entra en la categoría de "Rico en fibra" se tomó el valor diario de referencia reportado en la Food and Drug Administration para calcular el porcentaje de valor diario (% VD), que son 25g (FDA, 2009).

Se realizó el cálculo para todas las formulaciones (*Tabla 14*) obteniéndose valores más allá del 20% de ese nutriente por lo que ya considera un producto rico en fibra.

Tabla 14. Datos utilizados para el cálculo del porcentaje de valor diario de la fibra dietética.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Carbohidratos (g)	53.079	53.597	52.120	53.985	54.318	55.277	54.465	51.400	54.759	53.800	53.699	55.795	53.345	53.000	55.079
De los cuales: - Fibra dietética (%)	25.262	24.164	24.408	24.548	23.398	24.235	24.035	25.222	25.299	24.473	24.319	23.191	23.984	24.715	25.569
% VD	53.635	51.806	50.887	53.009	50.837	53.586	52.363	51.856	55.415	52.666	52.236	51.757	51.177	52.396	56.332

El aporte energético para todas las formulaciones se encuentra en un intervalo de 300-291 Kcal/100g de producto.

Las recomendaciones son de 25 a 40 kcal/kg peso corporal/día, por lo que se proponen dos tomas de 350 mL reconstituido cuyo aporte energético por cada toma va desde los 183 a las 195 Kcal distribuyéndolas en una antes de dormir y otra por la mañana, pues se ha demostrado que los refrigerios nocturnos mejoran la cinética proteínica del cuerpo entero con una menor degradación y una mayor síntesis de proteínas (Periyalwar, 2012).

Considerando lo anterior, de las 15 formulaciones, las formulaciones 1, 3, 8, 10, 13 y 14 cumplen con este aporte proteínico; sin embargo, la formulación 10 se descarta por el aporte elevado de la harina B el cual tiene un elevado contenido del factor antinutricional inhibidor de tripsina.

3.4 PRUEBAS DE ESTABILIDAD

Una vez definida la concentración del hidrocoloide, se evaluó el comportamiento para cada una de las formulaciones.

La *Figura 11* muestra las curvas de flujo para todas las formulaciones. El comportamiento observado es de un flujo no Newtoniano tipo pseudoplástico a esa concentración del hidrocoloide.

Se tomó como referencia un puré de durazno. La consistencia buscada fue cercana a la de una papilla o puré y se observa el mismo comportamiento (mayor velocidad de deformación disminuye la viscosidad) que el de las formulaciones.

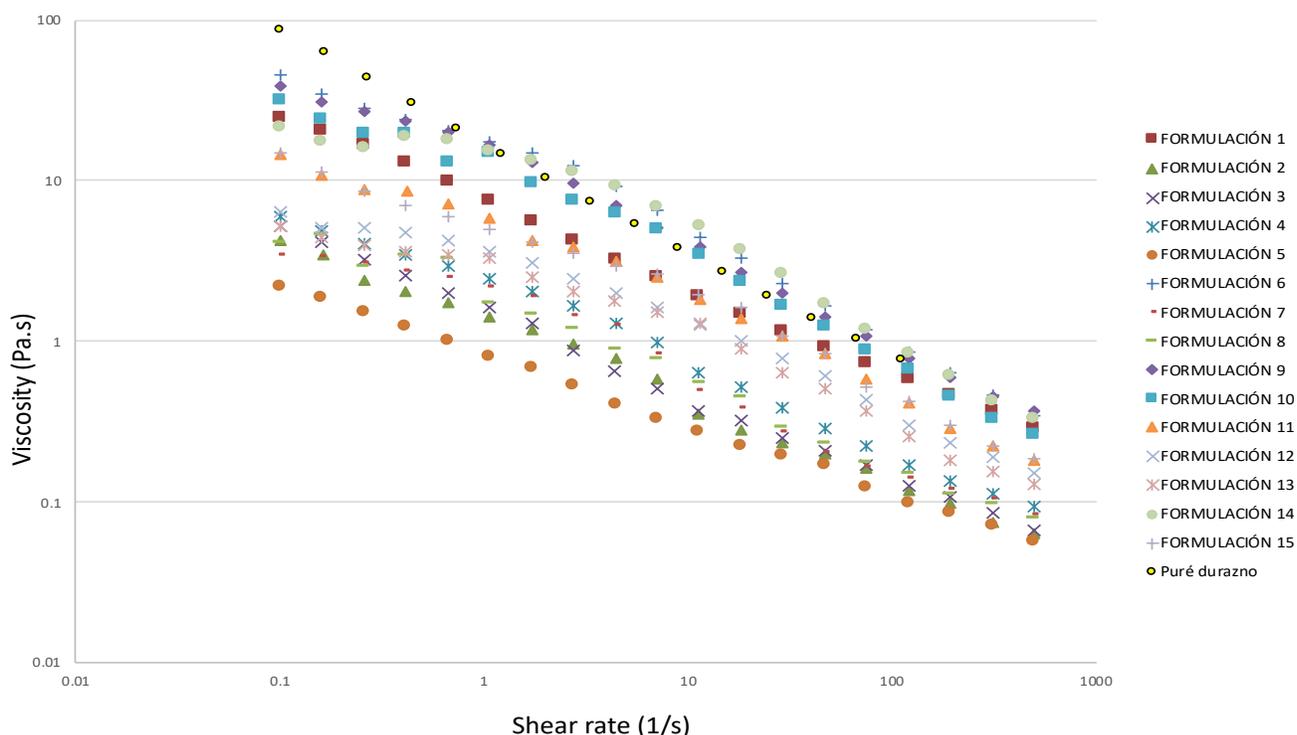


Figura 11. Curvas de flujo de las 15 formulaciones al 3% del hidrocoloide.

Las formulaciones 1, 6, 9, 10 y 14 obtuvieron las curvas de flujo más similares a las del puré de durazno, en su composición una de las harinas que más predominaba fue la del pseudocereal seguida del cereal.

Las formulaciones 11, 12, 13 y 15 fueron las que obtuvieron valores intermedios con respecto al puré de durazno. De estas formulaciones no predominó en cantidad alguna harina, ya que las proporciones fueron muy similares entre ellas.

Las curvas de flujo más alejadas con respecto al puré se obtuvieron con las formulaciones 2, 3, 4, 5, 7, 8, cuyas composiciones tienen principalmente leguminosa A. Este ingrediente cuando está en alta proporción ocasiona una disminución de la estabilidad de la formulación.

Se obtuvo un producto menos viscoso con respecto a las formulaciones similares a la consistencia del puré de durazno. Una posible explicación de este comportamiento es que la densidad es mayor cuando las harinas provienen de un cereal o pseudocereal que de leguminosas.

De acuerdo con la *Tabla 15* todas las formulaciones obtuvieron un índice de flujo menor a la unidad, verificando nuevamente el comportamiento pseudoplástico de las formulaciones y entre más alejado de la unidad sea el valor, más no newtoniano es (Barnes, 2000).

Tabla 15. Valores de “n” y “K” para cada formulación a una concentración de 3% del hidrocoloide.

Formulación	Viscosidad inicial	Índice de consistencia K	Índice del comportamiento del fluido n
Puré de durazno	87.27	17.481	0.682
1	24.7	7.5092	0.536
2	4.28	1.3933	0.504
3	5.18	1.5513	0.52
4	7.14	2.7505	0.534
5	2.21	0.824	0.433
6	46.1	15.933	0.585
7	3.47	1.7597	0.497
8	4.16	1.8372	0.511
9	38.5	14.02	0.578
10	31.5	11.292	0.577
11	14.4	5.4279	0.518
12	6.34	3.1841	0.456
13	5.21	2.6831	0.453
14	21.6	12.214	0.515
15	14.8	5.1976	0.506

*Densidad harina C 0.53 g/cm³ (Chart, s.f.)

*Densidad Harina D 0.53 g/cm³ (Sindhu Ritu, 2016)

Al observar los valores del índice de consistencia K, los más altos coinciden con las curvas de flujo más cercanas al puré de durazno (F 1, 6, 9, 10 y 14) y de igual manera los valores más bajos (F 2, 3, 4, 5, 7, 8), esto significa que a valores menores hay un aumento en la concentración de sólidos de menor tamaño obteniéndose un fluido menos viscoso (Barnes, 2000). Se verifica con los valores de sedimentación ya que hay un % de sedimento más elevado en aquellas con mayor cantidad de leguminosas

Las gráficas de amplitud para cada formulación se muestran en el ANEXO VI. De acuerdo con (Sharma, 2017) se consideró que el límite de la región viscoelástica lineal (RVL) estaría determinado como el valor al cual el módulo elástico G' se redujo al 90% su valor inicial. Como se muestra en la *Tabla 16*, de manera general los valores en términos del % de deformación (Strain) dentro de la RVL se encuentran entre el 0.2% y 0.3%.

Tabla 16. Resultados del barrido de amplitud para todas las formulaciones a una concentración de 3% del hidrocoloide.

Formulación	Deformación en la RVL	Módulo de elasticidad en la RVL	Strain Yield point
No.	[%]	[Pa]	[%]
1	0.317	63.1	10.1
2	0.464	19.8	68.7
3	0.317	7.83	6.82
4	0.315	41.7	21.9
5	0.316	2.7	1.47
6	0.215	29	6.85
7	0.215	40.2	6.87
8	0.216	36.5	14.7
9	0.318	165	14.9
10	0.315	142	4.69
11	0.316	20.2	10
12	0.215	22.4	68.4
13	0.147	39.2	4.67
14	0.216	412	4.71
15	0.216	467	10.1

Puesto que el módulo de elasticidad es un indicador de la rigidez del material, los valores más altos de este módulo en combinación con valores bajos de % deformación en el "Yield point" se traducen en una mayor fragilidad del gel (gel débil), esto se observó en las formulaciones 10 y 14 principalmente en donde la concentración del pseudocereal es mayor.

Los barridos de frecuencia con respecto a los módulos G' y G'' se muestran para cada formulación en el ANEXO VI, a partir de los cuales se obtuvieron los valores del factor de amortiguamiento ($\tan \delta$) que proporciona información sobre el equilibrio de los módulos viscoelásticos de un material. Se observa en la *Figura 12* que la formulación 1 es la única que se encuentra por encima de la unidad, es decir, $\tan \delta > 1$ por la consistencia obtenida fue la más fluida, fácil de manipular para mezclar y dominado por un comportamiento más líquido a diferencia de las demás formulaciones cuyos valores $\tan \delta < 1$ tendiendo más a un sólido elástico y poco viscoso.

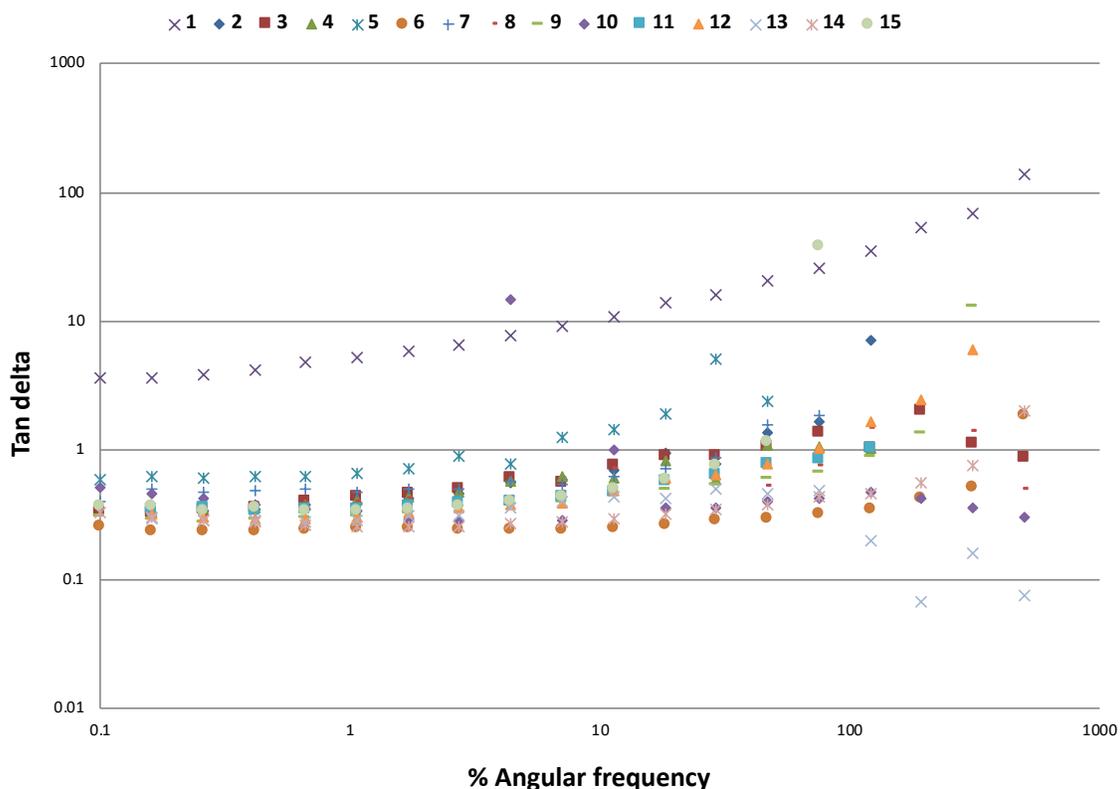


Figura 12. $\tan \delta$ de las 15 formulaciones a 3% del hidrocoloide.

Finalmente con al graficar el módulo complejo (*Figura 13*) se observa que las formulaciones con mayor cantidad de harina de leguminosas principalmente la harina A son las que forman un gel suave y débil (2,3,4,5,7 y 8) a diferencia de las demás.

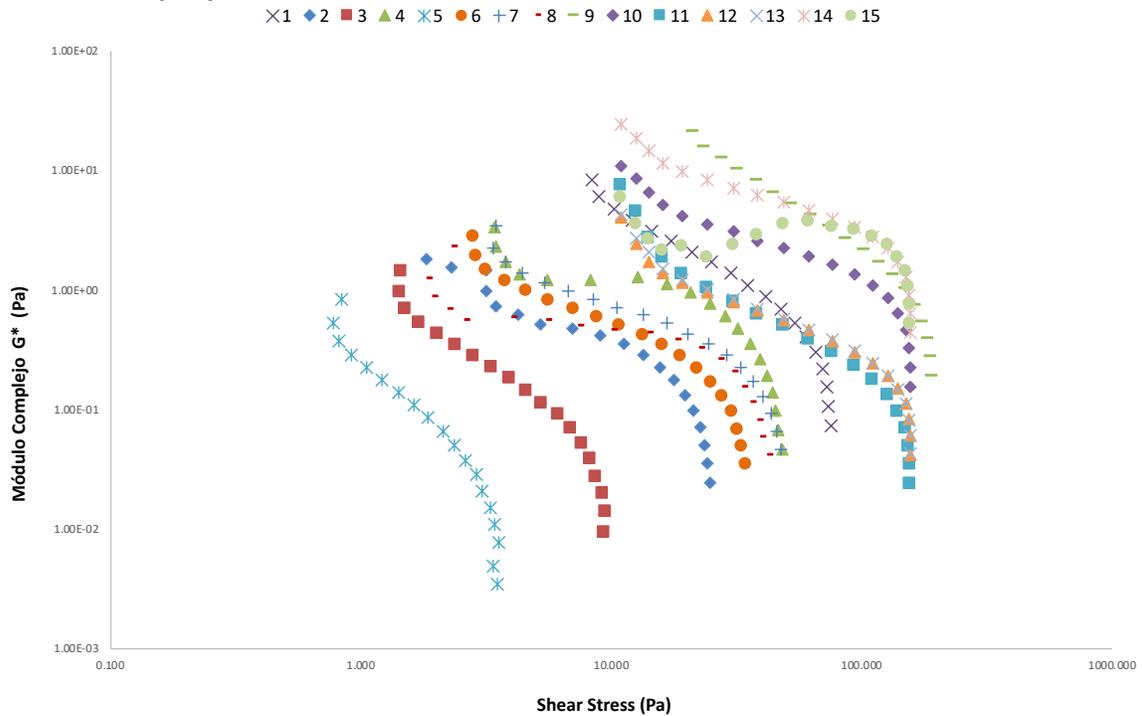


Figura 13. Módulo complejo de las 15 formulaciones a 3% del hidrocoloide.

Las formulaciones descartadas fueron las formulaciones 2, 3, 4, 5, 7 y 8 ya que presentan el comportamiento de un gel suave, débil y poco estable con respecto a las demás. La formulación 1 fue la que mostró un comportamiento estable, un gel rígido y fuerte pero que es fácil de manipular para reconstituir el producto.

3.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES

3.5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

3.5.1 COLOR

El color de las formulaciones obtenidas *ANEXO VII* vario de acuerdo a la proporción de las harinas utilizadas, aquellas en cuya proporción predominaban tanto la harina A como la B desarrollaron tonalidades cafés, mientras que cuando predominaban la harina C y D los tonos eran más claros (*Figura 14*).



Figura 14. Códigos Pantone® obtenidos en las formulaciones

Entre más intenso o mayor sea el número de tratamientos térmicos que se aplicaron, mediante las reacciones de Maillard y caramelización se obtuvieron tonalidades más intensas (González-Vega, 2011) como fue en el caso de las harinas de leguminosas que para su obtención se aplicaron dos tratamientos mientras que en las demás solamente uno.

Esta diferencia de tonalidades es importante ya que la apariencia de un producto despierta curiosidad por el sabor del alimento y puede sugerir al consumidor los ingredientes que lo conforman (Mathias-Rettig, 2014) Los colores obtenidos de las formulaciones más oscuras sugieren que el sabor va a ser a chocolate mientras que los más claros se orientan más a sabores como vainilla.

No se consideró la opción de utilizar diferentes saborizantes de acuerdo al color ya que la mayoría de las personas tienen el concepto de que durante la enfermedad es peligroso incluir el chocolate en su dieta, una desventaja en la comercialización del producto.

3.5.1.2 DENSIDAD

Los resultados de la determinación de densidad mostrados en el ANEXO VII, Tabla VIII y representado en la *Figura 15*.

La densidad relaciona la masa con el volumen ocupado por la harina, incluyendo el volumen de las partículas y los espacios disponibles entre las mismas así, las harinas con una mayor densidad muestran un menor volumen, lo que supone una mejora en su uso y manejo (Dzudie, 1996), esto se observó en aquellas formulaciones cuya densidad fue mayor a 1; sin embargo, cuando los valores son más altos se obtuvo una consistencia más fluida tendiendo a líquido, a diferencia de los que tuvieron valores menor a 1 cuya consistencia hace más complicada su reconstitución con agua.

Se evidencian valores más pequeños de densidad en aquellas que de mayor cantidad del pseudocereal como en la formulación 9 (0.979g/mL); los valores altos se obtuvieron para aquellas que contenían más de leguminosas de la harina A como en la formulación 8 (1.052g/mL), o más de la harina B como en la formulación 15 (1.074 g/mL) pero los valores más altos se obtuvieron cuando predominaban ambas harinas como en la formulación 14 (1.106g/mL)

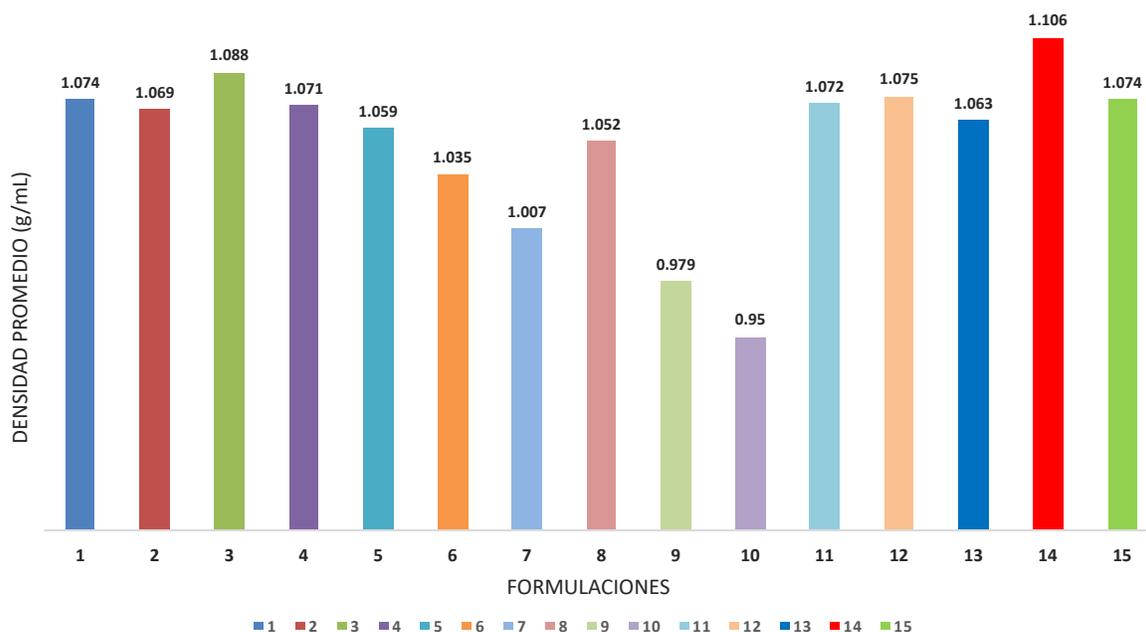


Figura 15. Valores de densidad obtenidos para cada formulación con el hidrocoloide por el método del picnómetro.

Como se observó en las pruebas de estabilidad de las formulaciones, aquellas que formaban un gel débil, fueron aquellas que tenían más cantidad de harinas de leguminosas, generalmente el almidón de las legumbres presenta una mayor resistencia al hinchamiento y a la ruptura que el perteneciente a cereales (Singh, 1989) por ello, aquellas con mayor cantidad de harinas de leguminosas fueron menos viscosas y con los valores de densidad más grandes.

3.5.1.3 SEDIMENTACIÓN

Se realizó la prueba sedimentación para las todas formulaciones. Se observa en la *Figura 16* los porcentajes de sedimentación sin hidrocoloide se obtuvo un valor mayor en la formulación 8 que contiene mayor cantidad de la harina A (6.778% del total de la formulación en polvo sin hidrocoloide), la consistencia de este producto es más líquida así como en la formulación 15 en la cual predomina la cantidad de harina B por lo que las harinas de leguminosas son la que aportan mayor cantidad de sedimento, es decir, mayor cantidad de partículas insolubles.

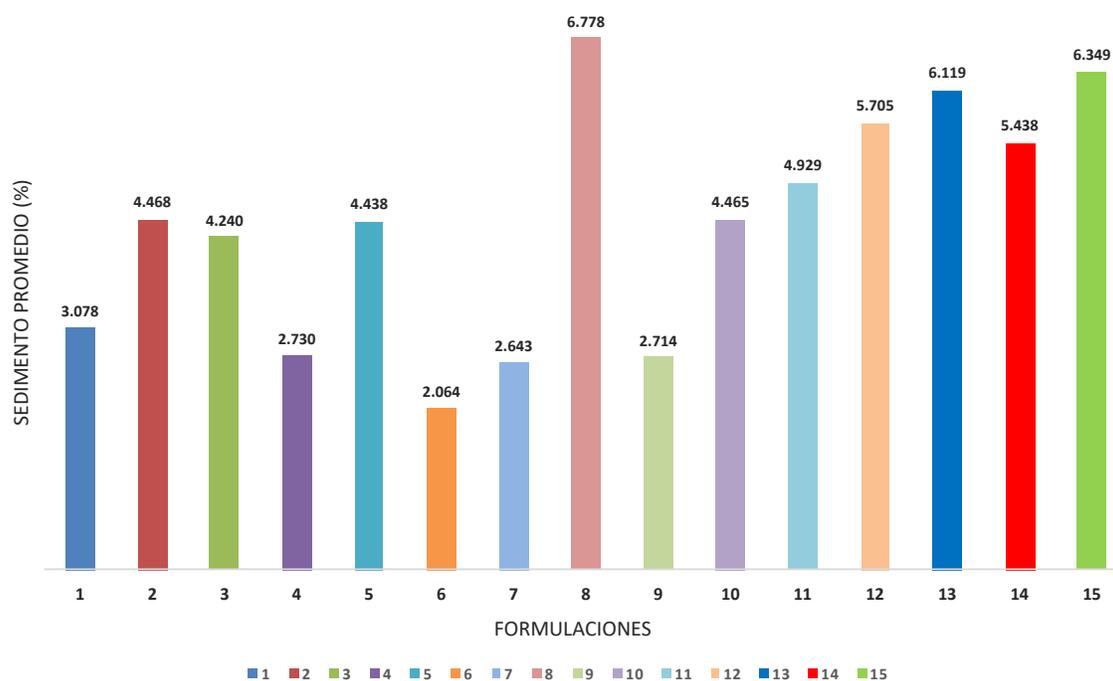
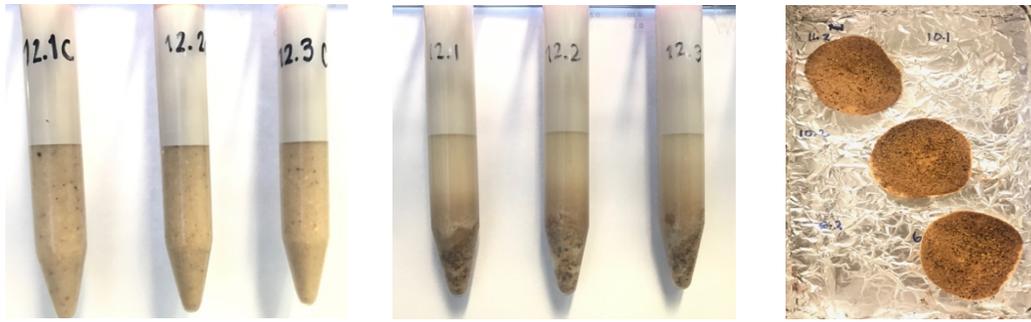


Figura 16. Porcentaje de sedimentación obtenidos para cada formulación sin el hidrocoloide.

La partículas insolubles encontradas en las harinas forman parte de la envoltura de la semilla llamada cubierta seminal, tegumento o testa, la cual forma una capa gruesa e impermeable que puede impedir la entrada del agua, sin la que la semilla no puede germinar (Aguilera, 2009).

Se comprobó la efectividad del hidrocoloide al dispersar los sólidos aún después de ser sometidos a una centrifugación.

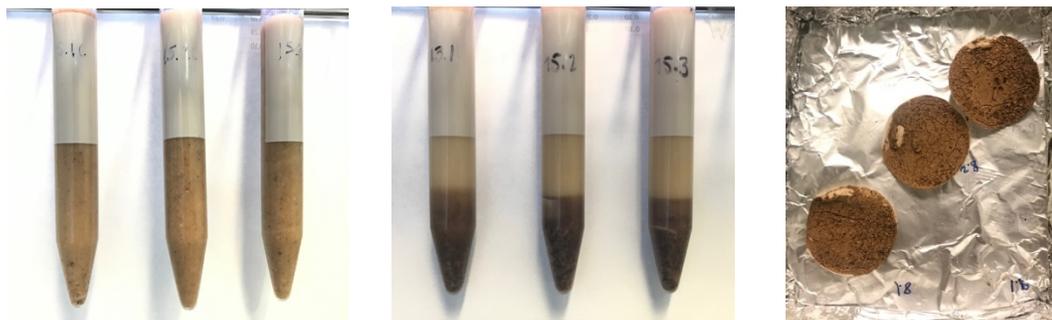


a) Con carragenina

b) Sin carragenina

c) Sedimento

Figura 17. Resultados de la prueba de sedimentación para la formulación 12



a) Con carragenina

b) Sin carragenina

c) Sedimento

Figura 18. Resultados de la prueba de sedimentación para la formulación 15

3.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL

3.5.2.1 PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO CON CONSUMIDORES

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente en el balance de nutrimentos, de aminoácidos, prueba de inhibidor de tripsina, pruebas de estabilidad, densidad y sedimentación, se seleccionaron las formulaciones 1, 8 y 13 las cuales cumplen con los valores de proteína (mayor a 17g de proteína/100g de producto), aminoácidos e inhibidores de tripsina a los niveles requeridos (disminución mayor a 50%); sin embargo, son diferentes en textura y color, esto se hizo con la finalidad de mostrar al consumidor las posibles presentaciones, evaluar su aprobación y así determinar las características generales que buscan en este tipo de productos.

El 33.33% de la población evaluada correspondió al sexo masculino con un intervalo de edad de entre 69-36 años y una media de 57 años, el 66.66% restante correspondió al sexo femenino con un intervalo de edad de entre 79-37 años y una media de 59 años.

El diagnóstico en la población mostró que 14 se encontraron en la etapa inicial de la enfermedad, 10 presentaron como factor desencadenante hepatitis C, 3 presentaron ya insuficiencia hepática y 3 asociaban la enfermedad con el hígado graso.

La *Figura 19* muestra los resultados acerca del consumo de suplementos y señalan que el 66.67% población no consumía suplementos de ningún tipo por recomendación del médico que sigue el tratamiento, el 20% corresponde a los que consumen Ensure® de la línea Advance que está enfocado a la población en la etapa de vejez destacando en sus ingredientes Vitamina D y Beta-hidroxi-beta-metilbutirato, el 10% consume Isopure® constituido principalmente por proteínas de suero (leche) y el 3% no recuerda la marca de los productos que consume.

Los suplementos que consumieron no fueron sugeridos por algún especialista para tratar el padecimiento presentado; sin embargo, un 23.33% los consume de manera diaria y el 10% al menos 3 veces por semana.

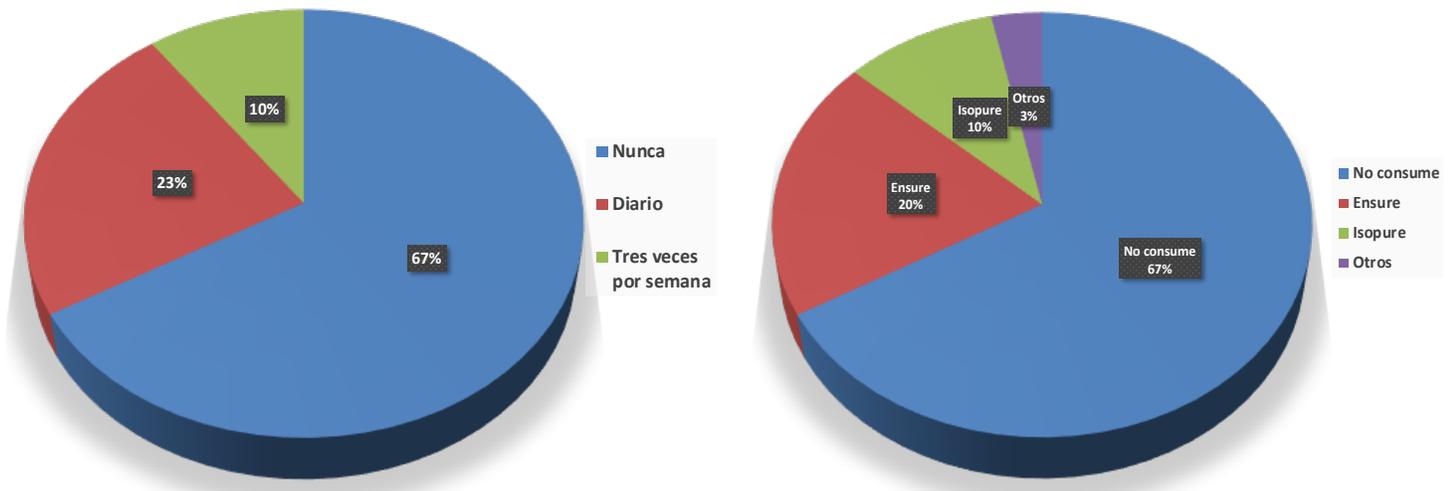


Figura 19. Consumo de suplementos alimenticios y su frecuencia de consumo

En cuanto a la prueba de nivel de agrado, se realizó una ANOVA considerando todas las calificaciones obtenidas para las tres formulaciones en los niveles de agrado general, sabor y textura. Se obtuvo $p > 0.05$, por lo que no hay diferencia significativa entre las muestras (ANEXO VII, E).

Los valores mayores a 6, en la escala hedónica se interpreta como calificaciones de "me gusta", por lo que se realizó una segunda ANOVA (ANEXO VII, E) sólo considerando calificaciones de 6-9. Siguió la misma tendencia ($p > 0.05$), donde la Formulación 1 obtuvo los valores más altos en agrado general, sabor, textura como se observa en la Figura 20.

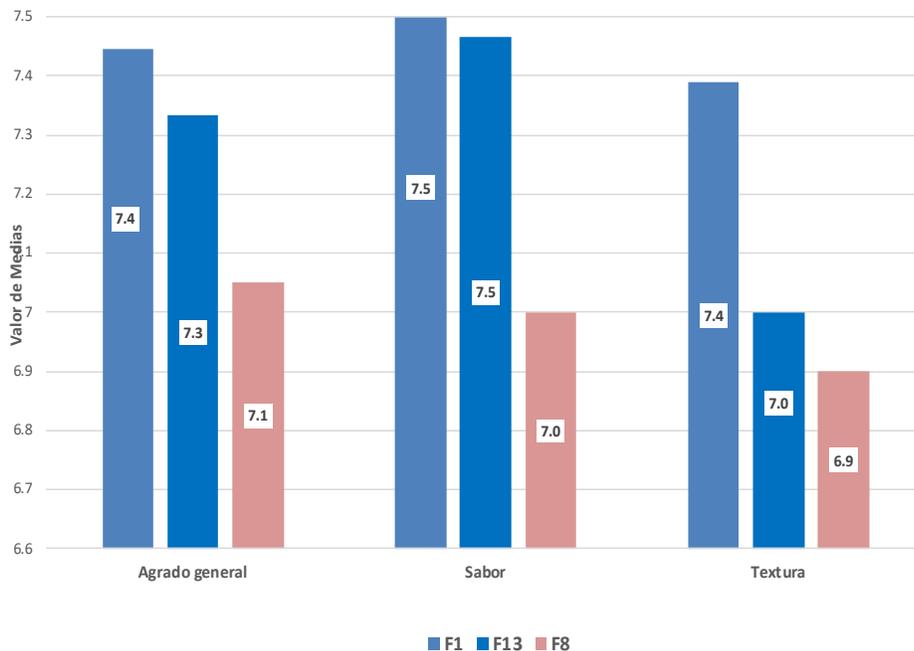


Figura 20. Valores de medias obtenidos para las tres formulaciones en cada atributo.

Se graficaron los valores de frecuencia para las tres formulaciones (*Figura 21*) en donde se observa que, en efecto, en "Agrado general" la Formulación 1 fue la que obtuvo mayor cantidad de calificaciones arriba de 6, con más puntos en las calificaciones de "me agrada muchísimo", comparada con la formulación 8 y la 13. Lo mismo ocurre para "Sabor" y "Textura" (*ANEXO VII, F*)

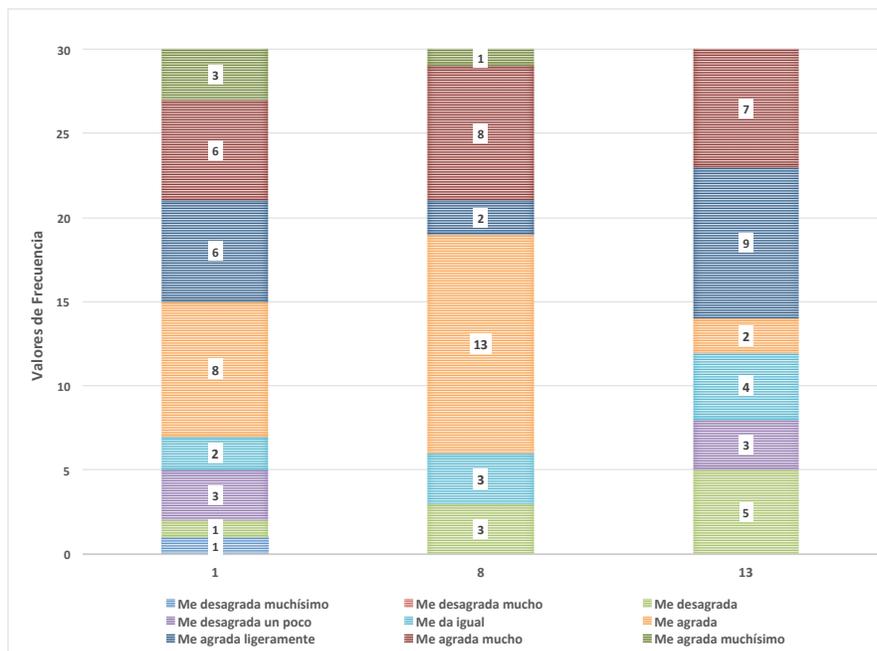


Figura 21. Valores de frecuencia para las formulaciones 1, 8 y 13 en Agrado General

La Formulación 1 está compuesta principalmente por altas cantidades de cereales, mientras que la formulación 8 tiene mayor cantidad de leguminosas y la 13 tiene cantidades similares de cereales y leguminosas. En México, es común que en la dieta de las personas se incluya mayor cantidad de cereales que leguminosas, las cuales han sido evitadas por diversas razones tanto por la mala fama que tienen de generar malestares y gases, como por el sabor fuerte y dulce a la vez, además de su textura cremosa una vez cocidas (FAO, 2016). Al no estar familiarizados con esos aspectos fue mayor el rechazo y más la sorpresa de encontrarlo en un producto tipo papilla, contrario a los cereales que son asociados a este tipo de productos y otros como batidos o licuados, principalmente en el desayuno cuyo consumo per cápita es de alrededor de 600 gramos de cereal en México (Rodríguez, 2018).

Algunos comentarios del producto relacionados al sabor fueron que detectaron un sabor a chocolate a pesar de incluir el saborizante de vainilla, este sabor se atribuye al tostado de las leguminosas principalmente, pues fue en la formulación 8 que detectaron con mayor intensidad este sabor, según los comentarios al final de la evaluación.

En cuanto a la textura, la formulación 8 fue la que obtuvo una consistencia más líquida, ocasionada por su alto porcentaje de sedimento disminuyendo su estabilidad; este no fue el preferido de los consumidores pues entre los comentarios que hicieron del producto fue que "la granulosidad se hace más evidente al consumirla".

De manera general las formulaciones resultaron agradables al consumidor incluso cuando el 67% no consume suplementos; sin embargo, el costo y la eficacia del producto son lo más relevante para ellos pues comentaron que la decisión de compra para este tipo de productos (suplementos) se basa primordialmente en la funcionalidad, entre más eficaz sea el producto para tratar la enfermedad más posibilidades hay de adquirirlo.

Finalmente, la formulación 1 (*Figura 22*) fue la mejor evaluada en cuanto a los atributos de agrado general, sabor y textura, por lo que para futuras modificaciones se recomienda usar como base esta formulación.

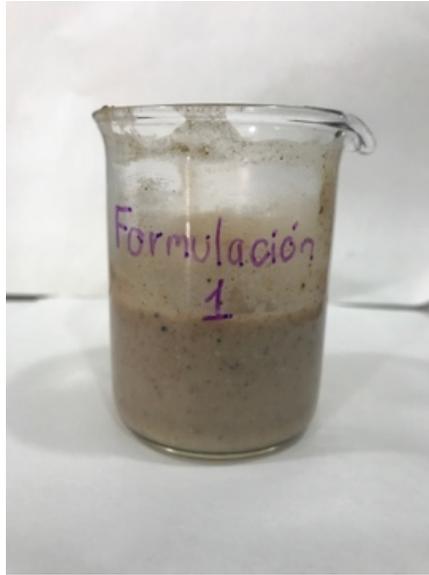


Figura 22. Formulación 1 evaluada por los consumidores.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

Se logró la obtención de 15 formulaciones incluyendo dos harinas de leguminosas, una de un cereal y otra de un pseudocereal en diferentes proporciones y se incluyó leche en polvo, un hidrocoloide y un saborizante en la misma proporción para todas las formulaciones.

Para desarrollar el producto fue importante determinar que las materias primas cumplieran con los parámetros de calidad físicos establecidos por la normatividad mexicana, obteniendo valores dentro del límite permitido de humedad ($< 15\%$ para harinas), materia y olor extraño; además de demostrar que se obtiene una dismunición de la presencia de factores antinutrimientales en leguminosas, como los inhibidores de tripsina, cuando se aplica el tratamiento térmico a las harinas lo cual se obtuvo en la harina A se en la cual se logra eliminar más del 50% , pero no en la harina B por lo que las formulaciones que tuvieran mayor cantidad de harina B se descartaron para ofrecer al paciente.

Las pruebas de dispersión permitieron establecer la concentración del hidrocoloide (3%) a la cual se logran dispersar los sólidos insolubles de las formulaciones durante su reconstitución, además ayudaron a determinar que el comportamiento de las formulaciones son de un fluido no Newtoniano pseudoplástico.

Realizando el balance de nutrimentos y aminoácidos, en todas las formulaciones de acuerdo con la FDA se obtuvo un producto "rico en fibra" ($> 20\%$ de la IDA); sin embargo, sólo 5 fueron las que alcanzaron el valor de proteína requerido en el producto ($\geq 17\text{g}/100\text{g}$ producto) y altas cantidades de lisina con respecto a otros aminoácidos

El color obtenido en las formulaciones finales en la escala de Pantone así como la textura, densidad y sedimentación fueron determinados por la diferencia de proporción de harinas, siendo la presencia de las harinas de leguminosas las que ocasionaron la obtención de productos más fluidos tendiendo a líquido (menos estables) con tonalidades más oscuras.

Finalmente resultaron ser del gusto del consumidor y se obtuvo que la formulación 1 fue la de mejor aprobación en los atributos de sabor, textura y agrado general, pues prefirieron el sabor de los cereales y

consistencias más viscosas. En este sentido, para una futura reformulación se recomienda trabajar con base en ésta.

De manera general, conjuntando la parte nutrimental, reológica y sensorial, la inclusión de cereales y leguminosas permite productos con ventajas potenciales en la ayuda a las personas con cirrosis hepática.

PERSPECTIVAS

- ✓ Realizar el análisis químico proximal experimental de las harinas a utilizar para que el balance de nutrimentos sea más preciso.
- ✓ Incluir un balance de micronutrientes (vitaminas, minerales y tipos de fibra dietética) que permitirían encontrar mayores beneficios al consumir el producto.
- ✓ Mejorar el proceso de obtención de harinas incluyendo un tamiz con el cual se pueda obtener un menor tamaño de partícula y observar la textura que se obtendría en los productos.
- ✓ Buscar alternativas en el tratamiento térmico de las harinas que harían posible reducir el contenido de inhibidores de tripsina evitando aquellos drásticos.
- ✓ Es importante realizar pruebas de bioaccesibilidad verdadera de la proteína que permitiría conocer la cantidad que realmente es aprovechada por el organismo, así mismo ayudaría a implementar un protocolo clínico que permitiría tener un mayor acceso a los pacientes de la Clínica del Hígado.
- ✓ Con los procesos ya estandarizados realizar una evaluación costo-beneficio más profunda.

REFERENCIAS

- * Cabrera Orozco, A., Jiménez Martínez, C., & Dávila, O. (2013). Non-nutritional factors and their biological functionality. *Agricultural and Biological Sciences*, Capítulo 17.
- * Cabrera, O. A. (2013). Non-nutritional factors and their biological functionality. *Agricultural and Biological Sciences*, Capítulo 17.
- * Carrillo, J. B. (2016). Estabilidad y reología de una base de leche saborizada utilizando carrageninas comerciales solas y en mezcla con hidrocoloides espesantes . *Tesis. Facultad de estudios superiores Cuautitlán.* , 18-19.
- * Chart, B. D. (s.f.). *PowerHandling*. Obtenido de Bulk Density Chart: <https://www.powderhandling.com.au/bulk-density-chart/>
- * Latham , M. (2002). Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo . *Colección FAO: Alimentación y nutrición* .
- * Lawless, H. T. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. New York: Springer.
- * Child, C., & Turcotte, J. (1964). Surgery and portal hypertension . *The liver and portal hypertension* , 50.
- * Child, C., & Turcotte, J. (1964). Surgery and portal hypertension . *The liver and portal hypertension*, 50.
- * Chung, H. J. (2009). Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. *Food Research International*, 501-508.
- * López Barrera, D. M. (2011). Efecto del proceso de extrusión sobre los inhibidores de tripsina y actividad ureásica en frijol común. Santiago de Querétaro, Querétaro.
- * López, A. (1998). Elaboración de un Alimento Infantil de Alto Valor Nutricional a Base de Amaranto-Arroz y Amaranto – Maíz. . *Trabajo de graduación para optar al título de: Licenciatura en Química y Farmacia, Universidad De El Salvador*.
- * Álvarez-Gayou, J. L. (2012). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. Ciudad de México: Paidós Educador.

- * Aceves-Martins, M. (2014). *Cuidado nutricional de pacientes con cirrosis hepática* (Vol. 29). Tarragona, España: Departamento de Medicina y Cirugía. Universidad Rovira i Virgili.
- * Alvarez, J. L. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional glutenfree ingredients. *Food, Science and Technology*, 106-113.
- * Aguilar, L. V. (2008). Pinole de alto valor nutricional obtenido a partir de cereales y leguminosas. *Ra Ximhai*, 283-294.
- * Aguilera, G. Y. (2009). Harinas de Leguminosas Deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales. *Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias, Departamento de Química Agrícola*, 28-36.
- * AOAC. (2003). *Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína*. Washington: 17ªed.
- * Arizmendi, M., Serrano, A., & Díaz, J. (2008). Cirrosis y encefalopatía hepáticas: consecuencias clínico-metabólicas y soporte nutricional. *Nutrición Hospitalaria*, 23, 8-18.
- * Badui, D. S. (2006). *Química de los alimentos* (4a. ed.). México: PEARSON EDUCACION.
- * Barda, N. (2006). Análisis sensorial de los alimentos . (M. J. Calí, Entrevistador)
- * Barnes, H. A. (2000). *A handbook of elementary rheology*. Inglaterra: The University of Wales Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics.
- * Bielsalski, & Grimm. (2007). *Nutrición: texto y atlas* . Madrid: Médica Panamericana .
- * Biodiversitas. (2008). Extracción parcial del boletín bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México.
- * Bressani, R. (2003). Amaranth. *Encyclopedia of food sciences and nutrition* , 166-173.
- * D´Amico, G. G. (2006). Natural history and prognostic indicators of survival in cirrhosis: A systematic review of 118 studies. *J Hepatol*(44), 217-231.

- * Damodaran, S. (2006). *Fennema's Food Chemistry: Amino Acids, Peptides, and Proteins*. USA: CRC Press.
- * Darpy, D. (2012). *Comportaments du consommateur*. París: DUNOD.
- * Dasarathy, S. M. (2007). Altered expression of genes regulating skeletal muscle mass in the portacaval anastomosis rat. *American Journal Physiol Gastrointest Liver*, 1105–1113.
- * Delmoro, J. M. (2010). El color en los alimentos: determinación de color en mieles. *Universidad del Centro Educativo Latinoamericano*, 145-152.
- * Duarte, A. (2003). *Semilogia inmunological nutritional*. Axcel Books do Brasil.
- * Escobar, J. M. (2009). Estudio de factibilidad técnica para la producción de harina de Amaranto. *Universidad de "El Salvador". Facultad de Ingeniería* , 27-30.
- * Fletcher, R. (2016). Pseudocereals. Overview . *Food Science*, 2, 488-493.
- * FAO. (1993). Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de pesca*.
- * FAO. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2017, de FAO: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0g.htm>
- * FAO. (29 de 08 de 2012). *Food and Agriculture Organization for the United Nations* . Recuperado el Febrero de 2018, de Agronoticias: Agriculture News from Latin America and the Caribbean: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/494013/>
- * FAO. (2016). Las legumbres y la biodiversidad . *Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura* .
- * FDA . (Mayo de 2017). *U.S. Department of Health and Human Services*. Recuperado el 21 de Enero de 2018, de U.S. Food and Drug Administration: <https://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm210723.htm>

- * FDA. (Octubre de 2009). *U.S. Food and Drug Administration*. Obtenido de 14. Apéndice F: Cálculo del porcentaje de valor diario (VD) para los nutrientes:
<https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocuments/RegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm247936.htm>
- * García Buey, L. G.-O. (2011). Cirrosis hepática. *Medicine*, 11(11), 625-633.
- * García, E. C. (2013). Inhibidores de proteasas en leguminosas. *Departamento de Pediatría, Inmunología, Obstetricia y Ginecología, Nutrición y Bromatología, Psiquiatría e Historia de la Ciencia. Universidad de Valladolid*, 10-13.
- * González de Mejía, E. G. (2003). Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins and lectins of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grow in semiarid highlands of México. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.(51), 5962-5966.
- * González-Vega, J. K. (2011). Efectos del tratamiento de la harina de soja sobre la digestibilidad de los aminoácidos en cerdos en crecimiento. *Journal of Animal Science*, 3617-3625.
- * Grindrod, J. N. (1968). Effects of various gums on skim milk and purified milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 51, 834-841.
- * Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2a. Edición ed.). México: McGraw-Hill.
- * Hernández Alarcón, E. (2005). Evaluación Sensorial. *Universidad Nacional Abierta y a distancia*, 48-85.
- * Hoffman, J. R. (2004). Protein Which is best? *Journal of Sports Science and Medicine*, 118-130.
- * Irigoien, R. R., & Abilés, J. (2012). Soporte nutricional en el paciente con cirrosis hepática. *ELSEVIER DOYMA*, 35(8), 594-601.
- * Javaloyes, P. (2016). Legumbres. Semillas nutritivas para un futuro sostenible. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 35-38.
- * Jenkins, D. J. (1982). Effect of processing in digestibility and the blood glucose response: study of lentils. *The American Journal of Nutrition*, 1093-1101.

- * Johnson, T. O. (2013). Nutrition Assessment and Management in Advanced Liver Disease. *Nutrition in Clinical Practice*, 28, 15-29.
- * Kakade, M. R. (1974). Determination of trypsin inhibitory activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry*, 51, 376- 382.
- * Komklao, S. B. (2011). Extraction, Purification and properties of trypsin inhibitor from Thai mug bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek). *Food Chemistry* , 129, 1348-1354.
- * Komklao, S. B. (2011). Extraction, purification and properties of trypsin inhibitor from Thai mug bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek). *Food Chemistry*, 129, 1348-1354.
- * Márquez, M. A. (1999). Inactivation of Trypsin Inhibitor in Chickpea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 211-217.
- * Martin, I., Salcedo , R., & Font, R. (2011). Mecánica de fluidos. Operaciones separación sólido-fluido. *Universidad de Alicante*, 3-6.
- * Martínez de Martell, C. (1988). Evaluación en adultos Humanos de la calidad proteínica del grano de amaranto sometido a varios procesos tecnológicos. . *Trabajo de graduación para optar al título de: Máster en Ciencias Químicas y Farmacias, Universidad de San Carlos de Guatemala* .
- * Mathias-Rettig, K. A.-H. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *AGROSUR*, 39-48.
- * Méndez-Sánchez, A. F.-T. (2010). Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos. *Latin American Journal of Physics Education*, 237-245.
- * Milan Holecek, M. (2010). Three targets of branched-chain amino acid supplementation in the treatment of liver disease. *Nutrition*, 482-490.
- * Mokdad, A. L. (2014). Liver cirrhosis mortality in 187 countries between 1980 and 2010: a systematic analysis. *BMC Medicine*.
- * Osca, J. (2007). *Herbáceos extensivos: Cereales* (2a edición ed.). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia .

- * Pereira, J. M. (1991). Principios de secado de granos psicometria higroscopia. *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*, 71
- * Pérez, C. L. (2011). Extractos de vainilla. Una mezcla de componentes químicos de aroma y sabor. *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, 51-63.
- * Pérez, F. Z. (2002). *Nutrición y alimentación humana* (1a ed.). Murcia: Aula de Mayore. Universidad de Murcia.
- * Pérez, M., & Temiño, R. (2008). *Síndrome de malabsorción intestinal*. Recuperado el 4 de septiembre de 2016, de https://isuu.com/judithizquierdo/malabsorci_n_intestinal_2_
- * Periyalwar, P. ,. (2012). Malnutrition in Cirrhosis: Contribution and Consequences of Sarcopenia on Metabolic and Clinical Responses. *Clinic in Liver Disease*, 16, 95-131.
- * Pugh, R., Murray-Lyon, I., & Dawson, J. (1973). Transection of oesophagus for bleeding oesophageal varices. *Br J Surg*(60), 646.
- * Putadechakum, S. K. (2012). Nutritional status assessment in cirrhotic patients after protein supplementation. *ISRN Gastroenterology*.
- * Ramírez, N. J. (2006). Introducción a la Reología de Alimentos. *Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*, 1-46.
- * Rivara, M. (2015). ¿Por qué es importante determinar el perfil de aminoácidos en los alimentos? *Instituto Nacional de Tecnología Industrial* .
- * Rivera-Irigoin, R. A. (2012). Soporte nutricional en el paciente con cirrosis hepática. *Gastroenterología y Hepatología*, 594-601.
- * Rizki, G. A. (2006). Mice fed a lipogenic methionine-choline deficient diet develop hypermetabolism coincident with hepatic suppression of SCD-1. *The Journal of Lipid Research*, 2280–2290.
- * Robles , R. (1983). *Producción de granos y forrajes* (4a ed.). Ciudad de México, México: Limusa.
- * Rodríguez, K. (11 de Mayo de 2018). *Empresas. Kellogg quiere elevar el consumo de cereales en México*. Obtenido de El Financiero:

<http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/kellogg-quiere-elevar-el-consumo-de-cereales-en-mexico>

- * Rothman, L. P. (2009). *Just-about-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits, and Risks*. Pensilvania: ASTM.
- * Roy, F. B. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops. Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 432-442.
- * Ruiz-Margáin A, e. a. (2017). Efecto de una dieta rica en proteínas y alta en fibra más la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada sobre el estado nutricional de pacientes con cirrosis. *Revista de Gastroenterología de México*.
- * Sasaki, T., & Matsuki, J. (1998). Effect of wheat starch structure on swelling power. . *Cereal Chemistry* , 525-529.
- * Savage, G. M. (2003). Trypsin Inhibitors. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. *Oxford: Academic Press*, 5878-5884.
- * Secretaría de Salud . (2012). Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. . *Diario Oficial de la Federación*.
- * Secretaría de Salud. (1997). *Ley General de Salud*. Gobierno de México, Ciudad de México.
- * Severiano Pérez, P., Gómez Andrade, D., Méndez Gallardo, C., Pedrero Fuehrer, D., Gómez Corona, C., Ríos Díaz, S., . . . Utrera Andrade, M. (2016). *Manual de Evaluación Sensorial*. Ciudad de México: Facultad de Química, UNAM.
- * Sharma, M. ., (2017). Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures. *Food Hydrocolloids*, 478-487.
- * SIAP. (2013). Avena grano . *Atlas Agropecuario y Pesquero*, 24 .
- * Sindhu Ritu, S. K. (2016). Physicochemical and Thermal Properties of Amaranth (*Amaranthus Hypochondriacus*) Flour . *The International Journal Of Science & Technoledge*, 104-109.
- * Singh, K. (1997). Chickpea (*Cicer Arietinum L.*) . *Field Crops Research*, 161-170.

- * Singh, U. V. (1989). Physicochemical characteristics of pigeonpea and mungbean starches and their noodle quality. *Journal of Food Science*, 1293-1297.
- * South, C. (09 de Mayo de 2007). *BodyBuilding* . Recuperado el Febrero de 2018, de Clayton's Health Facts: Spirulina.: https://www.bodybuilding.com/fun/southfacts_spirulina.htm
- * Stanley, N. (1990). Food Gels . *Elsevier*.
- * Stoklossa, J., & Atwal, S. (2013). Nutrition care for patients with weight regain after bariatric surgery. *Gastroenterol Res Pract*, 256145.
- * Subsecretaría de Integración y Desarrollo del Sector Salud Dirección General de Evaluación del Desempeño. (2015). Informe sobre la salud de los mexicanos 2015 . *Secretaria de Salud* , 108-111.
- * Tahira, S. N. (2014). Protein Calorie Malnutrition in Liver Cirrhosis. *Nutrition and Food Sciences*, 2-4.
- * Tatsunori, H. M. (2015). Sarcopenia impairs prognosis of patients with liver cirrhosis. *Nutricion*, 193-199.
- * The Association of American Feed Control Officials. (s.f.). *The Association of American Feed Control Officials*. Recuperado el 21 de Enero de 2018, de The Association of American Feed Control Officials: www.aafco.org
- * Tolstoguzov, V. B. (1986). *Functional Properties of Food Macromolecules*. Londres: Elsevier Applied Science Publishers: London.
- * Tobacman, J. (2001). Review of harmful gastrointestinal effects of carrageenan in animal experiments. *Environmental Health Perspectives*, 983-994.
- * Violetta. (Marzo de 2017). *Harrison Sport Nutrition S.L.* Recuperado el Febrero de 2018, de Proteína de guisante, una gran alternativa: <https://www.hsnstore.com/blog/proteina-de-guisante-una-gran-alternativa/>
- * Waterlow, J. C. (1996). Malnutrición proteico-energética . *Organización Panamericana de la Salud*, 6-11.
- * Wellcome Trust Working Party . (1970). Classification of infantile malnutrition. *Lancet* , 2, 302-303.

- * Wong, F. (2010). *¿Después de un análisis de varianza...qué? Ejemplos en ciencia de alimentos.* (Segunda ed., Vol. 21). Agronomía mesoamericana.
- * Wood, J. G. (2007). Nutritional Value of Chickpea. *Chickpea Breeding and Management. CAB International*, 121-132.

ANEXOS

ANEXO I. HARINAS Y LECHE EN POLVO

Tabla I. Análisis de la varianza de los valores de humedad de las harinas utilizadas.

Análisis de la varianza:

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	3	40.502	13.501	5116.211	< 0,0001
Error	8	0.021	0.003		
Total corregido	11	40.523			

Calculado contra el modelo $Y = \text{Media}(Y)$

Tabla II. Harina / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
Harina B vs Harina C	-4.530	-108.005	2.306	< 0,0001	Si
Harina B vs Harina D	-4.070	-97.037	2.306	< 0,0001	Si
Harina B vs Harina A	-4.060	-96.799	2.306	< 0,0001	Si
Harina A vs Harina C	-0.470	-11.206	2.306	< 0,0001	Si
Harina A vs Harina D	-0.010	-0.238	2.306	0.818	No
Harina D vs Harina C	-0.460	-10.967	2.306	< 0,0001	Si

LSD-valor:

0.097

Tabla III. Grupos formados de acuerdo a la prueba de Fisher

Categoría	Media estimada	Error estándar	Grupos
Harina B	6.210	0.030	A
Harina A	10.270	0.030	B
Harina D	10.280	0.030	B
Harina C	10.740	0.030	C

ANEXO II. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y ENZIMÁTICA. PERFIL DE AMINOÁCIDOS.

Tabla IV. Balance de aminoácidos teórico para las harinas y la leche utilizada.

Aminoácidos (g/100g)									
Producto	Triptófano	Treonina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Valina	Histidina	Fenilalanina
Harina A	0.085	0.329	0.38	0.631	0.593	0.116	0.372	0.244	0.475
Harina B	0.072	0.27	0.306	0.572	0.486	0.062	0.338	0.193	0.321
Harina C	0.234	0.575	0.694	1.284	0.701	0.312	0.937	0.405	0.895
Harina D	0.997	0.49	0.25	0.68	0.73	0.19	0.42	0.86	0.4
Leche en polvo	0.490	1.610	2.240	3.430	2.720	0.86	2.400	0.920	1.700

ANEXO III. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y ENZIMÁTICA. INHIBIDORES DE TRIPSINA.

Se realizaron las pruebas en muestras de harina A y B, tanto crudas como en los sometidos a tratamientos térmico de cocción y cocción-tostado. Se tomaron los valores obtenidos de las lecturas de absorbancia y se realizó un promedio (Tabla V).

Ejemplo de cálculo:

Tabla V. Valores de absorbancia obtenidos para la muestra de Harina B cruda.

	Muestra			Blanco de muestra		
	1	2	3	4	5	6
A	0.172	0.172	0.168	0.39	0.4	
B	0.147	0.152	0.141	0.375	0.38	
C		0.131	0.144		0.359	0.371
D	0.086		0.079	0.338	0.323	
E	0.069	0.065	0.069	0.317	0.324	0.337
F	0.056	0.065			0.312	0.358
	Control			Blanco		
G	0.314	0.306		0.059	0.058	0.058

 *Valores eliminados por falta de repetibilidad

Tabla VI. Resultados obtenidos a partir de los cálculos con los valores de absorbancia obtenidos de la muestra de haba cruda

Haba Cruda	Abs 410	Corregida	Blanco muestra	UT * 0.2 mL	UIT	mL	UIT/mL
A	0.395	0.336	0.166	3.313	1.713	0.100	17.133
B	0.378	0.319	0.172	3.443	1.583	0.080	19.792
C	0.365	0.306	0.169	3.377	1.650	0.060	27.500
D	0.331	0.272	0.189	3.787	1.240	0.040	31.000
E	0.326	0.267	0.200	3.993	1.033	0.020	51.667
F	0.335	0.276	0.216	4.317	0.710	0.010	71.000
Control	0.310	0.251		5.027	0.000		

Para obtener los valores de absorbancia de un control se sustituyó la cantidad de muestra por solución de trabajo.

Al comenzar las lecturas, aquellos pozos vacíos (Blanco) dieron un valor de lectura y fue necesario hacer la corrección de las lecturas (muestra y el control), utilizando un promedio para los valores obtenidos:

$$\text{Abs 410} - \text{Abs Blanco} = \text{Abs. Corregida.}$$

Se observó que el sobrenadante obtenido de las extracciones de proteína, adquiere un color intenso y presentaban lecturas de absorbancia a la longitud de onda utilizada para el ensayo (410 nm). Por lo que fue necesario incluir lecturas de absorbancia del blanco de muestra, en el cual se evitó la actividad proteolítica remanente del sustrato sintético BAPNA, para permitir la lectura de la coloración aportada por la muestra y no por el producto de la reacción:

$$\text{Abs Corregida} - \text{Abs Blanco muestra} = \text{Abs Final}$$

Teóricamente las lecturas de absorbancia finales se pasan a Unidades de Tripsina (UT) directamente al multiplicar por 100 (Kakade, 1974) y para expresarlo en UT/mL. el valor obtenido se multiplicó por el volumen final de la reacción que fue de 0.2mL:

$$\text{Abs final} * 100 * 0.2 = \text{UT / mL}$$

Para poder realizar el análisis final se expresó el valor en Unidades de Tripsina Inhibida/mL:

$$\text{UT/mL muestra} - \text{UT/mL control} = \text{UTI/mL}$$

Tabla VII. Concentración de Unidades de Inhibidores de Tripsina para la harina B cruda.

		UIT/mg de muestra
Prom	36.349	4.544
Extra	68.55	8.086

*Extra es el valor extrapolado (ordenada al origen)

ANEXO IV. DISEÑO DE MEZCLAS (PROPORCIÓN DE LOS INGREDIENTES). CONCENTRACIÓN DEL HIDROCOLOIDE.

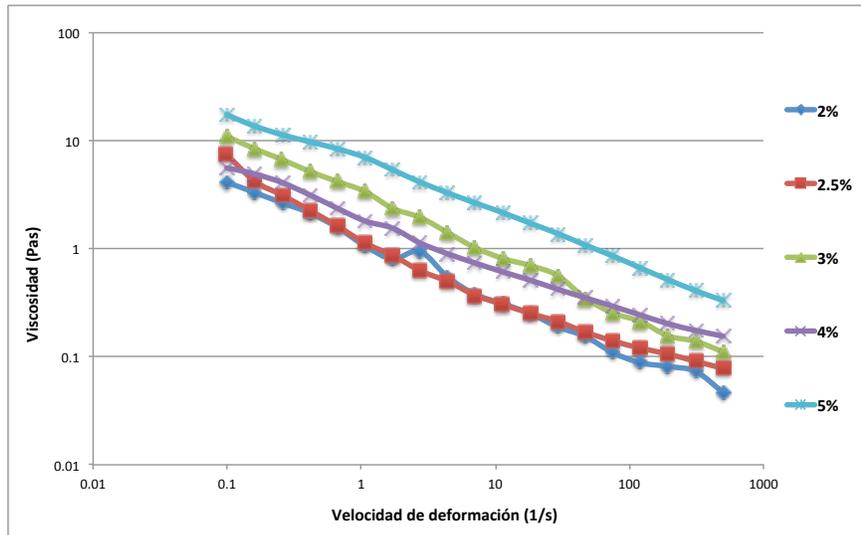


Figura I. Curvas de Flujo a tres concentraciones diferentes 2%, 2.5%, 3% del hidrocoloide.

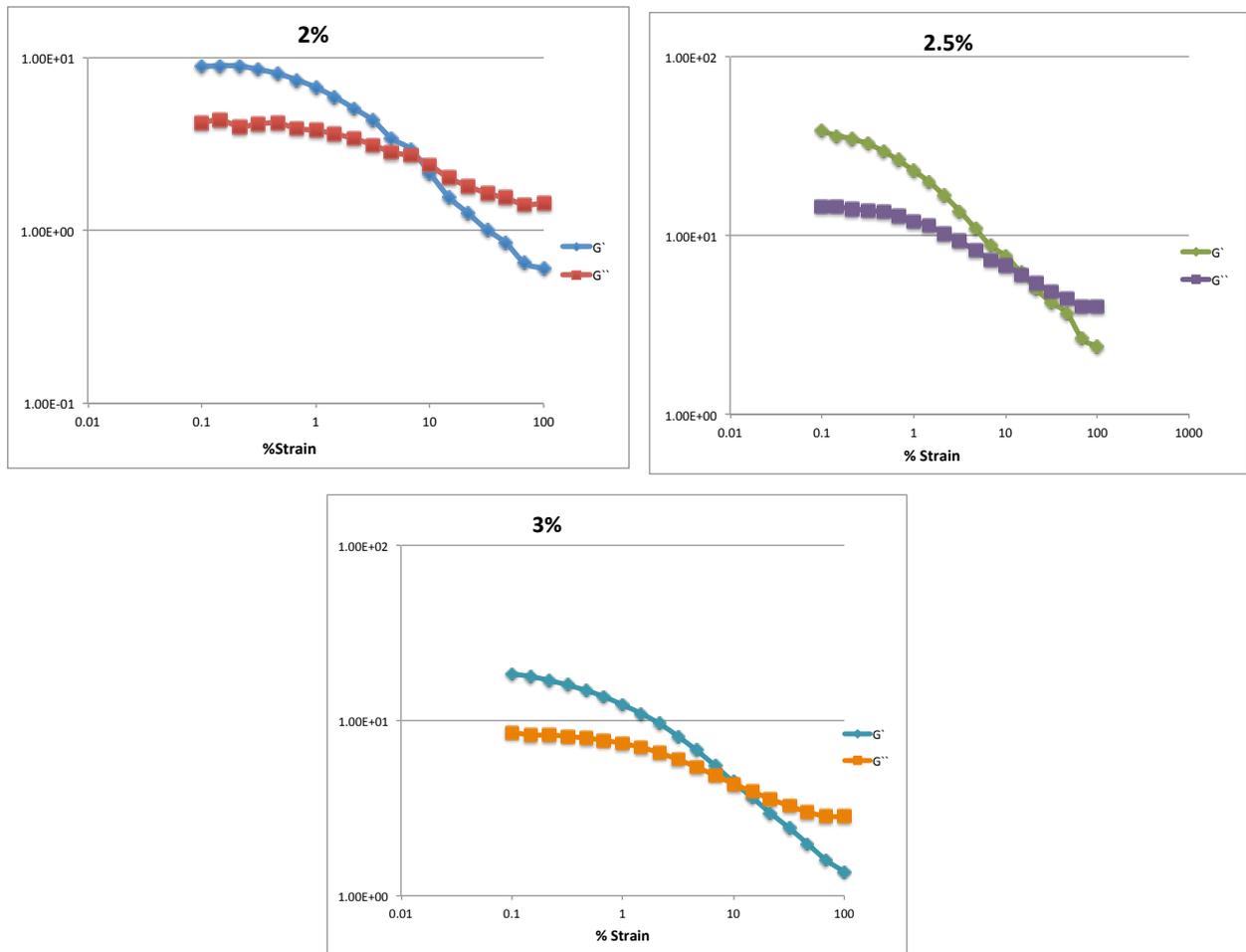


Figura II. Amplitud a tres concentraciones diferentes 2%, 2.5%, 3% del hidrocoloide.

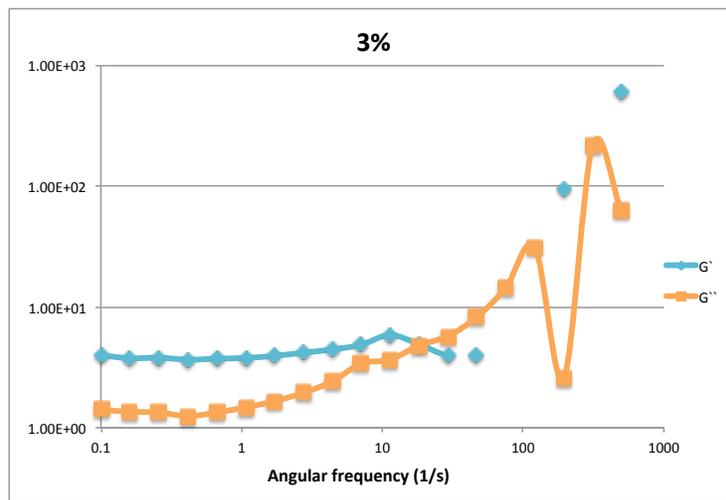
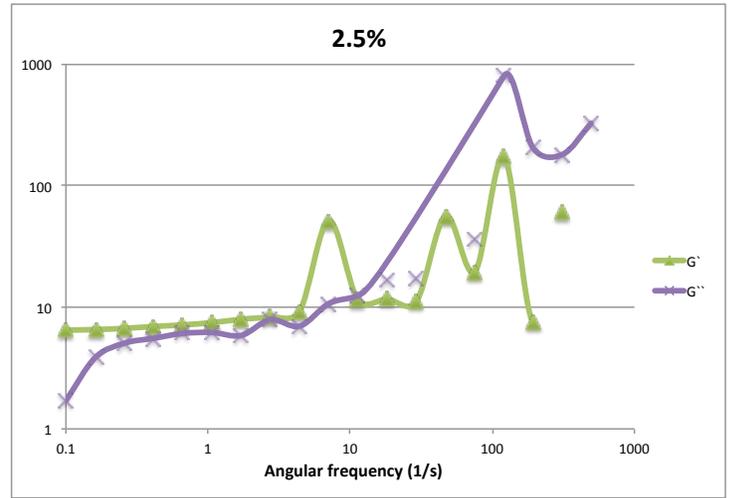
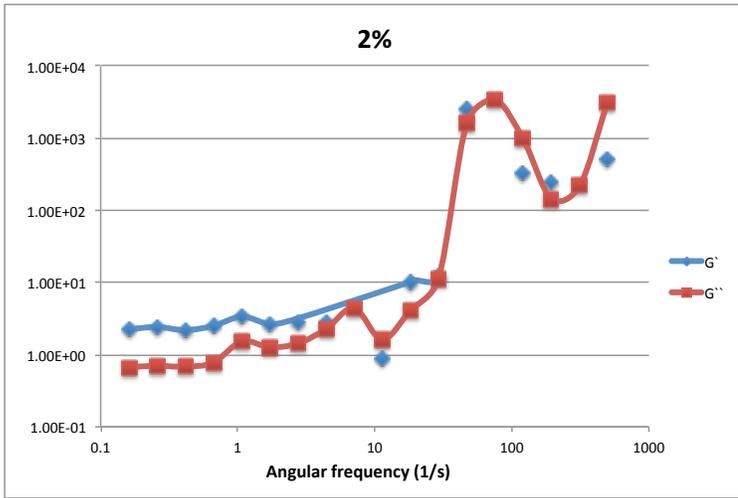


Figura III. Frecuencia a tres concentraciones diferentes 2%, 2.5%, 3% del hidrocoloide.

ANEXO V. CÁLCULO DE APOORTE ENERGÉTICO Y NUTRIMENTAL TEÓRICO. FORMULACIONES

Tabla VIII. Balance de nutrimentos para 100 gramos de las 15 formulaciones propuestas.

g/100g de producto en polvo (BASE SECA).															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Contenido energético (Kcal)	298.2	292.1	293.5	294.2	287.7	292.4	291.3	297.9	298.5	293.7	292.9	286.3	291.1	295.1	300.0
Proteína	17.04	16.48	17.85	16.37	16.39	15.59	16.32	17.93	16.16	16.96	16.72	15.02	16.91	17.28	15.89
Carbohidratos	53.08	53.60	52.12	53.99	54.32	55.28	54.47	51.40	54.76	53.80	53.70	55.80	53.35	53.00	55.08
Fibra dietética	13.409	12.952	12.722	13.252	12.709	13.396	13.091	12.964	13.854	13.167	13.059	12.939	12.794	13.099	14.083
Grasa total	6.970	6.674	6.515	6.699	5.998	6.452	6.248	7.191	6.749	6.294	6.484	6.156	6.395	6.593	6.901

ANEXO VI. BALANCE DE NUTRIMENTOS. PRUEBAS DE ESTABILIDAD.

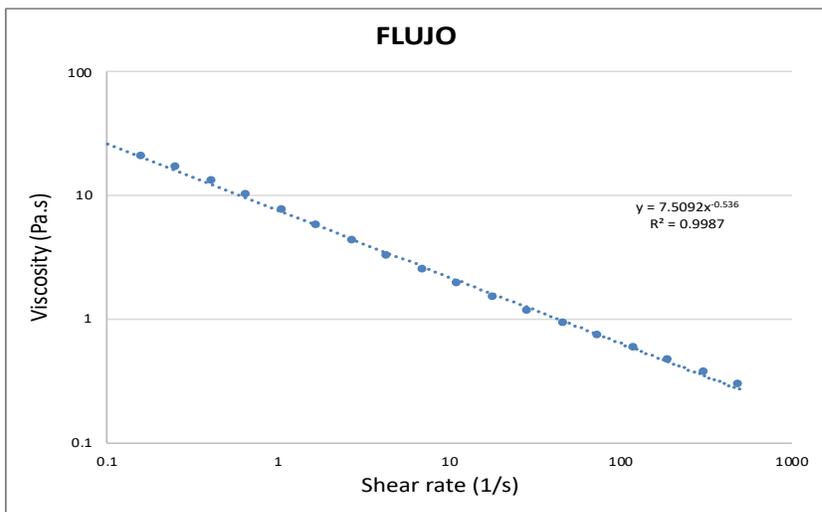
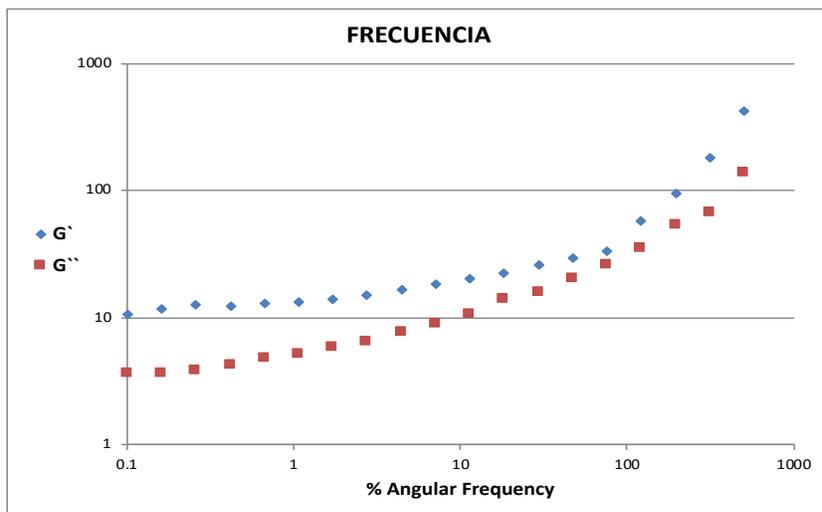
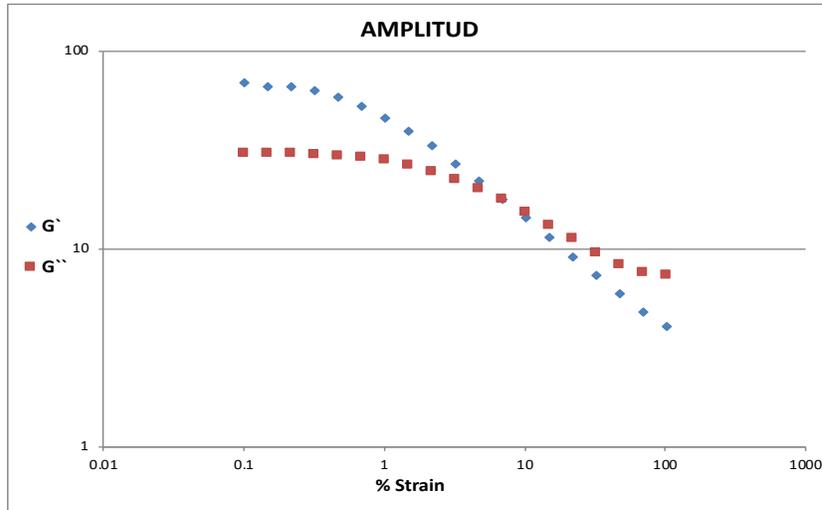


FIGURA IV. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 1

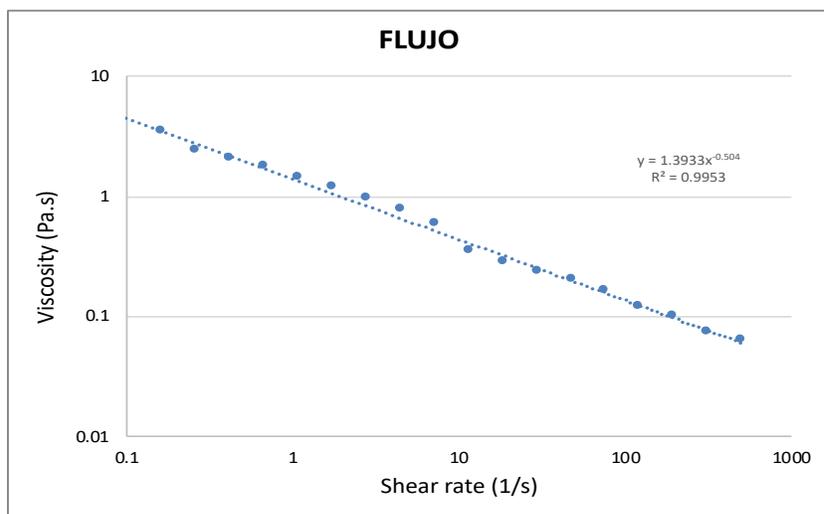
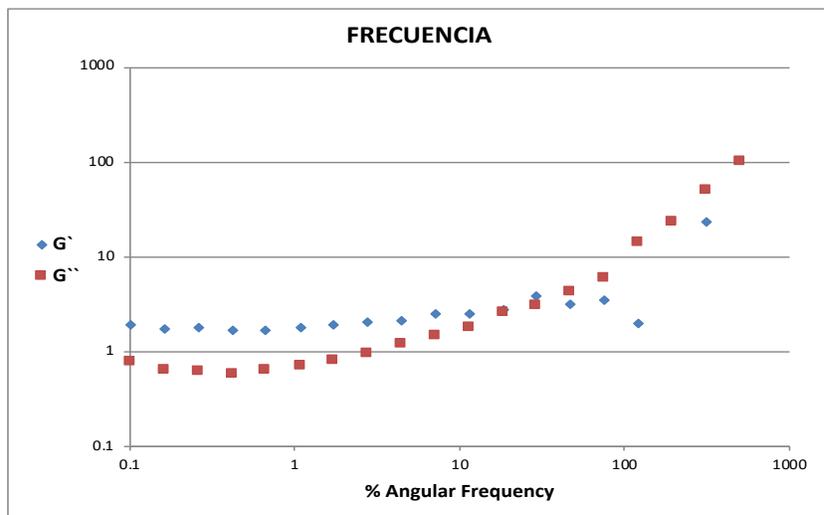
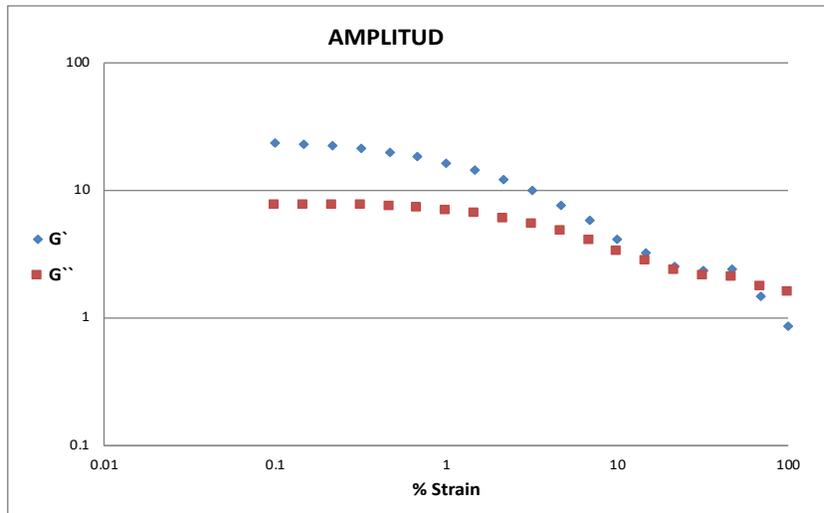


FIGURA V. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 2

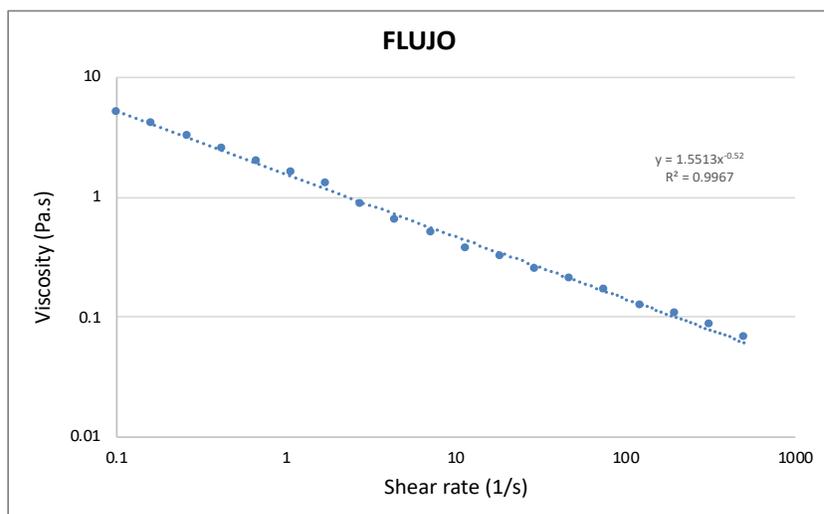
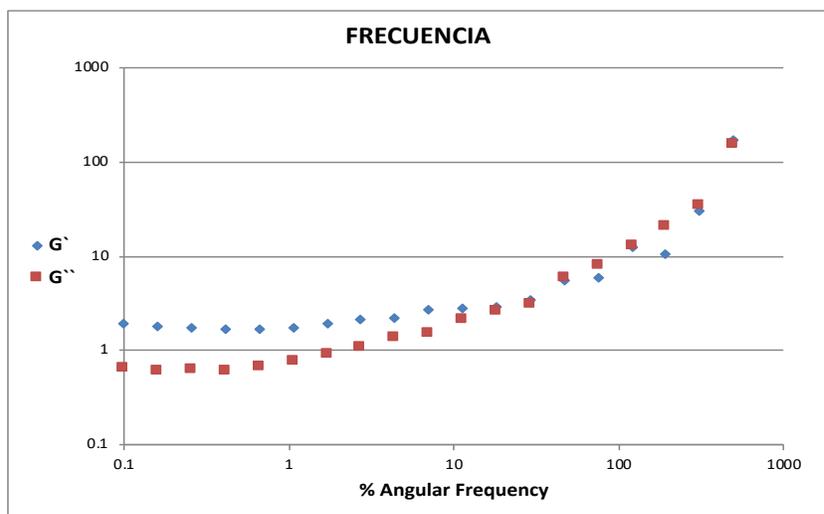
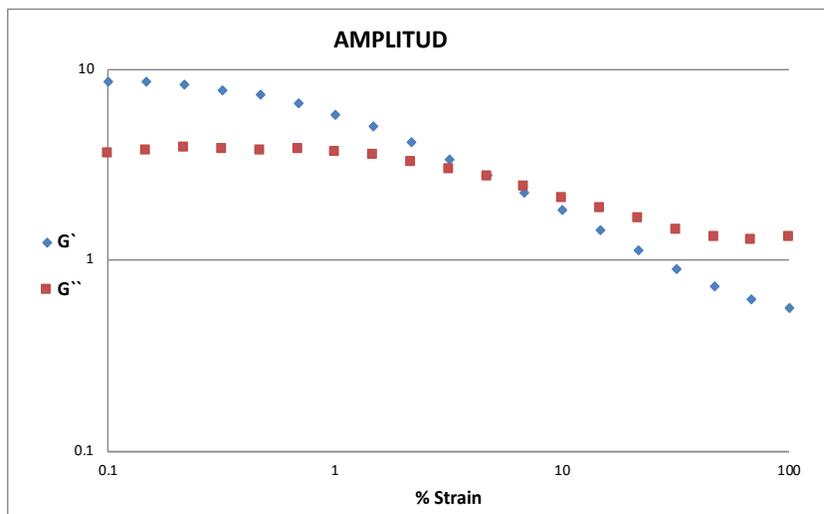


FIGURA VI. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 3

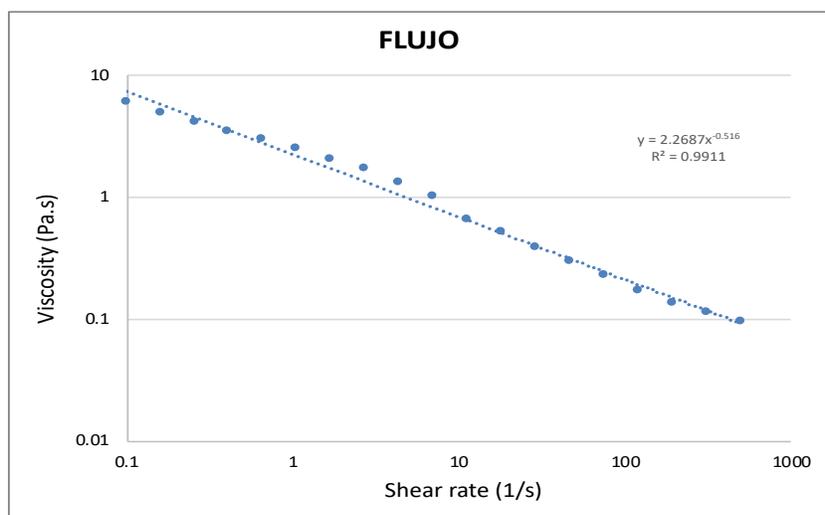
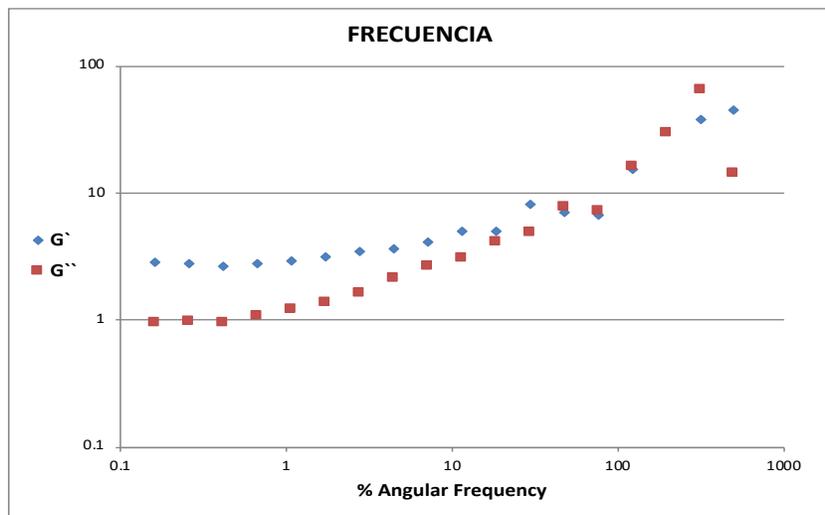
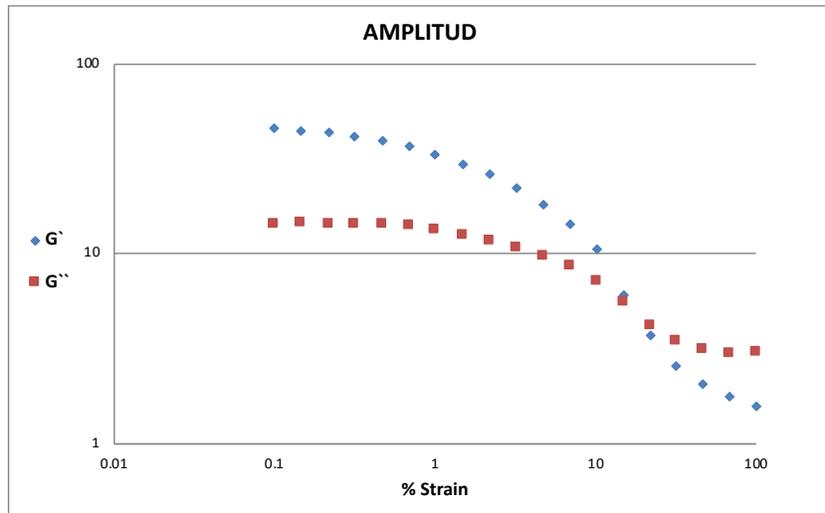


FIGURA VII. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 4

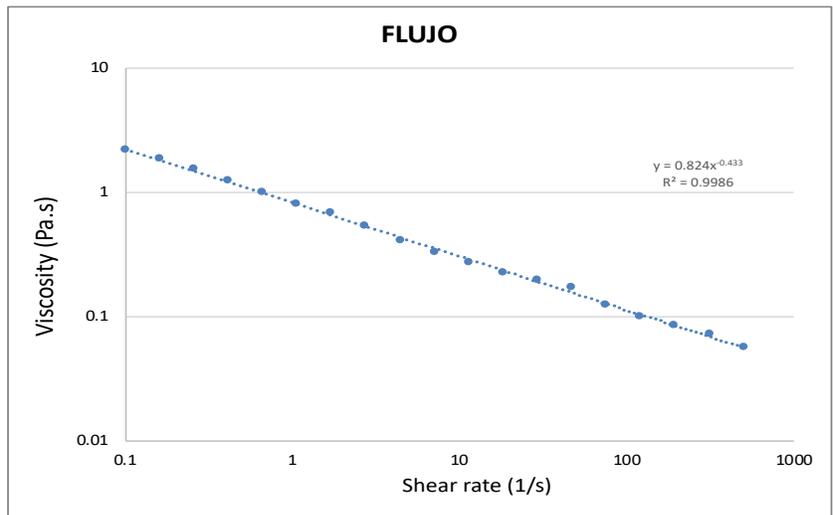
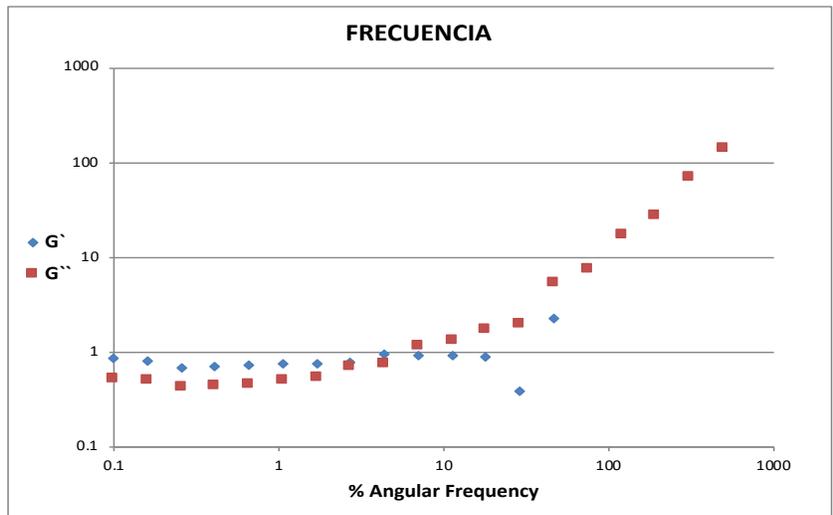
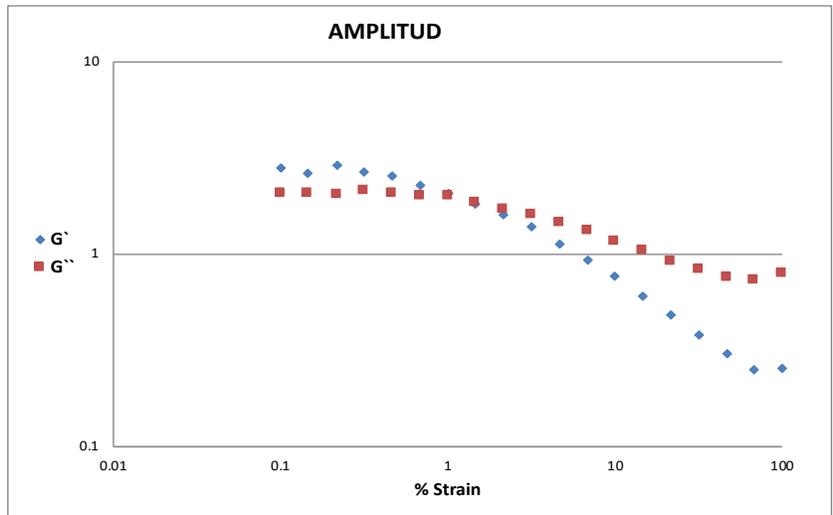


FIGURA VIII. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 5

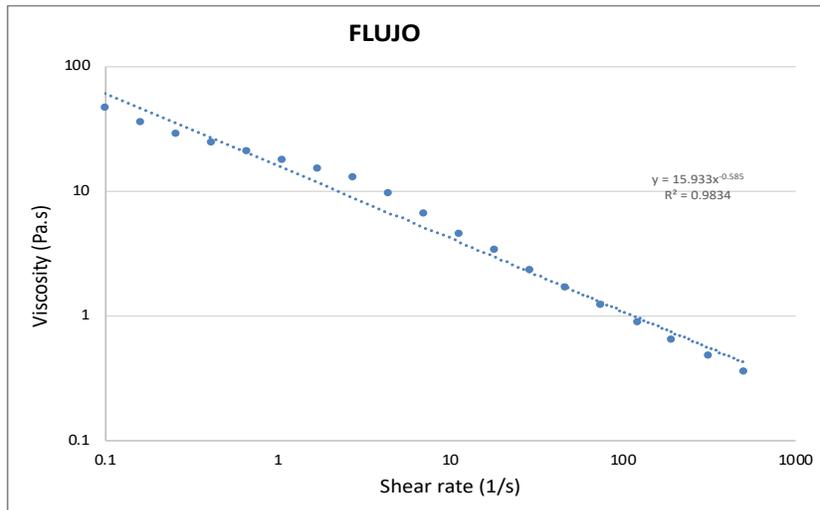
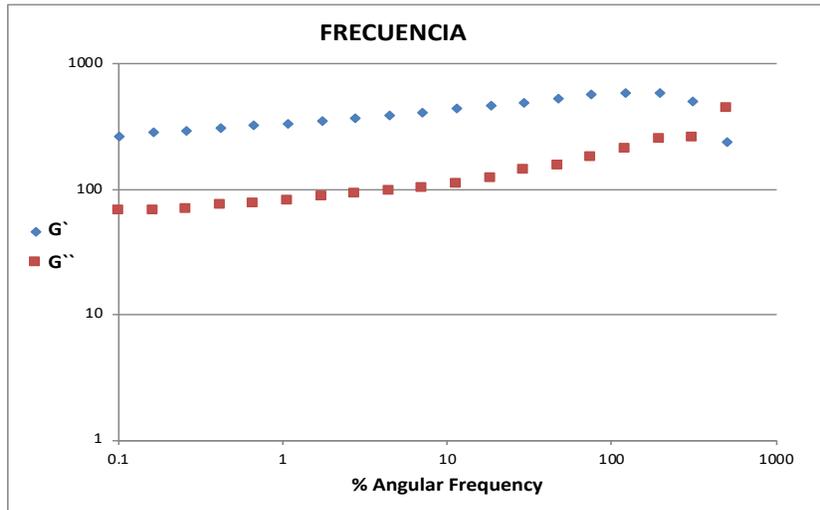
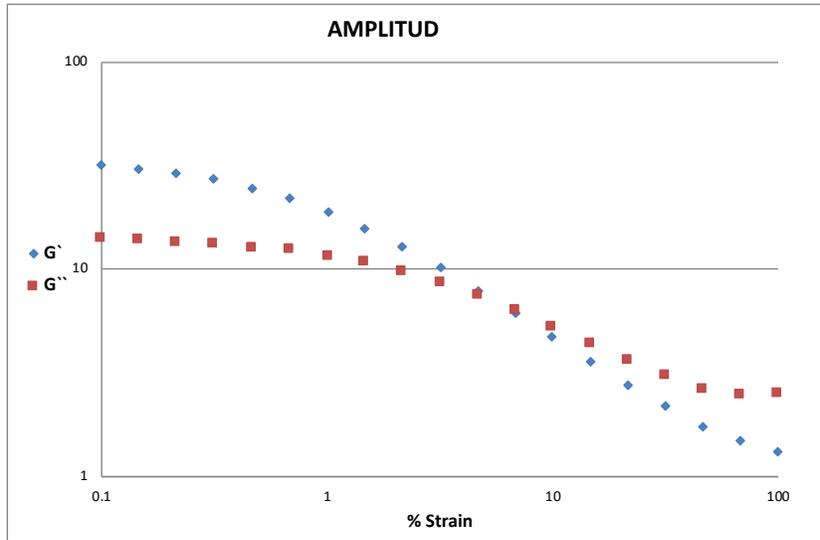


FIGURA IX. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 6

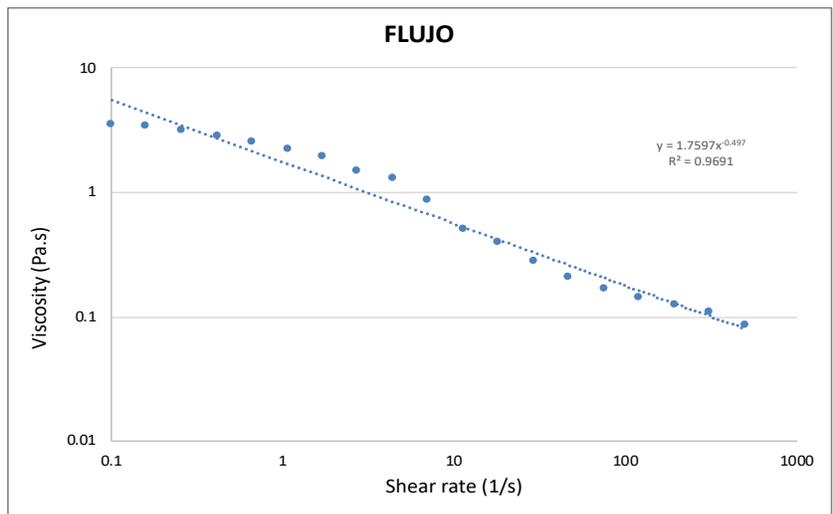
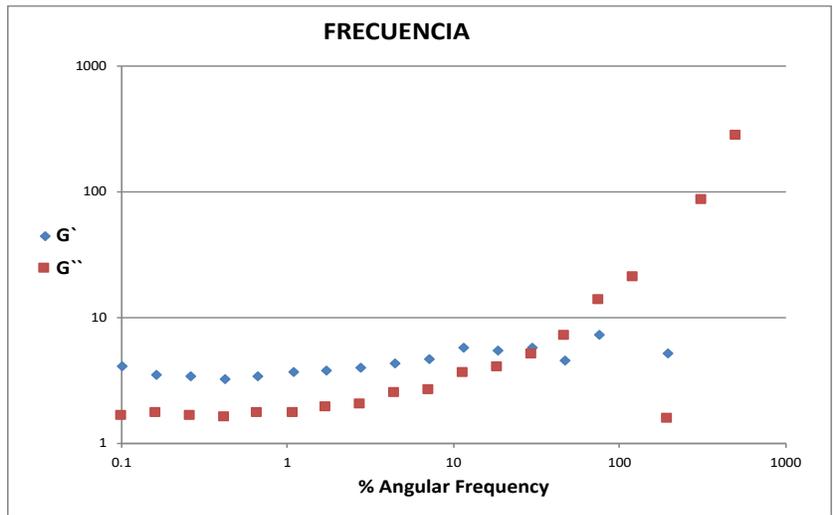
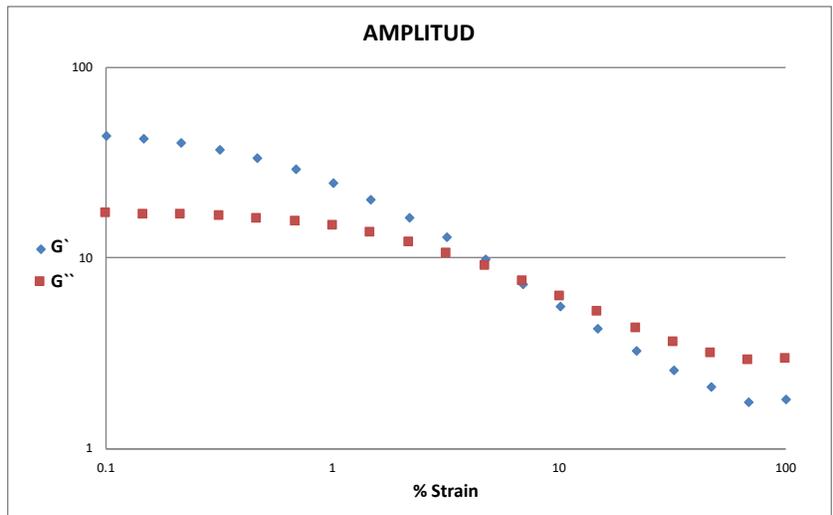


FIGURA X. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación

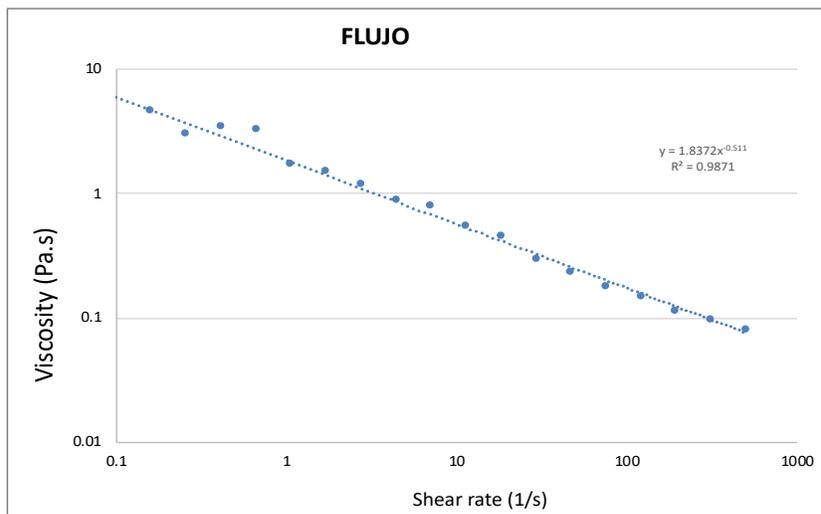
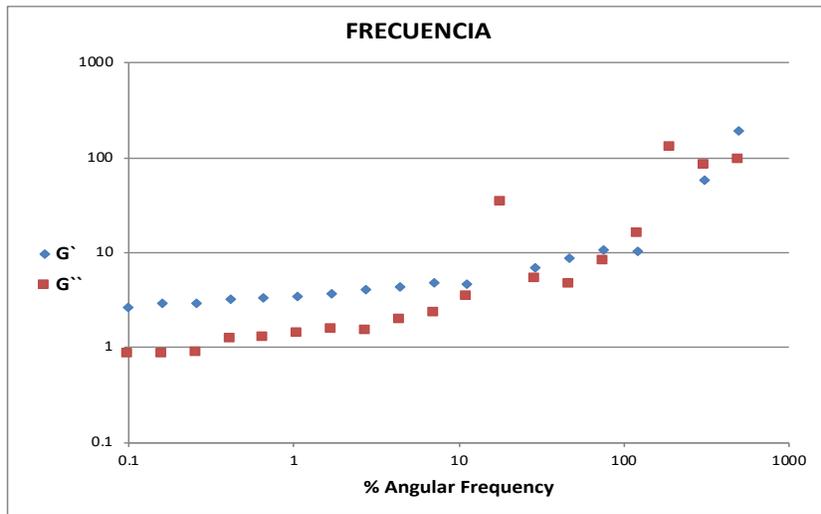
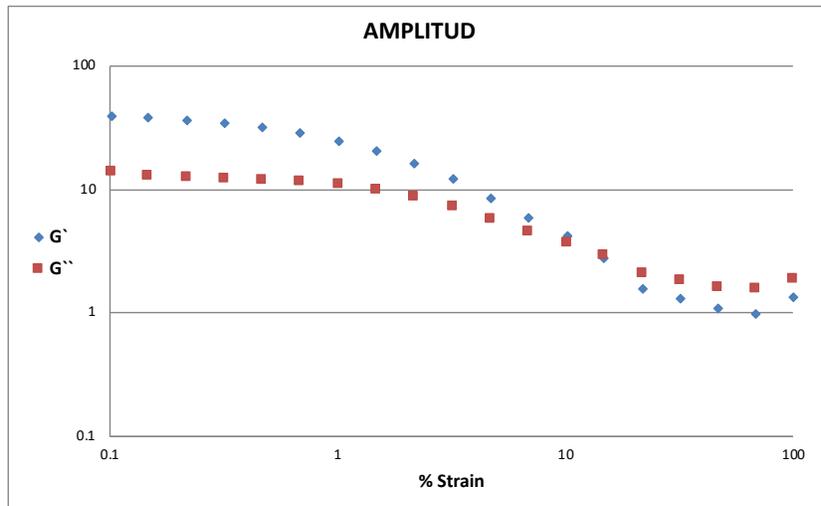


FIGURA XI. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 8

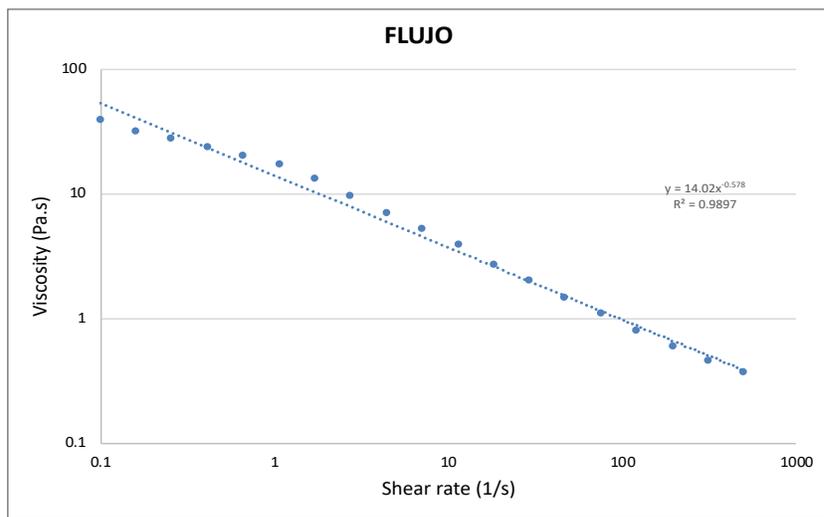
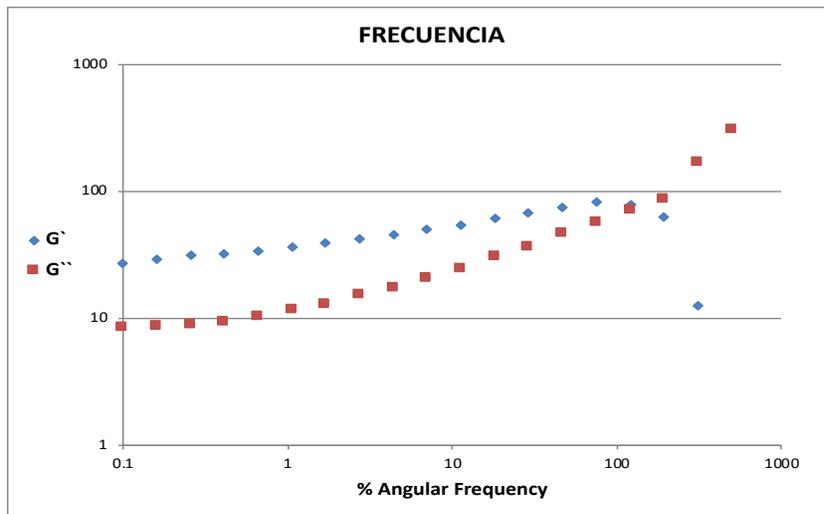
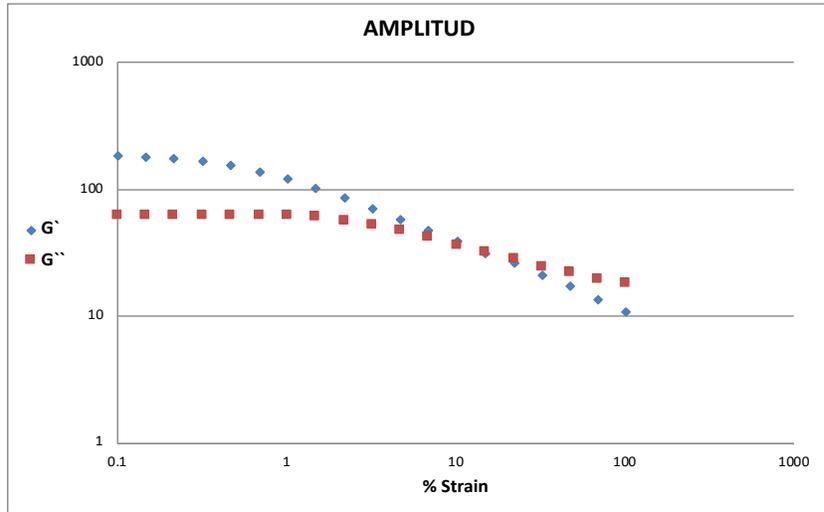


FIGURA XII. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 9

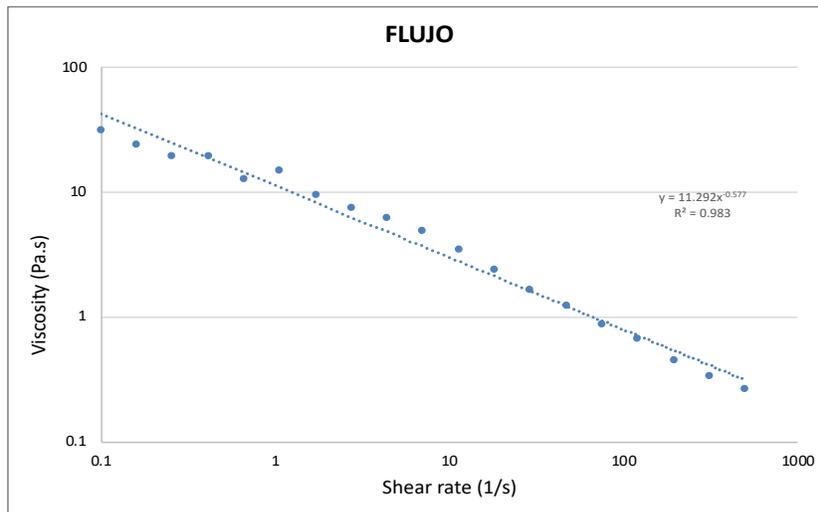
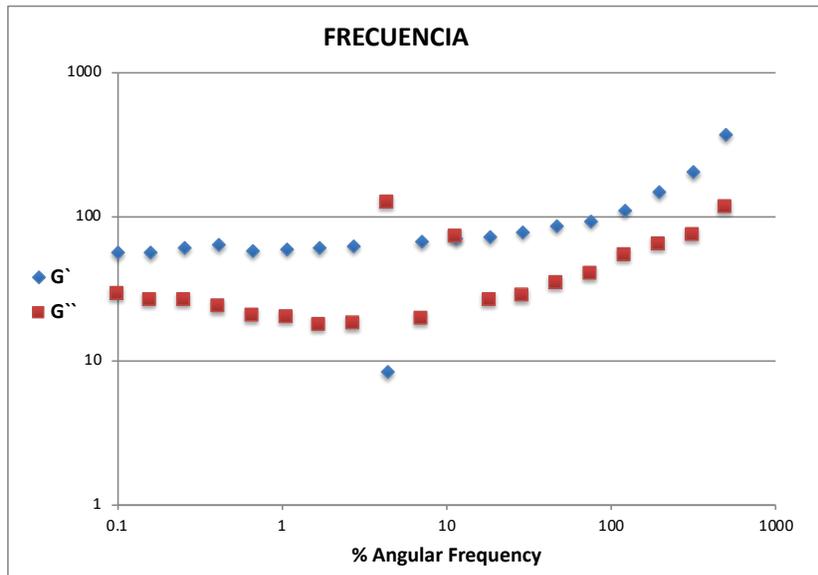
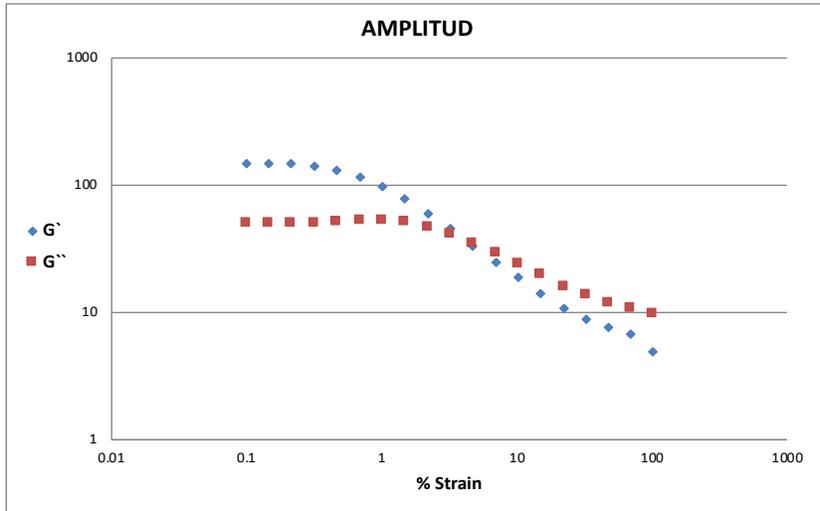


FIGURA XII. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 10

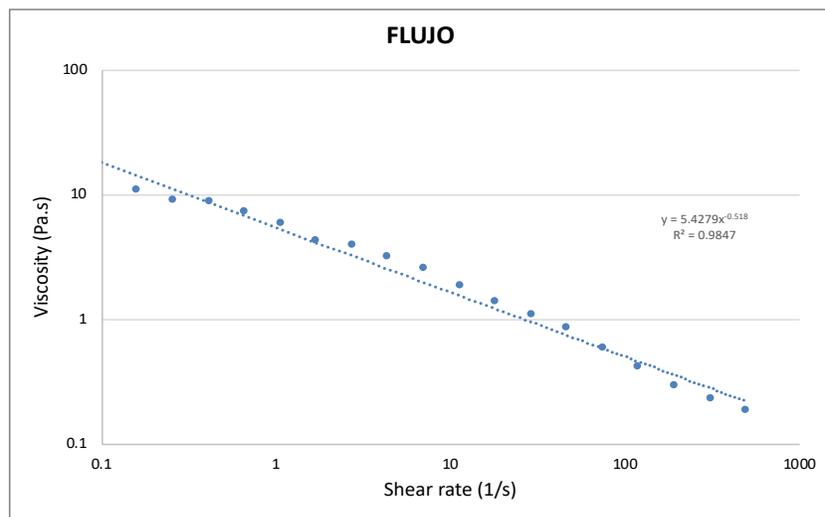
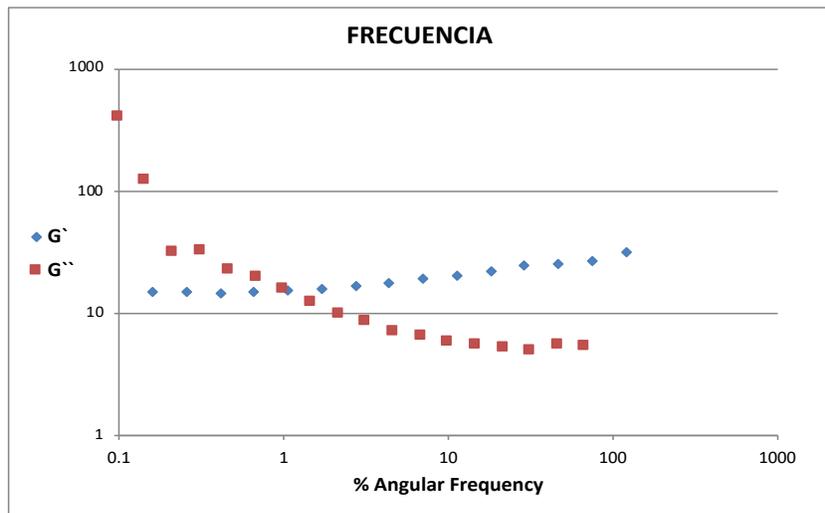
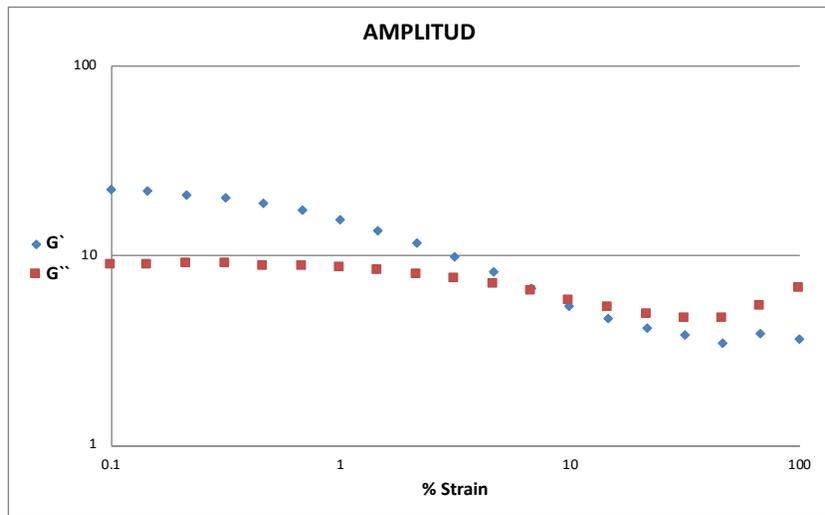


FIGURA XIV. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 11

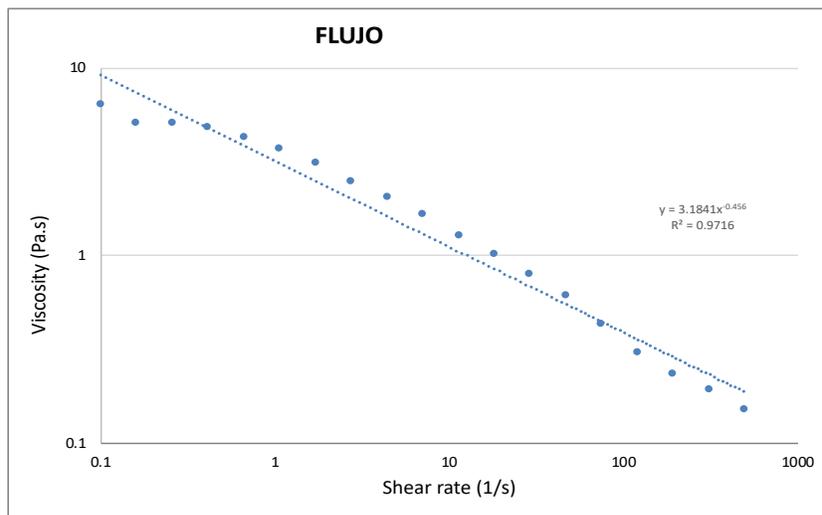
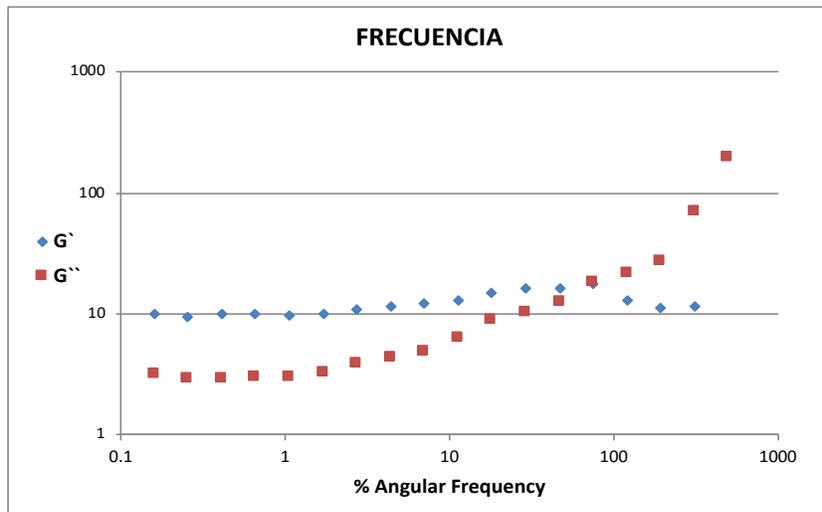
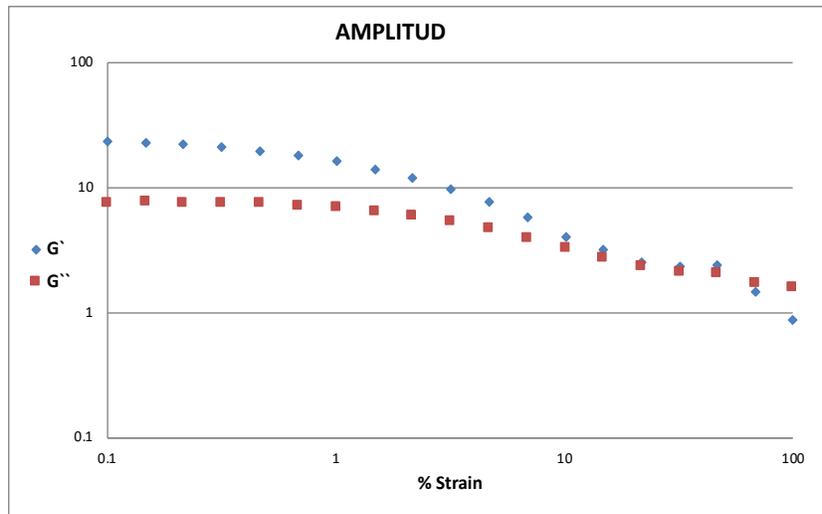


FIGURA XV. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 12

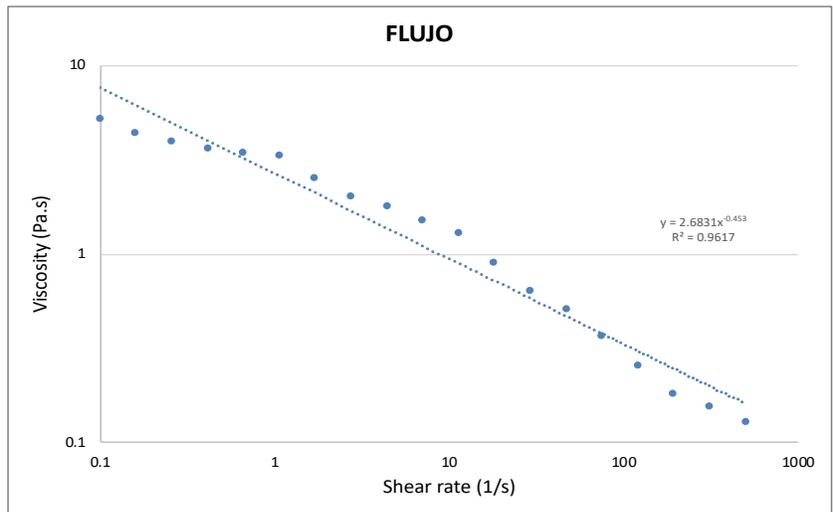
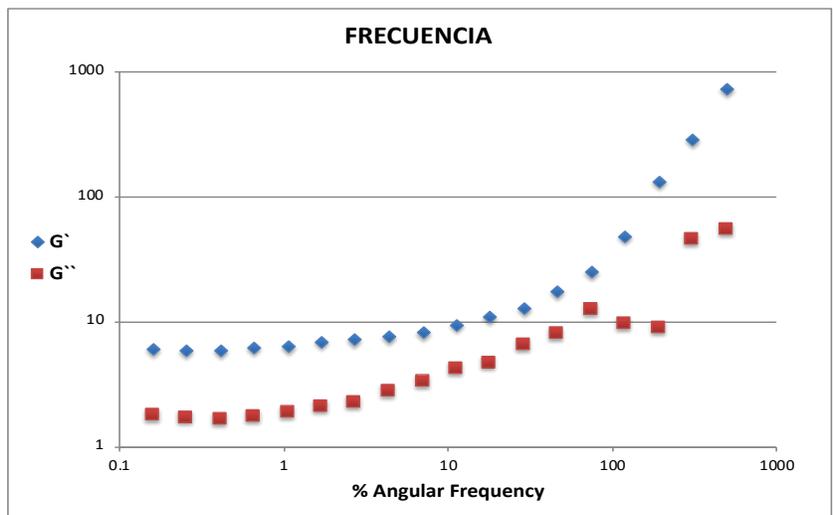
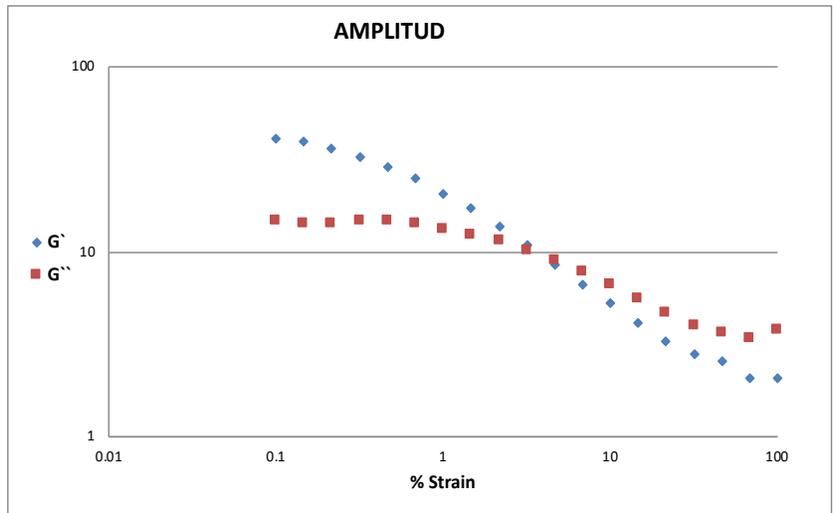


FIGURA XVI. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 13

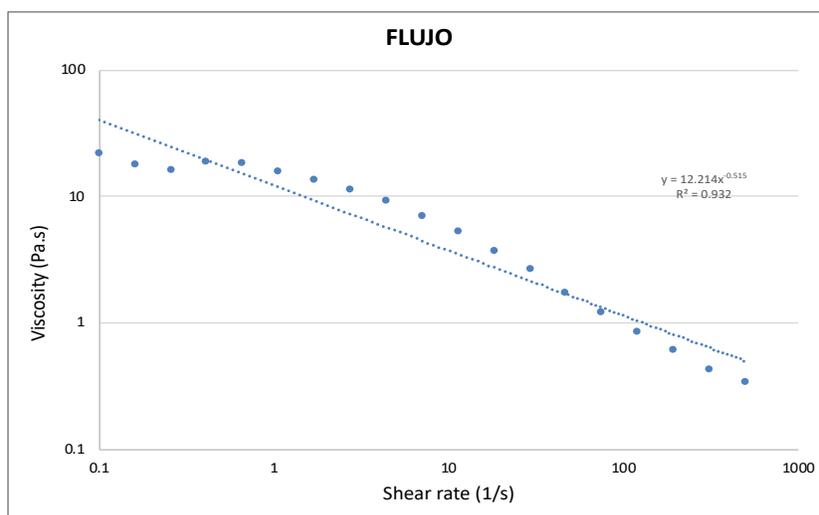
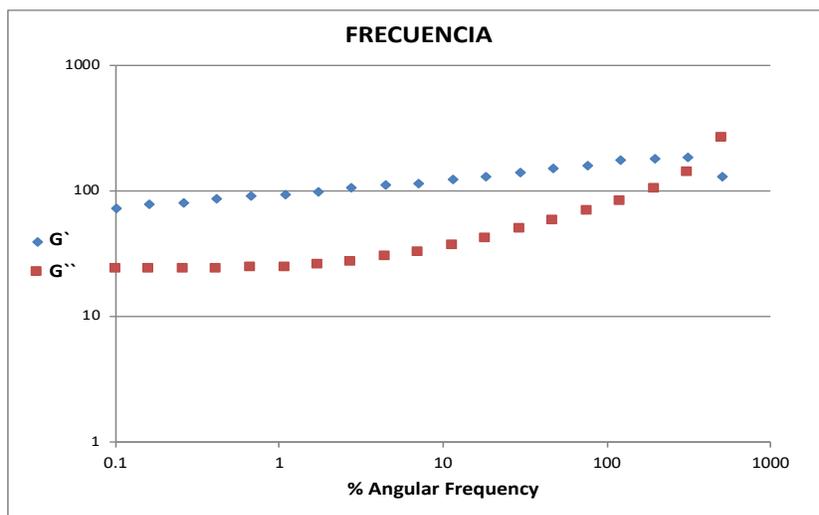
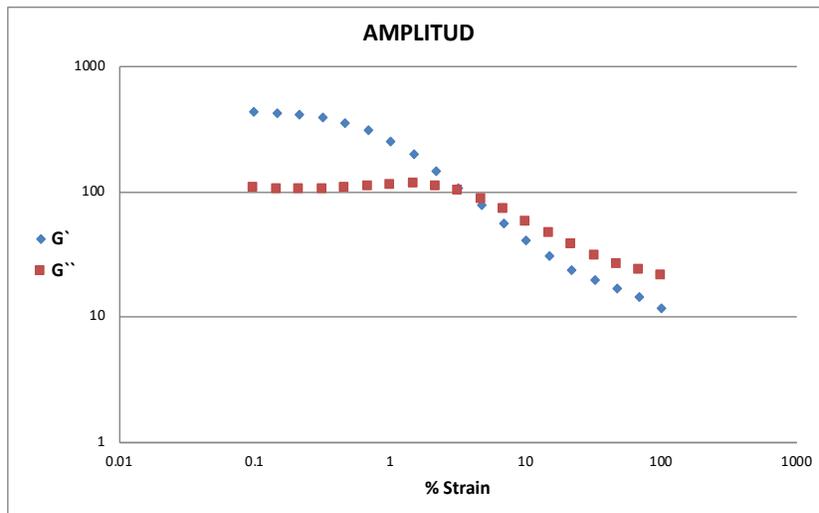


FIGURA XVII. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 14

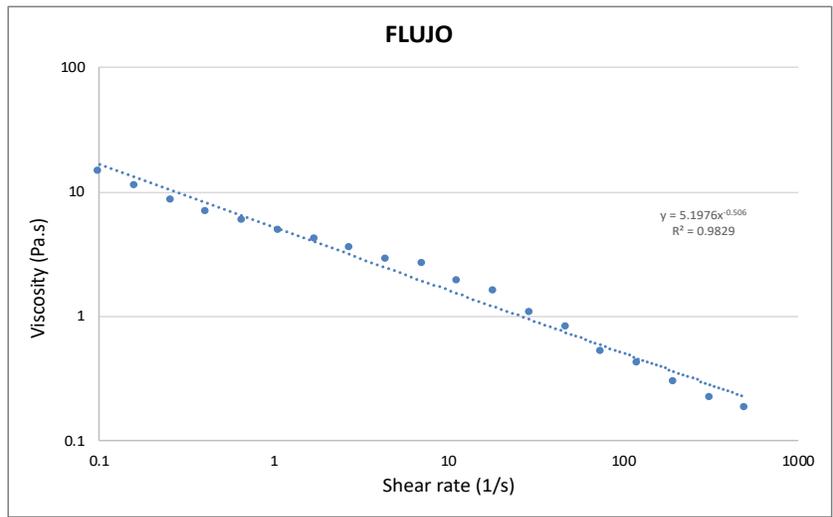
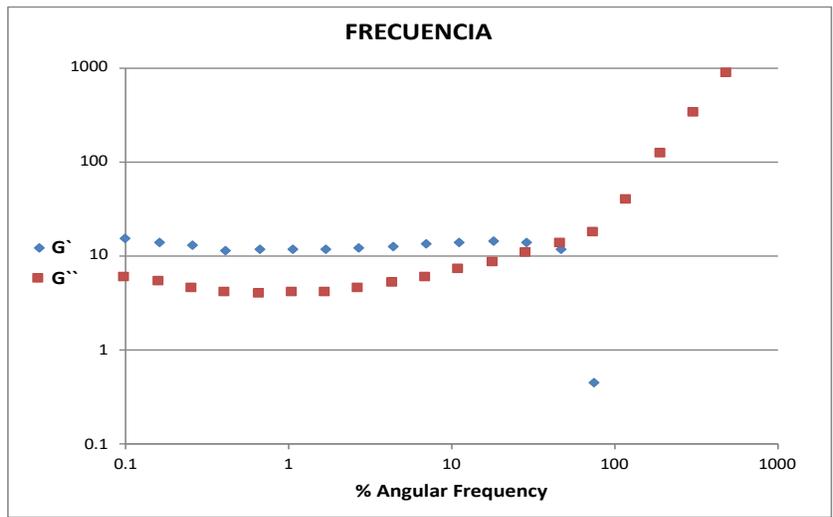
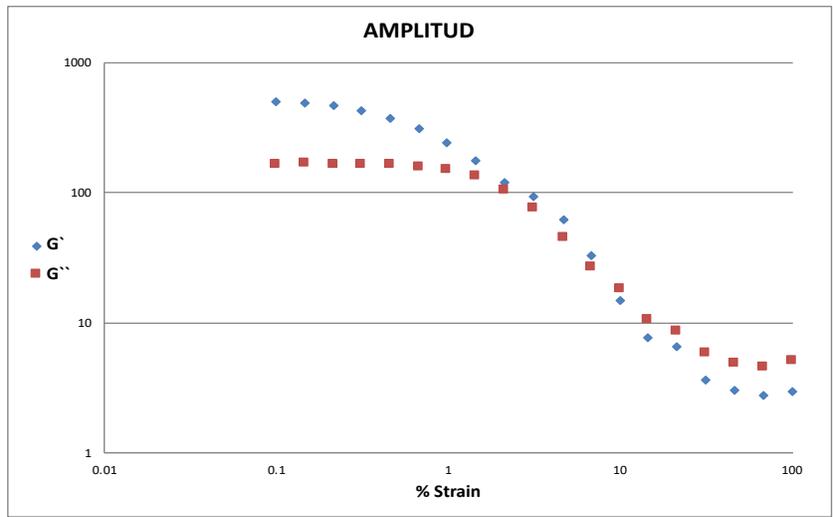


FIGURA XVIII. Gráficas de Amplitud, Frecuencia y Flujo para la formulación 15

ANEXO VII. CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA.

A) COLOR

Tabla IX. Códigos Pantone® obtenidos para cada formulación reconstituida.

No. De Formulación	Código Pantone®
1	464C
2	464C
3	464C
4	464C
5	465C
6	467C
7	465C
8	4645C
9	467C
10	464C
11	464C
12	467C
13	464C
14	465C
15	465C



Figura XIX. Tonos obtenidos en las formulaciones.

B) SEDIMENTACIÓN

Tabla X. Porcentajes de sedimentación obtenidos para cada formulación reconstituida.

Formulación	Sedimento (%)
1	3.078 ± 0.773
2	4.468 ± 0.346
3	4.240 ± 0.508
4	2.730 ± 0.342
5	4.438 ± 0.508
6	2.064 ± 0.358
7	2.643 ± 0.208
8	6.778 ± 0.123
9	2.714 ± 0.104
10	4.465 ± 0.438
11	4.929 ± 0.183
12	5.705 ± 0.362
13	6.119 ± 0.170
14	5.438 ± 0.144
15	6.349 ± 0.082

*Determinación realizada por triplicado

C) DENSIDAD

Tabla XI. Valores de densidad obtenidos de todas las formulaciones propuestas.

Formulación	Densidad Promedio (g/mL)
1	1.074 ± 0.0047
2	1.069 ± 0.0035
3	1.088 ± 0.0052
4	1.071 ± 0.0032
5	1.059 ± 0.0119
6	1.035 ± 0.0013
7	1.007 ± 0.0043
8	1.052 ± 0.0214
9	0.979 ± 0.0214
10	0.950 ± 0.0460
11	1.072 ± 0.0050
12	1.075 ± 0.0026
13	1.063 ± 0.0158
14	1.106 ± 0.0796
15	1.074 ± 0.0161

*Determinación realizada por triplicado



Edad:

Sexo:

Instrucciones: Frente a usted tiene tres muestras anote el código en el espacio correspondiente. Entre cada muestra enjuáguese y coma un pedazo de galleta habanera. Indique con una X en la escala que le parece el producto. Gracias.

1. ¿Qué tanto te gusta el producto en general?

CÓDIGO	Me desagrada muchísimo	Me desagrada mucho	Me desagrada ligeramente	Me desagrada	Me da igual	Me agrada	Me agrada ligeramente	Me agrada mucho	Me agrada muchísimo

2. ¿Qué tanto te agrada el sabor del producto?

CÓDIGO	Me desagrada muchísimo	Me desagrada mucho	Me desagrada ligeramente	Me desagrada	Me da igual	Me agrada	Me agrada ligeramente	Me agrada mucho	Me agrada muchísimo

3. ¿Qué tanto te agrada la textura del producto?

CÓDIGO	Me desagrada muchísimo	Me desagrada mucho	Me desagrada ligeramente	Me desagrada	Me da igual	Me agrada	Me agrada ligeramente	Me agrada mucho	Me agrada muchísimo

4. ¿Consumes suplementos alimenticios?

Sí

No

5. ¿Con qué frecuencia consumes suplementos?

Nunca

1 vez por semana

3 veces a la semana

Diario

1 vez al mes

6. ¿Cuáles suplementos consumes? Escríbelos

E) EVALUACIÓN SENSORIAL. ANOVAS

AGRADO EN GENERAL

Tabla XII. Análisis de varianza considerando todas las calificaciones obtenidas

Análisis de la varianza (Variable Agrado general):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	3.2667	1.6333	0.5280	0.5917
Error	87	269.1333	3.0935		
Total corregido	89	272.4000			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Tabla XIII. Análisis de varianza considerando calificaciones <6

Análisis de la varianza (Variable Agrado general):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	1.5741	0.7871	0.8422	0.4368
Error	50	46.7278	0.9346		
Total corregido	52	48.3019			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

SABOR

Tabla XIV. Análisis de varianza considerando todas las calificaciones obtenidas

Análisis de la varianza (Variable Sabor):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	2.2889	1.1444	0.4042	0.6688
Error	87	246.3333	2.8314		
Total corregido	89	248.6222			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Tabla XV. Análisis de varianza considerando calificaciones <6

Análisis de la varianza (Variable Sabor):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	2.9365	1.4682	2.0261	0.1425
Error	50	36.2333	0.7247		
Total corregido	52	39.1698			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

TEXTURA

Tabla XVI. Análisis de varianza considerando todas las calificaciones obtenidas

Análisis de la varianza (Variable Textura):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	4.2889	2.1444	0.8303	0.4393
Error	87	224.7000	2.5828		
Total corregido	89	228.9889			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Tabla XVII. Análisis de varianza considerando calificaciones <6

Análisis de la varianza (Variable Textura):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	2.4505	1.2253	1.3899	0.2586
Error	50	44.0778	0.8816		
Total corregido	52	46.5283			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

F) EVALUACIÓN SENSORIAL. GRÁFICAS DE VALORES DE FRECUENCIA

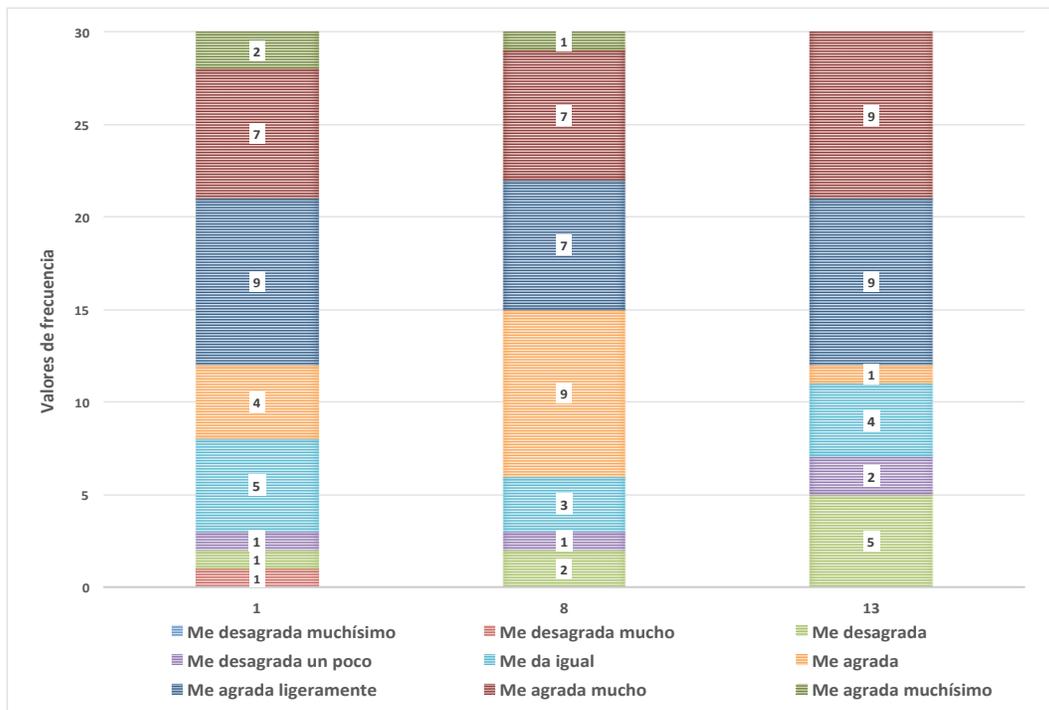


Figura XX. Valores de frecuencia para las Formulaciones 1, 8 y 13 en "SABOR"

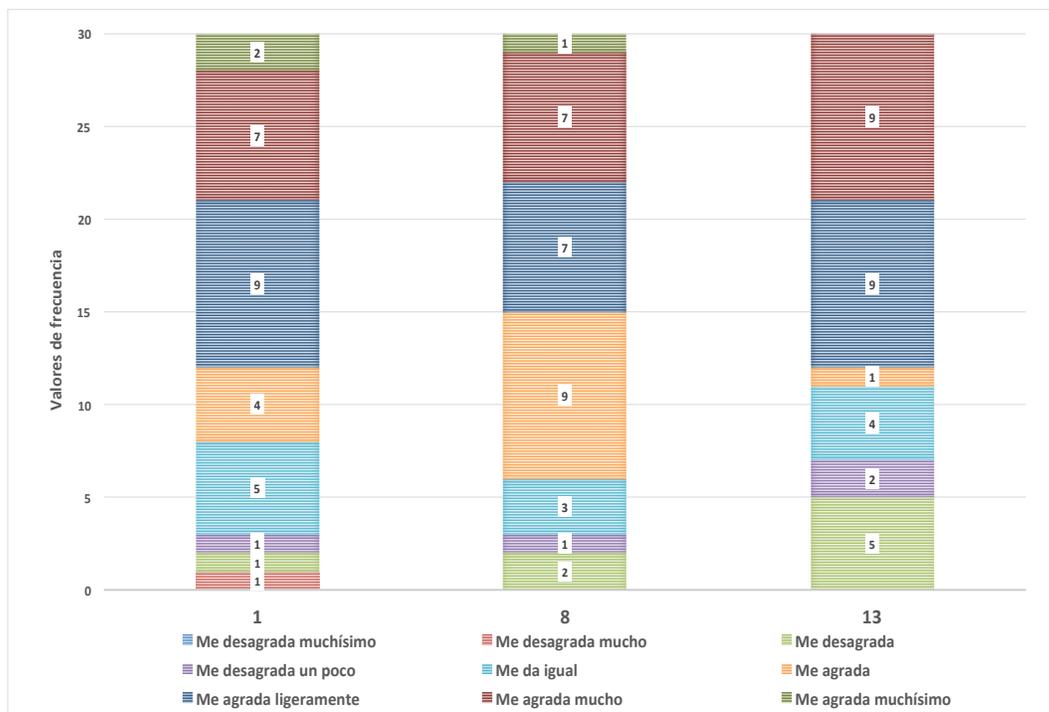


Figura XXI. Valores de frecuencia para las Formulaciones 1, 8 y 13 en "TEXTURA"