



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**EVALUACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE UN
SUPLEMENTO ALIMENTICIO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICO DE ALIMENTOS

PRESENTA

VÍCTOR JAVIER CERECEDO PEÑA



Ciudad Universitaria, Cd. MX., 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: ALATORRE GARCÍA GABRIELA

VOCAL: Profesor: ESCAMILLA LOEZA ADELINA

SECRETARIO: Profesora: MARTÍNEZ ARELLANO ISADORA

1er. SUPLENTE: Profesor: GODINEZ RODRIGUEZ JOSÉ LUIS

2° SUPLENTE: Profesora: ANA KARINA ELIAS PATIÑO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: LABORATORIO DE INGENIERIA DE PROCESOS - INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA, UNAM. Unidad de Bioprocesos del Instituto de Investigaciones Biomédicas. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-IZTAPALAPA

ASESOR DEL TEMA:

Dra. Isadora Martínez Arellano

SUPERVISOR TÉCNICO:

M. en B. Araceli Arellano Covarrubias

SUSTENTANTE:

Víctor Javier Cerecedo Peña

ÍNDICE

	Página
1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. HIPÓTESIS.....	4
4. OBJETIVOS.....	4
4.1 Objetivo General.....	4
4.2 Objetivos particulares.....	4
5. ANTECEDENTES.....	5
5.1 Sobrepeso y Obesidad en la Actualidad.....	5
5.1.1 Índice de Masa Corporal.....	6
5.1.2 Obesidad mórbida en México.....	7
5.2 Cirugía Bariátrica.....	7
5.2.1 Ingesta de proteína en el tratamiento postoperatorio.....	8
5.3 Suplementos Alimenticios.....	8
5.4 Vida de Anaquel.....	9
5.4.1 Vida de anaquel de alimentos de la misma naturaleza.....	9
5.4.2 Factores considerados para determinar la vida de anaquel de los alimentos.....	11
5.5 Microbiología de Alimentos.....	13
5.5.1 Pruebas de calidad microbiológica.....	13
5.6 Estabilidad Físicoquímica.....	13
5.6.1 Selección de las pruebas adecuadas	14
5.7 Evaluación sensorial.....	14
5.7.1 Quantitative Descriptive Analysis (QDA).....	16

5.7.2	CATA (Check-all-that-apply)	16
5.7.3	RATA (Rate-all-that-apply)	17
5.7.4	Perfiles de deterioro	17
5.7.5	Análisis de componentes principales (ACP)	18
5.7.6	Análisis de supervivencia (Survival analysis)	18
5.7.7	Distribución Weibull	19
5.7.8	Distribución Lognormal	19
5.7.9	Distribución Loglogística	20
5.8	Justificación de la investigación	20
6.	MATERIAL Y METODOLOGÍA	21
6.1	Análisis de calidad microbiológica	21
6.1.1	Preparación de las muestras	22
6.1.2	Mesófilos aerobios	22
6.1.3	Coliformes totales	22
6.1.4	Hongos y levaduras	23
6.2	Análisis de propiedades fisicoquímicas	23
6.3.1	Determinación de pH	24
6.3.2	Índice de insolubilidad	24
6.3.2	Análisis químico proximal	25
6.3	Evaluación sensorial	25
6.3.1	Calibración del panel de jueces	26
6.3.2	Entrenamiento del panel sensorial	26
6.3.3	Generación y selección de atributos de deterioro	27
6.3.4	Evaluación con consumidores	28
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29

7.1	Análisis microbiológico.....	29
7.1.1	Mesófilos aerobios.....	29
7.1.2	Coliformes totales.....	30
7.1.3	Hongos y levaduras.....	31
7.2	Análisis fisicoquímico.....	32
7.2.1	Determinación de pH.....	32
7.2.2	Determinación del índice de insolubilidad.....	33
7.2.3	Análisis químico proximal.....	33
7.3	Evaluación sensorial.....	34
7.3.1	Calibración del panel de jueces.....	35
7.3.2	Comparación de los resultados de las pruebas de evaluación sensorial con consumidores y panel de jueces.....	35
7.3.2.1	Perfiles sensoriales de deterioro por el panel sensorial y los consumidores.....	35
7.3.3	Análisis de la evolución en calificaciones para los atributos de agrado de sabor, textura y general.....	39
7.3.4	Análisis de componentes principales	40
7.3.5	Análisis de la frecuencia de calificaciones en la evaluación de las muestras con consumidores.....	41
7.3.6	Prueba de nivel de aceptación.....	42
7.3.7	Comparación de métodos probabilísticos.....	43
7.3.7.1	Ajuste de los modelos.....	43
7.3.8	Vida de anaquel.....	44
8	CONCLUSIONES.....	46
9	PERSPECTIVAS.....	47
10	BIBLIOGRAFÍA.....	47
11	ANEXOS.....	52

1. RESUMEN

A continuación se presenta la evaluación de la vida de anaquel de un suplemento alimenticio de origen vegetal, el cual fue desarrollado con el propósito de ofrecer opciones a las personas que padecen síndrome de malabsorción. En la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria), se establece que todos los productos no alcohólicos, salvo algunas excepciones, deben indicar la fecha de caducidad o bien, la fecha de consumo preferente. Existen diferentes métodos en la literatura para determinar la vida de anaquel, pero todos ellos coinciden en el seguimiento de tres características de estabilidad fundamentales: la microbiológica, la fisicoquímica y la sensorial. Las características poco perecederas de las materias primas usadas en la elaboración del suplemento alimenticio, llevaron a que se prestase especial atención a las características sensoriales del producto, que marcaron la pauta en cuanto almacenamiento.

Para el desarrollo experimental se almacenaron un total de diez y nueve muestras del mismo lote, a dos combinaciones diferentes de humedad y temperatura. La primera combinación será denominada ambiental, ya que las muestras se almacenaron en una repisa del laboratorio, por ende, la temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 3$, $51\% \text{H} \pm 5$) dependieron de las condiciones ambientales. Por otro lado, la combinación a la que se hace referencia como “controlada” es aquella que se refiere a las de la cámara de almacenamiento, con condiciones de temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 3$ y humedad relativa de $55\% \pm 5$. El estudio se realizó durante un periodo de 75 días.

Las pruebas de calidad microbiológica fueron: mesófilos y coliformes, así como hongos y levaduras. La evaluación fisicoquímica constó de: pH, índice de insolubilidad y análisis químico proximal (AQP). La determinación de pH se llevó a cabo con forma a la NMX-F-317-NORMEX-2013, la del índice de insolubilidad en la NMX-F-183-1986 y el análisis químico proximal siguiendo los métodos de AOAC International, de la edición vigésima del libro “Official Methods of Analysis” del año 2016. El trabajo de análisis sensorial constó de dos partes: panel de jueces realizaron Quantitative Descriptive Analysis (QDA) y consumidores ejecutaron Rate-all-that-apply (RATA), respectivamente.

2. INTRODUCCIÓN

La salud de la población mexicana en términos generales es precaria, la causa es multifactorial; sin embargo, se debe principalmente a los hábitos de alimentación, la falta ejercicio y un estilo de vida cada vez más acelerado, con una carga de estrés mucho mayor. Las principales causas de muerte en el país son: la diabetes y el infarto agudo al miocardio. Los cuales en el año 2015 causaron el 31% (Forbes, 2015) del total de las muertes en México. Atender correctamente las causas que generan esta problemática requiere de formular y coordinar estrategias en diferentes ámbitos; que van desde el sector salud hasta el sector educativo. Estas estrategias deben ser eficientes permitiendo potenciar los factores de protección hacia la salud, particularmente para modificar el comportamiento individual, familiar y comunitario.

El sobrepeso y la obesidad, incrementan significativamente el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles, la mortalidad prematura y problemas cardiovasculares. En algunos casos métodos tradicionales como la dieta y el ejercicio no son suficientes, por lo que se requieren métodos más drásticos. Como la cirugía bariátrica, la cual es un conjunto de procedimientos quirúrgicos que logran la pérdida de peso reduciendo el tamaño del estómago con una banda gástrica, removiendo una porción del estómago o bien, redirigiendo el intestino delgado a una pequeña bolsa estomacal popularmente conocida como “bypass gástrico”. Estos procedimientos se recomiendan cuando el paciente padece de obesidad mórbida, el cual corresponde a un índice de masa corporal de 40 o más, o cuando debido a desordenes hormonales que impiden la pérdida de peso.

Aunque estos procedimientos han demostrado ser útiles a largo plazo, algunos de los pacientes podrían llegar a tener complicaciones posteriores a la operación, como el síndrome de malabsorción. El cual es un trastorno de la digestión causado por la dificultad para asimilar, absorber o digerir los nutrientes presentes en los alimentos a lo largo del tracto gastrointestinal. La malabsorción generalmente está asociada a dificultades para absorber nutrientes en el intestino delgado (Walker-Smith et al., 2002), se presenta mayormente en post bypass gástrico. Para poder compensar la falta de nutrientes es necesario recurrir a suplementos alimenticios, de los cuales casi todos son importados y por lo tanto la mayoría son sumamente costosos; sobre todo, si consideramos que no es un tratamiento corto.

El suplemento alimenticio evaluado en este estudio, fue desarrollado con el objetivo de coadyuvar en el tratamiento del síndrome de malabsorción, en este sentido es necesario garantizar las propiedades de dicho producto, así como su estabilidad. Los alimentos, debido a factores intrínsecos (pH, composición química, envase, etc.) y extrínsecos (temperatura ambiental, humedad relativa, manejo del producto, etc.), son perecederos por naturaleza.

La descomposición sucede de manera progresiva en todos los alimentos, mientras se manipulan y almacenan por el fabricante, el vendedor así como el consumidor. Los cambios pueden ser rápidos como en el deterioro de la carne o pueden tener lugar durante un período de días o semanas. Todos los productos alimenticios tendrán algún tipo de deterioro en sus propiedades, ya sean nutrimentales, fisicoquímicas o sensoriales.

De acuerdo con la Norma oficial mexicana vigente NOM-051-SCFI/SSA1-2010; vida de anaquel se refiere al periodo durante el cual el producto es comercializable y mantiene las cualidades específicas que se le atribuyen, pero después de la cual el producto puede ser consumido; mientras que la fecha de caducidad es la fecha límite en que se considera que las características sanitarias y de calidad que debe reunir un producto se reducen de tal manera que después de esta fecha no debe comercializarse ni consumirse.

Por ende, ya sea vida de anaquel o fecha de caducidad, se debe garantizar que se mantienen todas las características microbiológicas, fisicoquímicas, sensoriales y funcionales, con las que fue diseñado el producto; siempre y cuando se almacene en las condiciones establecidas en la etiqueta (Cantillo, 1994). Para cualquier producto alimenticio esta información es de gran importancia pues permite garantizar la estabilidad del producto ante las instituciones reguladoras de alimentos y dar certeza al consumidor.

3. HIPÓTESIS

El perfil sensorial del suplemento alimenticio con consumidores y jueces entrenados, se verá modificado de forma negativa, si durante el tiempo de almacenamiento sus propiedades se deterioran.

Si el deterioro de las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales del suplemento disminuye conforme transcurra el tiempo, la aceptación del producto puede decaer hasta que sea inaceptable para la mayoría de las personas.

El suplemento difícilmente presentará desarrollo de los microorganismos indicadores de calidad, porque las materias primas tienen características que hacen poco susceptible su desarrollo.

Si las propiedades fisicoquímicas del alimento se ven significativamente modificadas, entonces las características sensoriales del suplemento se verán comprometidas.

La vida de anaquel será extensa (meses-años) porque la naturaleza de los ingredientes con los que está elaborado el producto es poco perecedera.

Al cambiar las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales del suplemento alimenticio de origen vegetal podremos conocer la fecha de consumo preferente de éste.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar la vida de anaquel o fecha de consumo preferente de un suplemento alimenticio de origen vegetal evaluando las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales.

4.2 Objetivos particulares

- ✓ Evaluar la calidad microbiológica del suplemento alimenticio (mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras) para asegurar la inocuidad del polvo durante el estudio.
- ✓ Evaluar la estabilidad del suplemento con base a las propiedades fisicoquímicas: pH, índice de solubilidad y análisis químico proximal (humedad, grasa, proteína, cenizas y carbohidratos).
- ✓ Calibrar un panel de jueces para definir el perfil sensorial de los atributos de descomposición de un suplemento alimenticio de origen vegetal.

- ✓ Determinar el perfil de deterioro del suplemento mediante el uso de la prueba RATA (Rate all-that-apply) con consumidores durante el tiempo de almacenamiento.
- ✓ Estudiar la aceptación del producto con modelos probabilísticos durante el periodo de almacenamiento para establecer la vida sensorial útil.

5. ANTECEDENTES

5.1 Sobrepeso y obesidad en la actualidad

La obesidad se define como el exceso de grasa corporal, que se asocia a un mayor riesgo de enfermedades y muerte prematura (Klein et al., 2002); es una enfermedad sistémica, crónica y multicausal, no exclusiva de países económicamente desarrollados, que involucra a todos los grupos de edad, de distintas etnias y de todas las clases sociales. Esta enfermedad ha alcanzado proporciones epidémicas a nivel mundial, razón por la que la Organización Mundial de la Salud (OMS), denomina a la obesidad como la epidemia del siglo XXI. De hecho, el exceso de peso corporal constituye el sexto factor principal de riesgo de defunción en el mundo (Dávila-Torres et al., 2015).

A nivel mundial el 65% de la población tiene sobrepeso, el cual junto con la obesidad tienen gran repercusión en la morbilidad y mortalidad, a nivel mundial implica grandes gastos en salud, por parte del gobierno como de las familias; por las complicaciones que pueden provocar, como: diabetes, hipertensión arterial y cáncer, principalmente. Su origen es multifactorial y complejo, pues abarca al ámbito social, político, económico, educacional y algunos de sus determinantes son el balance positivo en el consumo de energía, el sedentarismo y la influencia de los medios de comunicación (Sámano et al., 2015).

Aproximadamente, el 70% de los mexicanos padece sobrepeso y casi una tercera parte sufre de obesidad, un tercio de los jóvenes mexicanos también la padecen, cuya cifra se ha triplicado desde hace 10 años. México ha superado a los Estados Unidos como el país con más personas obesas en el mundo, un estudio realizado por la FAO reveló que México tiene entre su población un 32.8% de personas obesas, por encima de Estados Unidos con un 31.8% (Forbes México, 2013).

Las afecciones asociadas a la obesidad son muchas, incluso hay investigaciones en curso que asociarían la obesidad con enfermedades no solo en el sistema digestivo, sino también en el nervioso y endocrino (Bernal-Reyes et al., 2013).

Se estima que el 90% de los casos de diabetes tipo II son atribuibles al sobrepeso y la obesidad. Otras enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) relacionadas con la obesidad son la hipertensión arterial, dislipidemia, enfermedad coronaria, apnea del sueño, enfermedad vascular cerebral, osteoartritis y algunos cánceres (mama, esófago, colon, endometrio y riñón) (Dávila-Torres et al., 2015).

5.1.1 Índice de Masa Corporal (IMC)

Hay muchas formas para medir el sobrepeso y la obesidad, la Organización Mundial de la Salud y los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos recomiendan el índice de masa corporal (IMC) por ser muy práctico y aplicable en la mayoría de la población. Con esta herramienta se ha determinado que en los adultos el IMC normal oscila entre 18.5 y 24.9 kg/m²; se considera sobrepeso cuando el IMC se encuentra entre 25 y 29.9 kg/m² y obesidad cuando este es mayor de 30 kg/m² (Bernal-Reyes et al., 2013).

Tabla 1. Clasificación de la OMS para el IMC

Clasificación del IMC	
Insuficiencia Ponderal	< 18.5
Intervalo normal	18.5 a 24.9
Sobrepeso	≥ 25
Preobesidad	25 a 29.9
Obesidad	≥ 30
Obesidad clase I	30 a 34.9
Obesidad clase II	35 a 39.9
Obesidad clase III	≥ 40

Fuente: OMS, 2015

El índice de masa corporal (IMC) se calcula dividiendo el peso en kilogramos entre el cuadrado de la talla en metros (kg/m²), es un índice utilizado frecuentemente para

clasificar el sobrepeso y la obesidad en adultos. La OMS define el sobrepeso como un IMC igual o superior a 25, y la obesidad como un IMC igual o superior a 30 (OMS, 2015) (tabla 1).

5.1.2 Obesidad mórbida en México

En México en el año 2012, el 3 % de la población tenía obesidad mórbida según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la Secretaría de Salud (Gutiérrez, et al., 2012), en total 3.6 millones de personas reportaron un IMC mayor a 40. Para 2016, los datos más recientes, la cifra aumentó tres décimas. Aunque parece poco, son 4.2 millones de personas las que tienen obesidad mórbida, lo que representa un aumento de 16.6 % de mexicanos respecto a la prevalencia reportada en 2012. En el mundo, la tasa de obesidad mórbida en 2016 fue de 1% para hombre y 2% para mujeres, según la revista *Scientific American*, México supera 2.2 veces ese promedio (Agenda Pública, 2017).

5.2 Cirugía bariátrica

La cirugía bariátrica es un conjunto de procedimientos quirúrgicos que logran la pérdida de peso reduciendo el tamaño del estómago con una banda gástrica, removiendo una porción del estómago o bien, redirigiendo el intestino delgado a una pequeña bolsa estomacal popularmente conocida como “bypass gástrico”. Estos procedimientos se recomiendan cuando el paciente padece de obesidad mórbida, el cual corresponde a un índice de masa corporal de 40 o más, o cuando debido a desordenes hormonales impiden la pérdida de peso. Esta cirugía continúa principalmente por dos factores: la elevada prevalencia de obesidad y la falta de respuesta efectiva al tratamiento médico, basado en dieta, actividad física, cambios conductuales y farmacoterapia en distintas combinaciones (Maluenda, 2012).

Hay clara evidencia de que la cirugía bariátrica es efectiva para tratar la obesidad y la diabetes mellitus tipo II. La Federación Internacional de Diabetes, en una reciente declaración (Dixon, et al., 2011), recomienda el tratamiento quirúrgico para personas con diabetes tipo 2 asociada a obesidad ($IMC \geq 35 \text{ kg/m}^2$) y, bajo algunas circunstancias, para pacientes que tienen IMC entre 30 y 35 kg/m^2 . La cirugía bariátrica además produce mayor pérdida de peso que el tratamiento convencional en obesidad clase 1 y en obesidad severa, acompañado por mejorías en las

comorbilidades como diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial y mejoría en la calidad de vida (Maluenda, 2012).

5.2.1 Ingesta de proteína en el tratamiento postoperatorio

La calidad, así como la composición de las fuentes de proteína son muy importantes, principalmente en relación al contenido de leucina; dicho aminoácido ayuda a mantener la masa magra muscular, esencial para el paciente. La ingesta de proteínas tiende a ser inadecuada en pacientes bariátricos, ocasionando la pérdida de masa magra muscular. En contraste, las dietas ricas en proteína logran incrementar los niveles de saciedad, la ganancia de peso y mejorar la composición corporal. Por ello es de suma importancia tener el asesoramiento dietético dirigido hacia el paciente, para así obtener resultados exitosos (Heber et al., 2010; Litchford, 2010; Leite et al., 2011). En particular, la ingesta de alimentos disminuye considerablemente después de la cirugía, por lo que es importante que la proteína esté presente en la dieta. Además, debe facilitar la pérdida de peso, así como el mantenimiento del mismo, preservar la masa magra y lograr la saciedad del paciente post quirúrgico, por lo que su acompañamiento conlleva el uso de suplementos alimenticios (Must, et al., 1999).

5.3 Suplementos alimenticios

Los suplementos alimenticios son productos comercialmente disponibles que se consumen como una adición a la dieta habitual pueden incluir vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas, fibra y una variedad de otros productos. Pueden presentarse en diferentes presentaciones como: tabletas, cápsulas, polvos, bebidas o barras. Su principal función es mantener, apoyar y optimizar las funciones fisiológicas del organismo (Knapik et al., 2016). Los suplementos alimenticios también se pueden usar en combinación con otro para mejorar el balance nutricional. El resultado de esa combinación puede mezclarse con otros alimentos para conformar un alimento completo (FAO, 2000).

Los suplementos alimenticios ayudan a proveer nutrimentos en cantidades adecuadas; sin embargo, no sustituyen la variedad de alimentos que son de suma importancia en una dieta saludable. Existe evidencia científica que demuestra que algunos de éstos proveen beneficios a la salud en general; sin embargo, la FDA no

determina su eficacia antes de su comercialización (National Institutes of Health, 2017).

5.4 Vida de Anaquel

En términos prácticos la vida de anaquel de un alimento, se define como el tiempo en el cual éste conservará la estabilidad de sus propiedades microbiológicas fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales (Chica y Osorio, 2003). Otras definiciones de vida de anaquel de un alimento, se refieren al periodo en que un producto se vuelve inaceptable desde un punto de vista sensorial, nutricional o de inocuidad (Badui, 2013).

Por otro lado, el IFST (Institute of Food Science Technology) Guidelines (1993) define la vida útil como el tiempo en el que un producto: a) es seguro en su consumo; b) conserva características sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas deseadas; y c) cumple con las declaraciones en la etiqueta de información nutricional, cuando se almacena bajo las condiciones recomendadas. Ésta última definición identifica los factores clave que deben considerarse cuando se evalúa la vida útil de un producto y algunos de ellos son evaluados sin la presencia del consumidor. Por ejemplo, cuando se declara un alimento como seguro, éste debería estar libre de bacterias patógenas lo cual es evaluado por análisis microbiológicos estándar.

Algunas de las variables que influyen en la duración de la vida de anaquel son las siguientes: la naturaleza del alimento, su composición, los ingredientes, el proceso de elaboración, el empaque para su protección, así como el material y el diseño empleado en su manufactura, condiciones de almacenamiento, distribución y manipulación (Hough et al., 2005).

5.4.1 Vida de anaquel de alimentos de la misma naturaleza

El tiempo que un alimento permanece estable, dependerá principalmente de las interacciones químicas que puedan ocurrir entre sus componentes; tales reacciones se pueden acelerar o ralentizar dependiendo de los factores extrínsecos que acompañan al alimento (Badui, 2013). Por eso es común que productos idénticos tengan similares fechas de consumo preferente o caducidad como por ejemplo: cereales, carnes, frutas o verduras. Aunque es posible hacer una especulación a partir

de la información con que se dispone, sólo la revisión bibliográfica no sustituye un estudio completo de vida de anaquel; pero si ayuda a tomar las medidas adecuadas para estudiar la matriz de interés (Giraldo, 1999).

Los cereales y leguminosas usadas en la formulación, son componentes mayoritarios del suplemento; tienen reportada una vida de anaquel por la organización de consumidores “Eat by Date”, la cual considera la gran mayoría de marcas en el mercado, de 1 a 2 años para la harina del cereal utilizado y de 2 a 3 años para las legumbres. El tiempo de vida útil se expresa en intervalos dependiendo de varios factores extrínsecos ajenos a la naturaleza de los alimentos, por ende, si se modifican las condiciones de almacenamiento se puede alargar o acortar la vida de anaquel (Hough, 2010).

En el año 2012, un grupo de científicos realizaron el desarrollo completo de varios suplementos alimenticios, en el cual incluyeron desde la selección de ingredientes para la formulación, hasta el estudio de vida de anaquel. Kunyanga y su equipo, formularon los suplementos para tratar la malnutrición en grupos vulnerables en ciertas comunidades de Kenia, lo primero que hicieron fue seleccionar alimentos de alto valor nutricional, con la condición de ser endémicos de la región; de tal forma que pudieran abatir costos. De los cuatro suplementos que propusieron el de mayor aceptación fue el que contenía los siguientes ingredientes: amaranto, frijol, camote, cacahuate y azúcar morena. Acondicionaron el producto de tal forma que la presentación fue una harina, similar a la del presente trabajo. Seleccionado el suplemento más popular, se estudió la vida de anaquel. Las condiciones ambientales de Kenia son predominantemente desérticas y se considera un país en vías de desarrollo, por lo que el diseño de dicho suplemento consideró primordialmente el envase primario, las condiciones de transporte y sobre todo el precio final. Para estimar la vida útil del producto que diseñaron empacaron muestras a tres condiciones (26°C, 30°C y 35°C) y midieron índice de peróxidos, la acidez y el decaimiento de vitamina C, parámetros fisicoquímicos que consideraron críticos para el objetivo del suplemento. En ese caso la vida de anaquel del producto fue estimada en 4 meses.

Salazar J. (2018) del Instituto Tecnológico de Tehuacán en Puebla, analizó un suplemento de origen vegetal para pacientes cirróticos, el cual incluye leche en polvo, leguminosas y cereales. La presentación es la de una harina, a la cual se le añade el

agua necesaria para su consumo como bebida. Para la determinación de la vida de anaquel dividió el estudio en tres partes: microbiológica, fisicoquímica y sensorial. Ya que no se notaron cambios significativos de acuerdo con el análisis estadístico (ANOVA), en las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas, determinó que el estudio de las propiedades sensoriales con paciente cirróticos sería el factor crítico para determinar la vida de anaquel del producto, que quedó establecido en 6 meses.

5.4.2 Factores considerados para determinar la vida de anaquel de los alimentos

Los puntos básicos para la estimación de la vida útil o vida de anaquel en los productos alimenticios son (Reyes, 2010):

- ❖ Deterioro esperado
- ❖ Criterios de inicio y término de vida de anaquel
- ❖ Condiciones de estudio: almacenamiento de productos, mercado objetivo y envase
- ❖ Método de preparación de los productos
- ❖ Plan de muestreo
- ❖ Tipo de pruebas a emplear
- ❖ Cantidad de muestra
- ❖ Análisis de información

Dependiendo del producto, de los ingredientes y del proceso al que son sometidos, los alimentos cambian con respecto a sus condiciones originales. Los cambios se dan en términos de oxidación, rancidez, disminución de propiedades sensoriales, pérdida de vitaminas, etc.

En ocasiones los productos tienen cambios que no se clasifican como deterioro sino como maduración, por lo tanto, estos cambios no requieren contabilizarse dentro del tiempo de deterioro. Por otro lado, aun cuando el criterio de aceptación sensorial es el único que de forma inmediata es percibido por el consumidor y puede provocar el rechazo del producto, se deben considerar otros parámetros que en ocasiones pueden marcar el término del estudio, como una contaminación microbiológica o una disminución en la cantidad de vitaminas declaradas (Reyes, 2010).

Debido a la diversidad de climas que existen en la República Mexicana, las condiciones de transporte y atmosféricas en las que se mantiene un producto son cruciales para la determinación de la vida de anaquel; esto aunado al envasado del producto, ya que este implica que existen riesgos por el tamaño con relación a la capacidad cúbica o volumen, resistencia mecánica, transmisión de gases y humedad, y compatibilidad con el alimento por el posible riesgo de toxicidad (Reyes, 2010).

La determinación de la vida de anaquel no solo se debe hacer por cumplir con la ley o informar al consumidor, existen otras razones para llevar a cabo estos estudios, como que el propio productor conozca los cambios que ocurren en sus productos a través del tiempo, así como los factores que producen estos cambios. Esta información les sirve como base en la toma de decisiones respecto del tipo de empaque, los cuidados durante la distribución, el proceso que se debe realizar de acuerdo con el mercado que quiere alcanzar, etc. Con esta información, desde la etapa del diseño se puede visualizar el tiempo mínimo de vida de anaquel que necesita, ya que los costos de reposición del producto en el punto de venta o el rechazo del consumidor por los cambios percibidos sensorialmente en el producto, son extremadamente altos, incluso estos cambios pueden ser aprovechados por la competencia para mostrar las debilidades del producto (Reyes, 2010).

Los estudios generales de la vida de anaquel en alimentos incluyen en el análisis tres áreas principales, la microbiológica, la fisicoquímica y la sensorial. Primero, ya sea que la naturaleza del producto permita o no su desarrollo, se debe garantizar la seguridad del consumidor durante todo el tiempo que indique la etiqueta; mediante la evaluación de la calidad microbiológica. Los alimentos son esencialmente matrices complejas que pueden dar lugar a una infinidad de reacciones que modifiquen sus propiedades, provocando que se pierdan su valor nutricional o bien se generen compuestos no deseados; de ahí la necesidad de plantear diferentes estrategias que permitan el diagnóstico completo del alimento, para así determinar los factores primordiales a considerar. Finalmente, pero no menos importante, se debe considerar la evaluación sensorial como parte crítica para determinar la vida de anaquel. Cualquier obra de la industria alimentaria dirigida al público debe ser sometida a la crítica de los consumidores, pues serán ellos quienes con sus sentidos evaluarán y calificarán la calidad de las propiedades del nuevo lanzamiento. En esta parte es

importante mencionar que aun cuando las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas no indiquen el deterioro o pérdida de las propiedades, que de acuerdo al caso fueron consideraras importantes, si los resultados de la evaluación sensorial son desfavorables debe replantearse la idea que dio origen a la nueva propuesta. (Reyes, 2010).

5.5 Microbiología de Alimentos

Las industrias elaboradoras de alimentos necesitan controlar la calidad microbiológica de las materias primas destinadas a la preparación de determinados productos, así como del producto final, y comprobar la eficacia de los sistemas de fabricación de los mismos para conseguir un alimento de buena calidad microbiológica. Los microorganismos indicadores se utilizan para regular y controlar la calidad microbiológica de los alimentos (Gómez *et al.*, 2002).

Parte de los análisis realizados para determinar la vida de anaquel son la evaluación de la calidad microbiológica. En este caso la calidad microbiana refleja las condiciones higiénico-sanitarias de proceso y almacenamiento, también permite conocer las fuentes de contaminación del alimento, así como detectar la posible presencia de microorganismos patógenos que supongan un riesgo para la salud del consumidor (Pascual, *et al.*, 2000).

5.5.1 Pruebas de calidad microbiológica

La inocuidad de una muestra alimentaria depende de ciertos microorganismos indicadores, esto son: mesófilos, coliformes, mohos y levaduras. Los de tipo mesófilos indican el grado de contaminación de una muestra y las condiciones que favorecieron o redujeron la carga microbiana; los coliformes, indican la eficiencia de los procesos de sanitización y de buenas prácticas de manejo; mientras que los mohos y levaduras, evidencian el grado de contaminación de los alimentos (Labuza y Schmidl, 1985).

5.6 Estabilidad Fisicoquímica

Los alimentos son matrices complejas que se encuentran en estado de equilibrio. Dicho estado se encuentra delimitado por la naturaleza del alimento, su composición y los factores ambientales que lo rodean. Es normal que conforme transcurre el tiempo

la estabilidad se pierda y dependerá de la vía de deterioro, la presentación tangible de la descomposición (Belitz, 2009). Por ejemplo, el color negro en algunas frutas y verduras debido a la oxidación, el cambio de textura del pan debido a la retrogradación del almidón, la presentación de sabores amargos o ácidos debido a la fermentación excesiva, entre otras. Existen alimentos que son tan estables que seguirán una vía de deterioro distinta, como puede ser la contaminación microbiológica. Pero hay algunos que pueden alcanzar años sin cambios aparentes, y cuya manifestación de deterioro puede ser tan tenue que es imperceptible por la gran mayoría de las personas.

5.6.1 Selección de las pruebas adecuadas

Para sustentar la estabilidad fisicoquímica de un alimento dentro del periodo de vida de anaquel, existen numerosas pruebas y determinaciones que se pueden realizar. Algunas de estas son: pH, solubilidad, acidez titulable, a_w , humedad relativa, cenizas, proteínas, fibra, grasa, color, textura, grados Brix, rancidez, compuestos volátiles, viscosidad, pigmentos etc. Considerar hacer todas las determinaciones es exagerado e innecesario, aunque es posible no es viable industrialmente. Cada alimento, a pesar de ser una matriz muy compleja, tiene características que por su naturaleza tienden a un tipo de deterioro. Por ejemplo, en los productos de panadería lo más común es la pérdida de humedad, lo cual modifica la textura y el enranciamiento que influye en el sabor. Por otro lado, en los quesos madurados se puede dar el pardeamiento. Antes de seleccionar las pruebas a realizar se debe tomar en cuenta el producto en cuestión y hacer una revisión bibliográfica de las posibles vías de su deterioro de forma que la metodología a seguir sea la adecuada y la suficiente para abordar el problema. (Hough, 2005).

En este caso el suplemento alimenticio debe garantizar la estabilidad de sus nutrimentos, para lo cual se puede abordar el análisis químico proximal, el pH y al tratarse de un polvo para preparar bebidas el índice de solubilidad.

5.7 Evaluación sensorial

De acuerdo a Stone y Sidel (2004) la evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar reacciones a atributos sensoriales como el olor, sabor, textura y apariencia de los alimentos y otros materiales. De acuerdo con Hough (2010) el 50% de esta disciplina se basa en la estadística, que va desde el

diseño de la metodología experimental y el análisis de los datos. Gracias a estas herramientas es posible interpretar resultados provenientes de la percepción individual de cada persona, y transformarlos en información confiable para su uso como sustento para la evaluación de la vida de anaquel de los alimentos. La ventaja de esta metodología radica en que considera la percepción del consumidor hacia el producto y no solamente el grado de deterioro medible que pueda tener el objeto de análisis.

La importancia de las características sensoriales suele ser subestimada; sin embargo, estas propiedades son igual de relevantes que las microbiológicas y fisicoquímicas, en algunas ocasiones incluso más, esto es porque el control de calidad más exigente al que se enfrenta un producto alimenticio es el que realizan los consumidores con sus sentidos (Orozco, 2016).

Puede ser que se haya diseñado el producto con las propiedades funcionales o nutricionales más increíbles, pero si los consumidores detestan el sabor, el olor, la textura o la apariencia, éste fantástico desarrollo podría no generar la simpatía de los consumidores y por lo tanto fracasar como producto. En ese contexto, los estudios de evaluación sensorial deberían ser incluidos en cualquier producto que pretenda tener éxito. Los alcances de este tipo de pruebas se extienden también a las de vida de anaquel, pues se requiere comprobar que el consumidor acepta los atributos del alimento al mismo tiempo que este mantiene su inocuidad y calidad fisicoquímica.

Para llevar a cabo cualquier metodología de evaluación sensorial se requiere echar mano de un panel de jueces entrenados o bien de una cantidad representativa de consumidores. En ambos casos deberá seguirse el procedimiento adecuado para poder llevar a buen término el tratamiento de los datos. Dichas técnicas utilizadas por esta disciplina pueden cumplir con diferentes objetivos tales como: entrenamiento para la detección de estímulos, calibración para la estandarización de los resultados de un panel de jueces, calificación de atributos para el análisis del perfil de un producto etc.

5.7.1 QDA (Quantitative Descriptive Analysis)

Fue desarrollado por Tragon Corporation a mediados de los años setenta. La aplicación de esta prueba requiere que el vocabulario y la formación asociada sean adaptados a cada producto y se requiere una amplia formación para asegurarse que el vocabulario y las escalas de calificación sean utilizados constantemente para que el grupo de jueces esté de acuerdo en poder discriminar entre las muestras (Saint Eve et al., 2004).

Se emplea un grupo de jueces conformado por 10-12 personas entrenadas estrictamente durante cierto número de sesiones donde se establecen los parámetros, escalas y atributos para evaluar, así como el vocabulario a emplear durante la realización de la prueba. Los jueces deben ser entrenados de acuerdo al tipo de producto (Cartier et al, 2006).

5.7.2 CATA (Check-all-that-apply)

La metodología CATA es una de las herramientas más potentes y utilizadas en la evaluación sensorial, ya que permite caracterizar sensorialmente los productos alimenticios, su uso se ha incrementado para la captura de las percepciones sensoriales en consumidores (Varela, 2014).

Esta metodología permite obtener perfiles sensoriales globales del producto (incluido el perfil de deterioro), y se basa en describir un producto mediante la selección de una serie de atributos en formato de listado, dichos atributos pueden incluir:

- Características sensoriales: apariencia, aroma, sabor, textura
- Términos hedónicos (rico, desagradable)
- Características no sensoriales (es producto de calidad, es de la marca X)
- Términos relativos a conceptos (es producto para toda la familia)
- Términos relativos a ocasiones de uso (es producto para consumir en la cena)

El desarrollo de la metodología se da de la siguiente manera: a los consumidores se les presenta un producto para ser evaluado (alimento o bebida) y una lista de términos para caracterizarlo. Su objetivo es elegir TODOS los términos que

consideren apropiados. La relevancia de cada opción es determinada al calcular su frecuencia de uso.

La simplicidad de la prueba CATA conlleva una limitación muy grande, ya que el formato de la prueba no permite una medida directa de la intensidad de los atributos evaluados (Ares, 2014). Es así que, en los últimos años, se introdujo una modificación a esta prueba la cual elimina dichas limitaciones: la prueba RATA.

5.7.3 RATA (Rate-all-that-apply)

Esta modificación fue recomendada por Ng, Chaya, y Hort (2013) para aumentar la capacidad de discriminación y de descripción de la escala CATA al medir la respuesta emocional de los consumidores hacia los productos alimenticios, con el fin de involucrar a los participantes en un mayor proceso cognitivo (Ares, 2014).

La modificación de la escala CATA consiste en agregar una escala de intensidad para cada uno de los atributos evaluados, por lo que al evaluar la intensidad conjunta con los atributos presentes se obtendrán respuestas más completas y se podrán caracterizar los productos alimenticios. Esta metodología provee una mayor utilidad cuando se evalúan productos y los respectivos cambios en sus atributos en diferentes tiempos de almacenamiento.

5.7.4 Perfiles de deterioro

El deterioro en alimentos, por casi cualquier vía, se ve reflejado en las características sensoriales del alimento. La medición de esos atributos a lo largo del tiempo de almacenamiento sirve como base para estimar la vida útil sensorial de un alimento. Esa información también puede ser utilizada para mejorar la tecnología relacionada al producto alimenticio, esto es empaque, ingredientes, operaciones unitarias, transporte, de tal forma que se pueda extender la vida del producto.

La técnica utilizada con los jueces, fue el análisis descriptivo cuantitativo el cual ayuda a identificar y cuantificar las características sensoriales de un producto. La información generada sirve para construir un modelo multidimensional cuantitativo que perfila los parámetros que definen o describen a uno o varios productos (Pedrero y Pangborn, 1989). De igual forma se ha utilizado con buenos resultados para generar datos acerca

de un concepto y de productos ideales antes de que se inicie propiamente su desarrollo (Stone et al., 1974).

Para consumidores se siguió la metodología de “Rate All That Apply” o RATA. La cual es una variación del formato de preguntas “Check All That Apply” (CATA) más comúnmente utilizado. Para una lista de términos previamente especificada, los consumidores indican si se aplican a un producto en particular y, si lo hacen, califican su intensidad (Meyners et al., 2015).

5.7.5 Análisis de componentes principales (ACP)

Es una técnica estadística que se utiliza para identificar tendencias en un conjunto de datos multidimensionales y reducir su dimensionalidad (variables), transformando esas variables en un conjunto más pequeño de nuevas variables denominado “Componentes principales” y expresarlos de tal manera que resalten su similitudes y diferencias, tratando de perder la menor cantidad de información posible (varianza). El nuevo conjunto de variables, componentes principales son una función lineal de las variables originales, no correlacionadas y en un nuevo sistema de coordenadas. (Pasini, 2017)

El ACP se utiliza principalmente como una herramienta en el análisis de datos exploratorios y para crear modelos predictivos. A menudo se utiliza para visualizar la distancia genética y la relación entre las poblaciones. Puede realizarse mediante descomposición de valores propios de una matriz de covarianza (o correlación) de datos o descomposición de valores singulares de una matriz de datos, generalmente después del centrado medio. (Pasini, 2017)

5.7.6 Análisis de supervivencia (Survival analysis)

El análisis de supervivencia puede ser utilizado para estimar la vida sensorial útil basada en el rechazo de los consumidores hacia cierto producto. El análisis de supervivencia es un conjunto de procedimientos estadísticos que se aplica al análisis del tiempo hasta que sucede un evento de interés, es usado ampliamente en estudios clínicos, epidemiológicos, biológicos, sociológicos y de confiabilidad. Cuando se aplica a estimaciones de vida útil sensorial, esta metodología se centra en el riesgo de

rechazo hacia el producto por parte de los consumidores en vez del deterioro del producto en sí (Guerra, 2008).

Para la determinación de la vida sensorial útil de los alimentos se han utilizado gran diversidad de modelos probabilísticos, los cuales pretenden realizar predicciones mediante la distribución estadística de los datos provenientes de una muestra representativa. Las distribuciones probabilísticas han sido desarrolladas por estadísticos, matemáticos e ingenieros para modelar matemáticamente o representar un comportamiento en específico. Los métodos tradicionalmente utilizados en análisis de supervivencia, pueden dividirse en 3 grupos: paramétricos, no paramétricos y semi-paramétricos (Solano, 2008).

Por medio de este análisis se pretende realizar predicciones acerca de la vida de los productos mediante una distribución estadística de los datos provenientes de una muestra representativa. El análisis de datos requiere: recopilación de los datos de la vida del producto, selección de una distribución del tiempo de vida que se ajuste a los datos y modelar la vida del producto, estimar los parámetros que se ajusten a la distribución de los datos, generar diagramas y los resultados que estiman las características de la vida del producto, tales como fiabilidad o vida promedio (Solano, 2008).

5.7.7 Distribución Weibull

Fue desarrollada inicialmente por Walodi Weibull en 1951, pero no fue hasta 1984 cuando Gacula y Singh introdujeron el modelo de Weibull, derivado del análisis de supervivencia en estudios de vida útil de alimentos. Es quizás la técnica más utilizada para modelar la distribución del tiempo de vida, y ha sido utilizada en una gran variedad de productos alimenticios como productos cárnicos (Hough, 2006), lechuga (Araneda, 2008), café (Guerra, 2008; Cardelli, 2001), yogurt (Cruz, 2010), amaranto (Arellano, 2016), nopal (Arellano, 2016), aceite de semillas (Abaidoo-Ayin et al., 2017), croissants (Volpe et al., 2017) y zanahorias (Sahoo & Sharma, 2018).

5.7.8 Distribución Lognormal

Es una distribución de probabilidad de una variable aleatoria cuyo logaritmo está distribuido de forma normal. Tiene 2 similitudes importantes con la distribución normal:

- Razonamiento matemático para la construcción de los gráficos de probabilidad
- Sesgo de la estimación de los parámetros

A pesar de las similitudes con la distribución normal, una de las ventajas de utilizar la distribución Log-normal es que esta última, sólo considera valores positivos, lo que facilita la aplicación del modelo; además al tratarse de una escala logarítmica, los parámetros de las distintas funciones son manejados en esta escala. La distribución Lognormal se relaciona con la normal ya que, si T sigue una distribución Lognormal, su logaritmo sigue una distribución normal. Si T tiene una distribución normal, $Y=\exp(T)$ sigue una distribución Lognormal.

Esta distribución ha sido principalmente aplicada al ajuste de ciertos tipos de fallos, tales como la vida de aislamientos eléctricos, la fatiga de componentes metálicos y en geología para la explotación de yacimientos (Solano, 2008). En alimentos se ha aplicado al análisis de la vida de anaquel de croissants (Volpe et al., 2017).

5.7.9 Distribución Loglogística

Proporciona modelos para tiempos de vida que no tienen función de riesgo continua (al igual que la log-normal). Esta distribución sólo considera valores positivos y los parámetros de las distintas funciones son manejados en escala logarítmica. Las funciones de riesgo son similares, sin embargo, la de la log-logística es mucho más manejable (Solano, 2008).

5.8 Justificación de la Investigación

Uno de los requisitos que debe cumplir cualquier producto es la etiqueta, y de acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 de “Especificaciones Generales de Etiquetado para Alimentos y Bebidas no Alcohólicas Preenvasados - Información Comercial y Sanitaria”, es indispensable reportar la fecha de caducidad o consumo preferente (salvo algunas excepciones) que deberá cumplir con lo siguiente:

i) El fabricante debe declararla en el envase o etiqueta, la cual debe consistir por lo menos de:

- El día y el mes para los productos de duración máxima de tres meses;
- El mes y el año para productos de duración superior a tres meses.

ii) La fecha debe estar precedida por una leyenda que especifique que dicha fecha se refiere a la fecha de caducidad o al consumo preferente.

6. MATERIAL Y METODOLOGÍA

Se analizó un suplemento alimenticio en polvo elaborado en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT-UNAM), diseñado para el tratamiento del síndrome de mala absorción. Su composición se reporta en la tabla 2.

Tabla 2. Fórmula cuantitativa del suplemento alimenticio.

Harina de cereales	Harina de leguminosas	Saborizante natural a chocolate	Edulcorantes	Gomas
64.9%	27.9%	4.6%	1.1%	1.5%

La preparación de las muestras se hizo con un sistema de envasado FoodSaver® modelo V3880 se envasaron en bolsas plásticas (hechas de polietileno con una capa exterior de nylon para resistencia y rigidez). Todas las muestras empacadas fueron repartidas y almacenadas a dos condiciones distintas: una en cámara de humedad y temperatura controlada con 55% HR a 37 °C y otra a condiciones ambientales (25% HR, 27°C). Se realizaron análisis los días 1, 30, 45, 60 y 75 de almacenamiento.

6.1 Análisis de calidad microbiológica

El análisis microbiológico se llevó a cabo en la Unidad de Bioprocesos del Instituto de Investigaciones Biomédicas. El suplemento alimenticio fue envasado en bolsas de polietileno a razón de veinte gramos por sobre, en total se empacaron diez sobres, nueve para las pruebas correspondientes a los días 1, 30, 45, 60 y 75, a condiciones de almacenamiento y condiciones ambientales; así como uno más para el análisis del suplemento preparado según las instrucciones de uso (mezcla con leche light). Durante el análisis inicial, es decir, del día uno, se hizo la consideración de que el suplemento parte de las mismas condiciones pues no ha sido almacenado, por lo tanto, se analizó una sola vez.

MATERIAL

- Medios de Cultivo
 - Verde brillante
 - Estándar
 - Papa-Dextrosa
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL

- Tubos con rosca de 16 x 150 mL
- Incubadoras a $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Perlas de ebullición

6.1.1 Preparación de las muestras

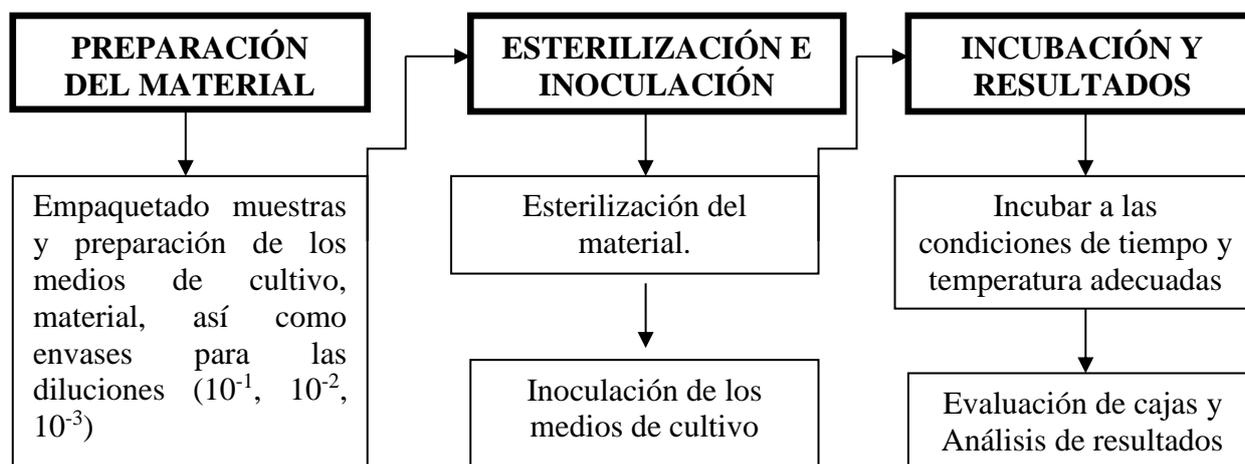


Diagrama 1. Metodología general del análisis de calidad microbiológica.

Del total de las muestras, la mitad se almacenaron a condiciones ambientales, esto fue a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ - $51\% \text{H} \pm 5$ y la otra parte fue almacenada en una cámara de incubación a una temperatura de $37\text{ }^{\circ}\text{C}/ 56\% \text{HR}$ durante 1, 30, 45, 60 y 75 días. A continuación, se muestra un esquema con la estrategia experimental, la cual cumple con las normas oficiales mexicanas: NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa, NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos y NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Cabe mencionar que en cada réplica del trabajo experimental se usaron blancos de cada uno de los medios para: campana de flujo laminar, agua destilada (para las diluciones) y perlas de ebullición (para homogenizar) para detectar posibles casos de contaminación

6.1.2 Mesófilos aerobios

Esta técnica no pretende poner en evidencia a todos los microorganismos presentes, lo que pretende es hacer ver que el número de colonias contadas constituya una estimación de la cifra realmente presente; este dato además refleja si el manejo sanitario del producto ha sido el adecuado (NOM-092-SSA1-1994). Se usó el medio

de cultivo estándar, el cual es un medio de enriquecimiento, ideal para el crecimiento de este tipo de microorganismos.

Para la determinación de Cuenta en Placa de Mesófilos Aerobios se siguió la metodología de NOM-092-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Después de 24 horas de incubación, se seleccionaron las placas que tuvieron entre 25 y 250 colonias características. La presencia de estos microorganismos, indica la población general que estuvo presente en el alimento, así como la higiene con que fue manejado.

6.1.3 Coliformes totales

Para esta determinación se siguió la metodología de la NOM-113--SSA1-1994, Método para la cuenta de microorganismos Coliformes totales en placa. Después de 48 horas de incubación, se seleccionaron las placas que tuvieron entre 15 y 150 colonias características. La presencia de estos microorganismos, indica prácticas sanitarias deficientes en el manejo y fabricación del alimento, así como deficiencia de prácticas sanitarias e higiénicas en el equipo utilizado.

6.2.4 Hongos y levaduras

En la determinación de Hongos y Levaduras se siguió la metodología de la NOM- 111-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Se usó el medio papa-dextrosa, el cual ofrece una fuente de energía para el crecimiento y proporciona factores de crecimiento. Una vez inoculadas las cajas se incubaron entre 5 a 7 días a $20^{\circ} \pm 25^{\circ}\text{C}$. (DIBICO, 2015). Mohos y levaduras. Después de 5 días de incubación, seleccionar las placas que contengan entre 10 y 150 colonias características. La presencia de estos microorganismos, en particular de los mohos, indica que el alimento no es apto para el consumo.

6.2 Análisis de propiedades fisicoquímicas

El análisis fisicoquímico se realizó para todas las condiciones de almacenamiento con el suplemento alimenticio en polvo. El pH, el índice de insolubilidad y la composición química por análisis químico proximal (AQP), se evaluaron al mismo tiempo que se hizo la evaluación sensorial, es decir los días 1, 30, 45, 60 y 75 de almacenamiento. El suplemento alimenticio fue empaquetado en bolsas de polietileno a razón de veinte gramos por sobre, se empacaron nueve sobres para las pruebas de índice de

solubilidad y pH correspondientes a los días 1, 30, 45, 60 y 75, a condiciones de almacenamiento y condiciones ambientales.

Considerando la naturaleza poco perecedera del suplemento, se eligieron estratégicamente cinco fechas para las pruebas. Estas fueron: día 1, día 45 (sólo la muestra almacenada) y día 75 para ambas condiciones. En total se prepararon 4 bolsas con 500g de muestra cada una.

MATERIAL

- Medidor de pH
- Centrifuga
- Vasos de precipitados Pyrex de 125mL y 250 mL
- Tubos falcón de 15 mL
- Agitador de vidrio
- Espátula cuchara de aluminio
- Servilletas
- Balanza analítica
- Probeta graduada de 100 mL

6.2.1 Determinación de pH

Se utilizó la técnica de la NMX-F-317-NORMEX-2013 (Determinación de pH en Alimentos y Bebidas no alcohólicas. Método de Prueba) utilizando un medidor de pH. Primero se calibró el medidor ajustándolo con una solución tampón o buffer a pH de 4.0 y 7.0. Una vez calibrado el pH metro, se tomó la medida del pH por triplicado. En donde se pesan 10 gramos de muestra y se adicionan 100 mL de agua destilada, se agitó la muestra durante un minuto. Terminada la lectura del pH, el electrodo se lavó con agua destilada.

6.2.2 Índice de insolubilidad

Esta prueba se basó en la metodología que indica la NMX-F-183-1986 (Alimentos Lácteos. Determinación del Índice de Insolubilidad de La Leche en Polvo) para la cual se usó la centrifuga. Se pesaron 10 g de muestra y se agregaron 100 mL de leche light y se agitó durante 90 segundos. Posteriormente, se dejó reposar la muestra 10 minutos; a continuación, se mezcló con un agitador e inmediatamente se colocó en un tubo falcón de 15 cm³ graduado, se centrifugó durante 5 minutos a 2500 revoluciones

por minuto; se sifoneó cuidadosamente el líquido en el tubo, dejando 5 cm³ sobre la superficie del sedimento.

Se agregó nuevamente a un tubo 25 cm³ de agua a 24°C, y se agitó nuevamente, procurando que todo el sedimento se mezclara; nunca debe sacudirse el tubo. Se mezcló varias veces y se centrifugó durante 5 minutos. Finalmente, se sostuvo el tubo en posición vertical con el sedimento a nivel de los ojos y se leyó la marca del volumen del sedimento en el tubo.

6.2.3 Análisis químico proximal

El desarrollo experimental del análisis químico proximal corrió por parte de un laboratorio externo, el cual toma los métodos de análisis oficiales del manual del 2016 la organización sin fines de lucro AOAC INTERNATIONAL. El análisis químico proximal incluyó la determinación de proteína, grasa cruda, fibra, cenizas y humedad.

6.3 Evaluación sensorial

Este rubro se trabajó en dos bloques, el primero fue con el panel de jueces entrenados y el segundo la evaluación con consumidores. Primero, se definieron los atributos de deterioro con muestras de 6 meses de almacenamiento con un panel entrenado. Posteriormente, se evaluaron las almacenadas a las dos condiciones previamente mencionadas durante sesenta y cuatro días, evaluando los días 1, 31 y 64.

En el trabajo con consumidores, se obtuvo información estadística usada para poder determinar la vida de anaquel a través del análisis de supervivencia y de las distribuciones estadísticas. Dicha información se consiguió de los cuestionarios (anexos) que resolvieron quinientos consumidores, cien para cada sesión. Durante las pruebas se les dieron indicaciones de cómo llenar los cuestionarios, así como de la terminología; posteriormente evaluaron cada muestra por separado. Para esta parte se empacaron nueve muestras. Las muestras del día uno, al compartir condiciones se consideraron iguales. Las ocho muestras restantes se dividieron en dos, una mitad se llevó a la cámara de vida acelerada y la otra se almacenó a condiciones ambientales. Se analizaron los días de almacenamiento (1, 30, 45, 60 y 75).

6.3.1 Calibración del panel de jueces

En el Instituto de Ciencia y Tecnología (ICAT) se contaba con un panel de once jueces, los cuales fueron seleccionados para investigaciones previas por su capacidad de detección y descripción de atributos sensoriales. A continuación, se muestra un esquema con la estrategia experimental adaptada de la metodología del libro “Sensory Shelf Life Estimation of Food Products” de Guillermo Hough (2010).

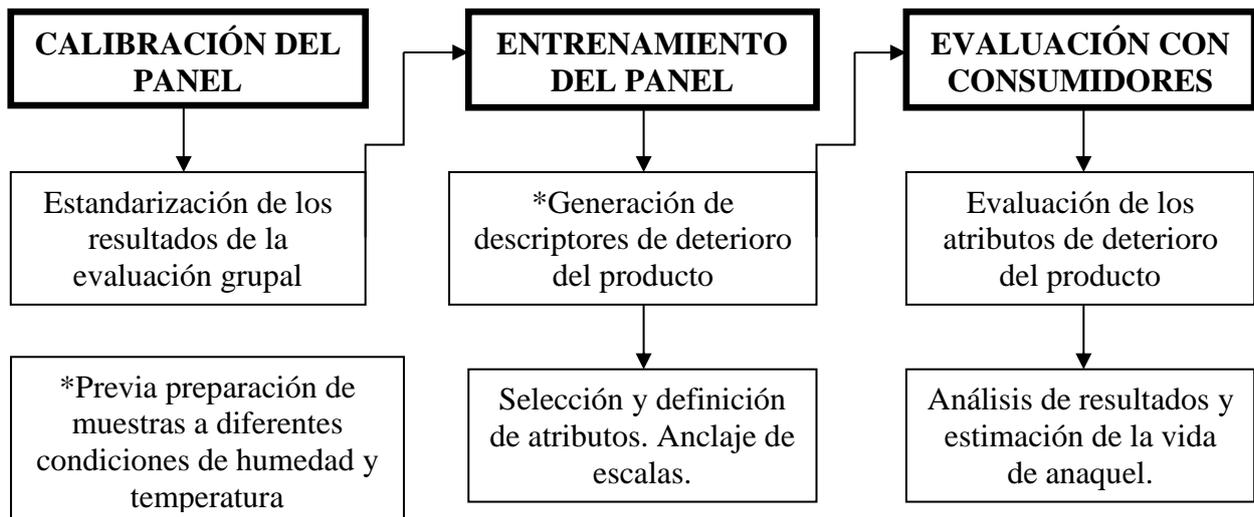


Diagrama 2. Metodología general de la evaluación sensorial.

6.3.2 Entrenamiento del Panel Sensorial

El panel contó con once jueces (hombres y mujeres en un intervalo de edad de entre 21 a 26 años) entrenados, los cuales colaboraron en experimentos previos realizados en el ICAT. Debido al periodo vacacional entre semestres (2017-II y 2018-I) fue necesario realizar la calibración del panel, con el objetivo de conseguir que la calificación de los atributos tuviese un coeficiente de variación (CV) menor al 35%. Para ello se llevaron a cabo cuatro sesiones de evaluación sensorial con el suplemento, para reducir el CV entre las calificaciones de los jueces para los atributos de apariencia, olor, textura y sabor previamente elegidos por el panel (gráfica 1.).

El CV es útil para comparar la variabilidad de un conjunto de datos, dependiendo del criterio, valores del 30% al 40% son aceptables. (Ibañez, y Barcina., 2001). En este experimento se buscó que el CV fuera igual o menor a 35%.

En todos los casos que se trabajó con los jueces, se sirvieron charolas con dos muestras marcadas con un código aleatorio, un suplemento recién hecho y otro previamente almacenado, se le pedía a cada juez que evaluara de izquierda a

derecha, enjuagando la boca entre cada muestra y de ser necesario comer un trozo de galleta Habanera, dejando pasar un par de minutos entre cada muestra. A cada juez se le proporcionó una hoja para que escribieran los atributos que para ellos parecían apropiados, dividiéndolos en apariencia, olor, sabor y textura.

6.3.3 Generación y selección de atributos de deterioro

Los jueces probaron una muestra del suplemento la cual llevaba seis meses de almacenamiento, previos a este trabajo experimental; cada uno seleccionó y calificó, aquellos atributos de sabor, olor, color y textura asociados con el deterioro del producto. Tras un consenso se eligieron los atributos representativos de deterioro para el suplemento. Con base a la información obtenida, fueron elaborados los cuestionarios usados con consumidores y panel.

Debido a que las pruebas fueron realizadas con un mes de diferencia cada una, fue necesario entrenar las habilidades de los jueces del panel. Con el objetivo de que estos no perdieran práctica y al mismo tiempo desarrollaran mejor su capacidad para percibir distintos atributos. Para ello se utilizaron diferentes pruebas discriminativas como: dúo-trío, triangular, ordenación y a no a. Con diferentes muestras, tales como jugo de frutas, yogurt, refrescos etc.

- Generación de atributos

Tabla 3. Descriptores de deterioro del suplemento alimenticio tras seis meses de almacenamiento.

Apariencia	Olor	Textura	Sabor	Otros
Color	Chocolate amargo	Viscoso	Amargo	
Brillo		Granuloso	Chocolate viejo	Resabio amargo
Viscoso	Almacenado	Adhesivo		

En otra sesión se realizó un consenso para definir los descriptores generados y la forma de evaluarlos (tabla 4). Además, basado en la intensidad con que calificaron cada atributo se establecieron las escalas con las cuales se evaluaron las muestras almacenadas.

Con la información obtenida de estas sesiones se trabajó en los cuestionarios para consumidores y para las pruebas con el panel de evaluación sensorial. Lo anterior, con muestras almacenadas en cámara y condiciones ambientales.

- Selección y definición de atributos. Anclaje de escalas.

Tabla 4. Definición de los atributos del perfil sensorial generados por los jueces.

	Atributo	Definición	Forma de evaluar
Apariencia	Color Café	Intensidad percibida del color de la muestra.	Referencia de Pantone®
	Brillo	Reflejo de la luz sobre la superficie.	Observar la muestra a 30cm de los ojos.
	Viscoso	Asociado a la resistencia de fluir.	Tomar muestra con cuchara y dejar caer.
Olor	Chocolate amargo	Sensación olorosa relacionada comúnmente al chocolate.	Altura de la boca a 2 cm de la nariz durante 5 s.
	Almacenado	Olor producido por almacenamiento por largo tiempo.	
Textura	Viscoso	Consistencia espesa que se percibe al momento de probar.	Al probar la muestra.
	Granuloso	Cantidad de partículas grandes que se perciben al probar.	
	Adhesivo	Fuerza necesaria para remover el alimento que se adhiere al paladar.	Presionando la muestra al paladar y remover con la lengua
Sabor	Amargo	Sensación percibida al momento de probar una solución de cafeína.	Al probar la muestra.
	Chocolate viejo	Sabor de cocoa más sacarosa que ha empezado un proceso de rancidez.	
Otros	Resabio amargo	Sensación percibida posterior al consumo de la muestra.	Probar la muestra y esperar 10s después de deglutir

6.3.4 Evaluación con consumidores

Estas pruebas se realizaron con hombres y mujeres con edades de 12 años a 58 años. En cada sesión se evaluaron cien personas. Se realizó una prueba de nivel de agrado y la prueba RATA. Se aplicó el cuestionario 2, que se muestra en la parte de anexos; a cada participante le fueron señaladas las instrucciones y se le proporcionó el material adecuado para poder completar los cuestionarios. Las muestras se repartieron una por una a cada consumidor y se verificó que los resultados en cada cuestionario fueran congruentes con las instrucciones marcadas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Análisis microbiológico

Para poder evaluar la calidad microbiológica es necesario establecer límites al crecimiento de cada microorganismo, para lo cual se usó otra norma como referencia. Las normas a continuación empatan con las técnicas con las que es elaborado el suplemento; las especificaciones de la NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y la NOM-093-SSA1-1994 Bienes y Servicios. Prácticas de Higiene y Sanidad en la Preparación de Alimentos que se Ofrecen en Establecimientos fijos.

Tabla 11. Límites de referencia, considerados para la evaluación de la calidad microbiana.

PRUEBA		LÍMITE DE REFERENCIA	FUENTE
HONGO Y LEVADURAS (UFC/G)		< 10	Nom-093-SSA1-1994
MESÓFILOS (UFC/G)	AEROBIOS	< 5000	Nom-093-SSA1-1994
COLIFORMES (UFC/G)	TOTALES	Ausente	Nom-093-SSA1-1994

Con base a lo anterior las especificaciones para la calidad microbiológica se establecieron tal como se indica en la tabla 11.

7.1.1 Mesófilos aerobios

Tal como se puede observar en la tabla 12, las muestras a condiciones ambientales y de almacenamiento en la cámara, almacenadas durante 1, 30, 45, 60 y 75 días, indican que la población de bacterias aerobias mesofílicas en el suplemento alimenticio fue prácticamente nula.

Con estos resultados podemos afirmar que las materias primas son de buena calidad, durante el proceso de elaboración se presentan condiciones adecuadas, en cuanto a la limpieza del equipo, así como operadores que elaboran el suplemento. Para las muestras almacenadas hasta por 75 días podemos afirmar que las condiciones de almacenamiento fueron adecuadas para mantener la inocuidad del suplemento.

Tabla 12. Crecimiento de Mesófilos en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C por 24 horas, almacenados las dos diferentes condiciones al día 1, 30, 45, 60 y 75.

Día	1	30		45		60		75	
Condición de almacenamiento	Ambiente	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara
Dilución 10 ⁻¹ (UFC/g)	<10, v.e.	<10, v.e.							
	<10, v.e.	<10, v.e.							
Dilución 10 ⁻² (UFC/g)	<10, v.e.	<10, v.e.							
	<10, v.e.	<10, v.e.							

v.e. = Valor estimado, de acuerdo con las indicaciones de la NOM-092-SSA1-1994.

7.1.2 Coliformes totales

Tabla 13. Crecimiento de Coliformes en el suplemento alimenticio, incubados a 37°C por 48 horas, almacenados las dos diferentes condiciones al día 1, 30, 45, 60 y 75.

Día	1	30		45		60		75	
Condición de almacenamiento	Ambiente	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara
Dilución 10 ⁻¹ (UFC/g)	<10, v.e.	<10, v.e.							
	<10, v.e.	<10, v.e.							
Dilución 10 ⁻² (UFC/g)	<10, v.e.	<10, v.e.							
	<10, v.e.	<10, v.e.							

Los resultados mostrados en la tabla 13, indican que se cumplió con los límites de calidad establecidos durante todo el tiempo de análisis. Hablando del proceso podemos declarar que las prácticas sanitarias en el manejo y fabricación del suplemento, así como del equipo utilizado, son aptos para el proceso de elaboración

y no representan riesgo sanitario para el producto. Además de lo antes mencionado con estos resultados queda validada la eficiencia de los procesos de sanitización y de buenas prácticas de manejo

7.1.3 Hongos y levaduras

En la tabla 14, se observa que al día 1 de almacenamiento, hubo desarrollo de colonias. En la muestra las colonias obtenidas son circulares, con borde entero, viscosas, de color ligeramente rosado, así como colonias circulares, con borde entero, secas, de color blanquecino; elementos que sugieren la presencia de levaduras. La contaminación por hongos puede tener distintas causas, en este caso el crecimiento de estos microorganismos fue causado por la contaminación cruzada, ya que previamente al muestreo, se realizaron experimentos con levaduras en el lugar de trabajo y no se hizo la sanitización adecuada del lugar de trabajo. Esto se pudo verificar haciendo la comparación entre los microorganismos desarrollados con el trabajo de los colaboradores del laboratorio.

Tabla 14. Crecimiento de hongos y levaduras en harinas almacenadas, incubados a condiciones ambientales durante 5 días, al día 1, 30, 45, 60 y 75.

Día	1	30		45		60		75	
Condición de almacenamiento	Ambiente	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara	Amb.	Cámara
Dilución 10 ⁻¹ (UFC/g)	3	<10, v.e.							
	2	<10, v.e.							
Dilución 10 ⁻² (UFC/g)	1	<10, v.e.							
	<10, v.e.	<10, v.e.							

Aunque el número de colonias observados el día 1 son menores al establecido como límite calidad, estas colonias no se tomaron en cuenta para la evaluación final, esto fue considerado después de revisar que en los resultados posteriores al día 1, no se

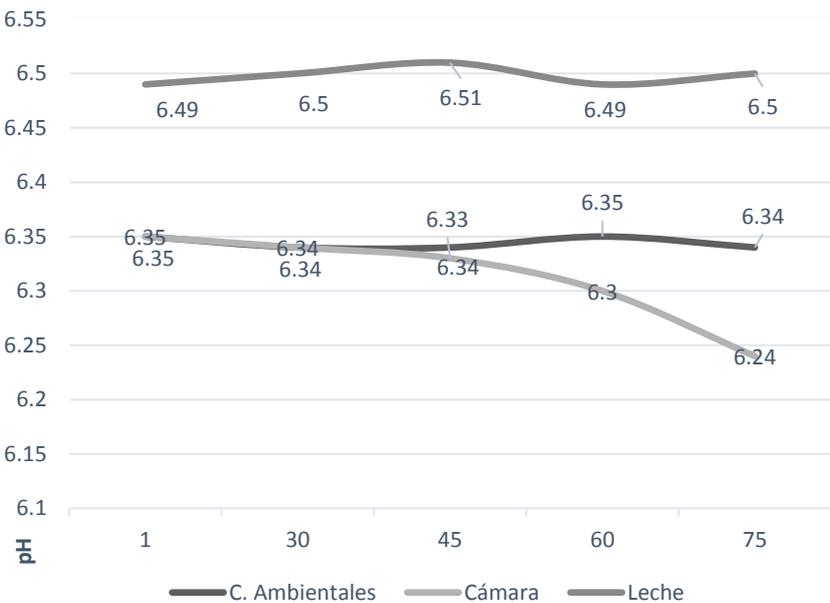
observó crecimiento de mohos y levaduras. Además de la posible contaminación antes mencionada.

Las harinas de cereales y leguminosas, pueden almacenarse por largos períodos de tiempo (1 a 2 años). Entre más largo sea el período de almacenamiento, mayor probabilidad de que las condiciones para el desarrollo de mohos e insectos sean más favorables (Guerrero y col., 2014). Es por esto, que se recomienda asegurar la calidad de las materias primas.

7.2 Análisis fisicoquímico

7.2.1 Determinación de pH

En la gráfica 16, se anexó el valor de pH de la leche para tener un control de calidad del experimento y asegurar que no existiera interferencia alguna. Se observa que el pH a condiciones ambientales se mantuvo estable durante los 75 días de almacenamiento. Mientras que el valor de pH, para la muestra de la cámara, se modificó de un valor inicial de 6.35 a 6.24. Con base en la ANOVA ($p_{value} < 0.05$, anexos) no existe diferencia significativa entre los datos obtenidos de pH, para el suplemento almacenado y el suplemento a condiciones ambientales. Por lo que se puede asegurar que ambos permanecieron estables.



Gráfica 8. Seguimiento del pH de los días 1, 30, 45, 60 y 75.

Cabe señalar que el pH necesario para que se lleven a cabo reacciones entre los componentes de un alimento suele ser extremo, debido a que son relativamente estables entre pHs de 3 y 7. El componente mayoritario del suplemento alimenticio son los carbohidratos, los cuales podrían ser causantes de la disminución del pH, sin embargo; son más sensibles a medios ácidos (Badui, 2013).

En cuanto a las proteínas, que son el siguiente componente mayoritario, dependen de los aminoácidos que lo conforman, pues cada una presenta una reactividad diferente dependiendo de la naturaleza de su cadena lateral, y se refleja en la estabilidad o la reactividad de las proteínas (Badui, 2013). Si bien podemos decir que el pH no se modificó significativamente, si se puede observar una tendencia a la baja. Aun así, no hay evidencia que sustente dicho cambio de pH.

7.2.2 Determinación del índice de insolubilidad

El índice de insolubilidad mide la capacidad de un polvo para disolverse en agua, esta determinación se realizó con el objetivo de estimar la estabilidad del suplemento, al formar una solución con leche. Resulta importante observar que en ambas condiciones y durante todo el tiempo, se mantuvo el valor de 2.5 mL, lo cual indica que el suplemento siempre tendrá la misma capacidad para disolverse en leche y que por ende mantendrá su estabilidad. Esto se corrobora al observar la información obtenida con los datos de pH, ya que solubilidad y pH están estrechamente relacionados (Badui, 2013).

7.2.3 Análisis químico proximal

En la tabla 15, se encuentran los resultados obtenidos del análisis químico proximal, el suplemento a condiciones ambientales y controladas (cámara), de acuerdo con la ANOVA ($p_{\text{value}} < 0.05$, anexos) no presentan diferencias significativas; esto debido a la naturaleza poco perecedera de las materias primas que lo conforman.

Anteriormente se ha explicado el objetivo que tiene este suplemento, por lo que el componente nutricional al que se le debe prestar mayor atención es la proteína. En ese sentido se puede reafirmar el compromiso para cumplir con esa característica, porque en base al análisis de varianza no hubo cambios significativos durante todo el

periodo de almacenamiento. Pero no solamente eso, si no que se puede aseverar lo mismo para la grasa y carbohidratos; que son los otros componentes mayoritarios.

Tabla 15. Análisis químico proximal para los suplementos almacenados a temperatura ambiente y cámara.

Condiciones Ambientales						
Día	Carbohidratos* (%)	Proteína(%)	Grasa(%)	Cenizas(%)	Fibra(%)	Humedad(%)
1	75.39	14.61	6.06	2.36	0.61	7.64
75	75.69	14.56	6.31	2.24	0.67	7.51
Almacenado en Cámara						
1	75.39	14.61	6.06	2.36	0.61	7.64
45	77.92	14.38	5.89	1.22	0.81	6.48
75	74.85	14.71	6.97	2.03	0.60	8.42

.*Calculado por diferencia

El caso del valor para cenizas resulta más interesante, ya que no existe la limitante de la metodología; para poder explicar este fenómeno es necesario revisar la evolución de dicho factor nutricional. En términos globales podemos afirmar, que con la información obtenida, del comportamiento de pH, de los resultados del índice de insolubilidad así como de los resultados del análisis químico proximal. El suplemento alimenticio permaneció fisicoquímicamente estable durante todo el periodo de pruebas.

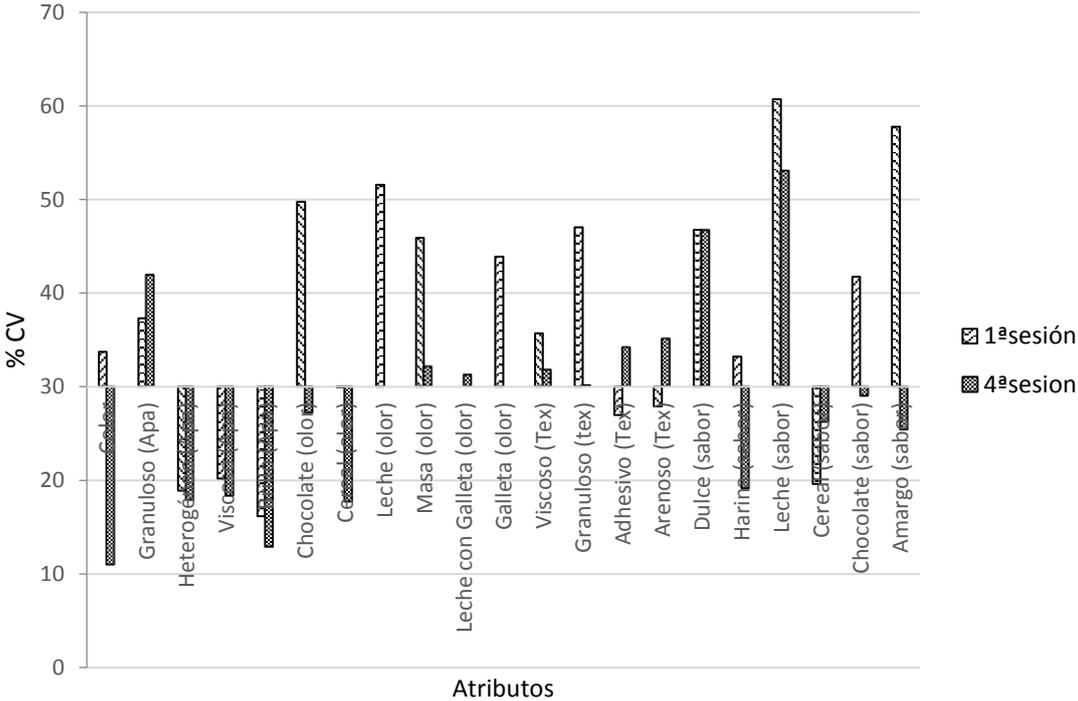
7.3 Evaluación sensorial

7.3.1 Calibración del panel de jueces

Como se ha mencionado, el primer paso, antes de poder trabajar con un panel de jueces, es la calibración del mismo. Como se puede observar en la gráfica 1 el coeficiente de variación disminuyó a valores por debajo del 35% en la mayoría de los atributos. Los atributos con un CV mayor a 35% fueron: granuloso (apariencia), dulce (sabor) y leche (sabor).

Con respecto a los sabores dulce y leche como indica Pedrero y Pangborn (1989) puede deberse a que algunos de los participantes tuvieron un error de anticipación, el cual se presenta cuando se crea una expectativa previa a la prueba, buscando la

presencia de un estímulo. Puede ser la relación implícita que hace una persona entre colores y sabores, e incluso la intensidad de los mismos. En este caso dicha expectativa se puede deber a la semejanza que hay entre la apariencia de la muestra y las leches sabor chocolate, o bien otros suplementos de sabores similares. En los experimentos subsecuentes se prestó un especial cuidado a las referencias y calificación para estos atributos.



Gráfica 1. Calibración del panel sensorial. Comparación del coeficiente de variación de la primera sesión a la cuarta sesión.

7.3.2 Comparación de los resultados de las pruebas de evaluación sensorial con consumidores y panel de jueces

7.3.2.1 Perfiles sensoriales de deterioro por el panel sensorial y los consumidores

Gracias a la calibración y entrenamiento del panel los resultados del coeficiente de variación no pasaron del 35%, tal como se mencionó en dicha etapa. Una vez verificados los resultados obtenidos de cada día (1, 31 y 64) se obtuvo el promedio por atributo. De los cuales se muestran las siguientes gráficas.

En la gráfica 2 (temperatura y humedad ambiente), se puede observar que los perfiles son semejantes; no obstante, de acuerdo con la ANOVA ($p_{\text{value}} < 0.05$, anexos), se advierten diferencias significativas después del día 31 (DMS, anexos) en brillo, sabor amargo, olor a guardado, adhesividad, resabio amargo y sabor chocolate viejo.

Por otro lado, en la gráfica 3 (temperatura y humedad controlada), las diferencias más notables se distinguen después del día 31 (DMS, anexos), de acuerdo con el análisis de varianza ($p_{\text{value}} < 0.05$, anexos) los atributos con diferencias significativas son: color café, brillo, sabor amargo, olor a guardado, adhesividad, resabio amargo y sabor chocolate viejo.



Gráfica 2. Comparación de los perfiles sensoriales del suplemento alimenticio obtenidos del panel de jueces, con almacenamiento a condiciones de humedad y temperatura ambientales.

En cuanto a los consumidores, de la prueba RATA se obtuvieron los promedios de la calificación de cada uno de los atributos y se diseñaron los perfiles sensoriales de las muestras en las dos condiciones antes mencionadas. En las gráficas 4 y 5 que se distingue una tendencia similar a lo visto en los perfiles correspondientes a los datos del panel.

Dada la naturaleza de las escalas (tres puntos para consumidores y nueve para panelistas), los perfiles sensoriales lucen distintitos; sin embargo, presentan la misma tendencia. De acuerdo con el ANOVA ($p_{\text{value}} > 0.05$, anexos) para los datos de la gráfica 4, no hay diferencia significativa. Esto era de esperarse, ya que como se

mencionó en la introducción este producto tiene naturaleza poco perecedera. A diferencia del panel de jueces, los consumidores no detectaron diferencia entre las muestras; ya que los panelistas reciben entrenamiento y calibración constante (Ibáñez y Barcina, 2001).

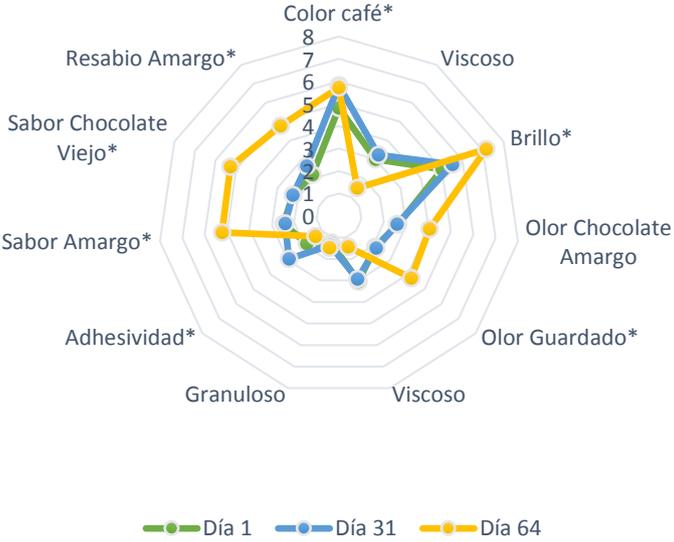


Gráfico 3. Comparación de los perfiles sensoriales del suplemento alimenticio obtenidos del panel de jueces, con almacenamiento a humedad relativa de 55% y temperatura de 37°C.



Gráfico 4. Comparación de los perfiles sensoriales del suplemento alimenticio obtenidos de los consumidores, con almacenamiento a condiciones de humedad y temperatura ambientales.

La información obtenida de la ANOVA ($p_{\text{value}} < 0.05$, anexos) para la gráfica 5, refrendó lo percibido por el panel sensorial. Siendo los atributos con un cambio significativo: color café, brillo, olor chocolate amargo, olor a guardado, adhesividad, sabor amargo, sabor chocolate viejo y resabio amargo.

La prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS, anexos), indicó que el desarrollo de las propiedades antes mencionadas, se presentó después del primer mes de almacenamiento en: color café, brillo, sabor chocolate amargo, adhesividad, sabor amargo y sabor chocolate viejo.

Solamente los atributos de resabio amargo, con los consumidores y olor guardado, con los jueces, sufrieron cambios significativos durante el almacenamiento. Esto se debe a la habilidad de los jueces para detectar aromas. Debido al entrenamiento y calibración que reciben, tal como se mencionó con anterioridad.

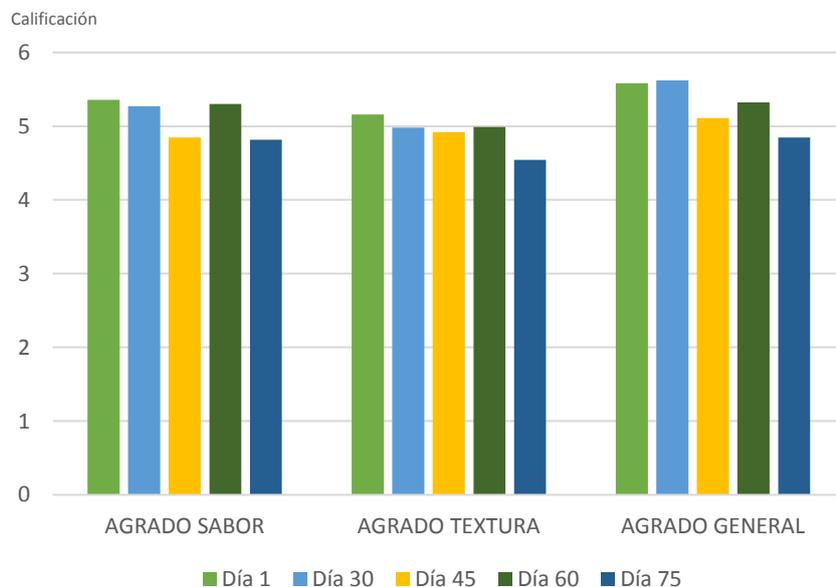


Gráfica 5. Comparación de los perfiles sensoriales del suplemento alimenticio obtenidos de los consumidores, con almacenamiento a humedad relativa de 55% y temperatura de 37°C.

7.3.3 Análisis de la evolución en calificaciones para los atributos de agrado de sabor, textura y general

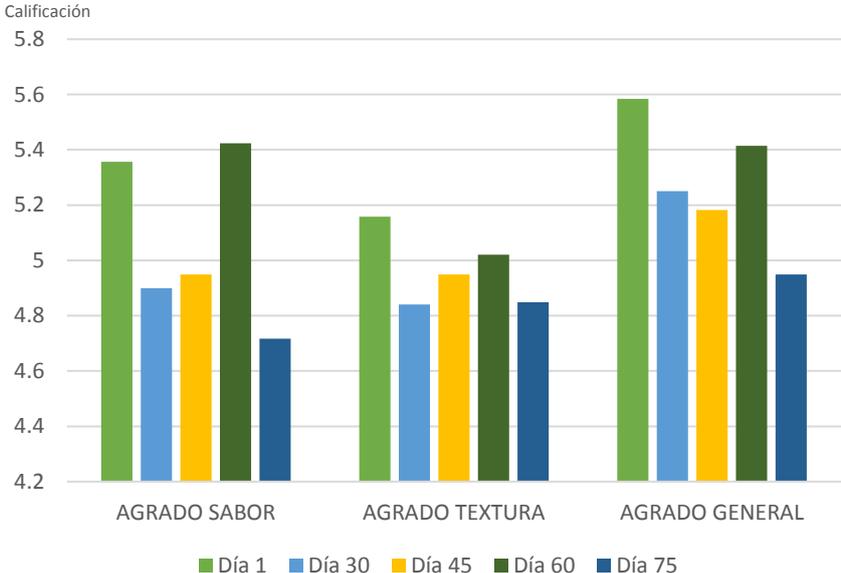
Resulta interesante la fluctuación de la media de nivel de agrado en las muestras almacenadas en condiciones ambientales (gráfica 6; $p_{\text{value}} < 0.05$, anexos).

Sin embargo, el perfil sensorial obtenido por el consumidor (apartado anterior) no tuvo diferencia significativa durante el almacenamiento ($p_{\text{value}} < 0.05$, anexos). Probablemente esto tiene que ver con el contraste provocado por las muestras; es decir que, debido a la metodología, el 50% de los consumidores probó primero la muestra almacenada en la cámara de vida de anaquel. Lo cual provocó que la primera impresión fuera marcadamente negativa, y una vez que evaluaron la muestra no almacenada, la calificaron mucho más arriba debido a la comparación inicial. Tal como sugiere Torre (2000), el impacto generado por una impresión inicial negativa, contrapuesta con una versión del mismo estímulo sin los atributos asociados a la primera percepción, puede provocar que la calificación dada por un juez sea mayor a la real. Por lo tanto, la calificación del juez desmedidamente positivo. Una solución a este interesante caso, puede ser evaluar individualmente las muestras; de este modo evitamos el sesgo provocado por la impresión que deja el suplemento almacenado a otras condiciones.



Gráfica 6. Comparación de las medias del nivel de agrado de los consumidores, en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura y humedad, ambientales.

El comportamiento que obedece la gráfica 7, revela que el desarrollo de las características de descomposición del producto se relaciona íntimamente con la disminución del agrado. De acuerdo con la ANOVA ($p_{\text{value}} < 0.05$, anexos) y DMS, existe diferencia significativa después del día 30 entre el agrado general, agrado de sabor y agrado textura. Conforme aumentó el periodo de almacenamiento, el nivel de agrado descendió a un valor medio de aproximadamente 4.9 para agrado general, 4.9 para agrado de sabor y 4.8 para agrado de textura, valores que corresponden a ni me gusta ni me disgusta.



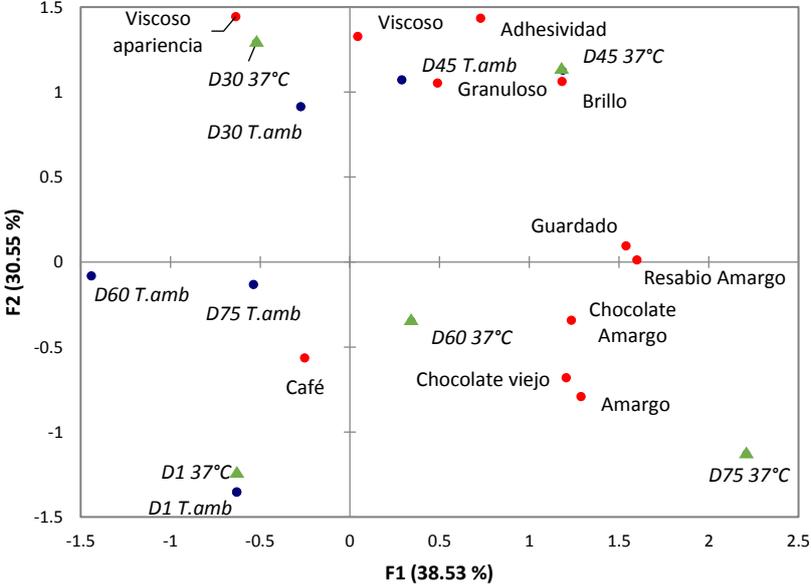
Gráfica 7. Comparación de las medias del nivel de agrado de los consumidores, en el suplemento alimenticio almacenado a temperatura de 37°C y humedad relativa de 55%.

7.3.4 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales permite una mejor observación de los resultados del perfil sensorial. En la gráfica 8, se muestra el análisis de componentes principales con todos los atributos sensoriales, es decir: apariencia, textura, olor y sabor. El componente uno (F1) explicó el 38.53% de variabilidad de los datos experimentales y el componente dos (F2) explicó el 30.55%, y en conjunto explican el 69.08%.

De acuerdo al mapa de análisis de componentes principales se puede observar que en el día 45 los suplementos en ambas condiciones de almacenamiento están

caracterizados por los atributos de: adhesividad, viscoso (textura), granuloso, brillo, rasabio amargo y sabor guardado.



Gráfica 7. Analisis de componentes principales de los atributos sensoriales evaluados por los consumidores en la escala RATA.

Por otra parte, se puede observar que existe correlación negativa entre la apariencia viscosa y los atributos relacionados a sabores de descomposición, estos son: Chocolate amargo, chocolate viejo y sabor amargo; esta evidencia sugiere que cuando el suplemento tiene una apariencia altamente viscosa, los sabores relacionados al deterioro tienen poca presencia, y lo mismo ocurre de forma contraria. Aunque resulta interesante, este fenómeno no tiene sustento en la bibliografía consultada, por lo que sería ideal analizar a profundidad esta relación en suplemento. Asimismo, en los tratamientos correspondientes al día 45, los consumidores notaron el cambio en la mayor parte de atributos en cuanto a textura y apariencia; mientras que en el día 75 a 37°C de almacenamiento fue donde más hubo cambios de sabor.

7.3.5 Análisis de la frecuencia de calificaciones en la evaluación de las muestras con consumidores

Estudiando la distribución de calificaciones de las gráficas de frecuencia (anexos); se observa que son parecidas hasta el día 75, pues la calificación con mayor frecuencia es “Ni me gusta ni me disgusta” a la par con “Me gusta ligeramente”. No obstante, en

el día 45 la calificación mayoritaria fue “Me disgusta ligeramente”. Prueba de que se afectó la percepción sensorial de los consumidores, debido a los atributos generados durante el almacenamiento de las muestras. En términos de calidad, es inaceptable que 38% de los consumidores no aprueben el producto y que el 26% sean indiferentes al calificar como ni me gusta ni me disgusta. Estos parámetros varían dependiendo del producto y control de calidad implementado; pero en sentido estricto 25% de calificaciones negativas es motivo de rechazo (Cordero, 2013).

El comportamiento es parecido durante todo el periodo de almacenamiento, tanto para el agrado de sabor, como el agrado de textura, siendo el porcentaje de calificaciones negativas 48.6% y 55.7% respectivamente. En el día 60 la calificación mayoritaria, al igual que en el caso anterior, fue “Me disgusta ligeramente”, para ambos casos y a partir del día 75 las propiedades del suplemento no cumplen con los requerimientos de calidad mínimos, que fueron considerados.

7.3.6 Pruebas de nivel de aceptación

a. Temperatura ambiente

La tabla siguiente muestra los resultados de la prueba de aceptación a lo largo del tiempo de almacenamiento del suplemento almacenado a temperatura ambiente. El total de consumidores en todos los casos fue de cien.

Se observa que solo el 63% de las personas entrevistadas aceptaron la muestra fresca, conforme aumenta el tiempo de almacenamiento se incrementó el rechazo de las muestras, para el día 75 el porcentaje de rechazo llegó al 67%. Lo que concuerda con la información obtenida de la evaluación sensorial, en la cual se observó un decremento generalizado en todos los atributos del suplemento de acuerdo a los consumidores y el panel

Tabla 5. Resultados de la prueba de aceptación del suplemento almacenado a condiciones ambientales

Días de almacenamiento	Aceptación	Rechazo	% Rechazo
1	63	37	37
30	46	54	54
45	38	62	62
60	39	61	61
75	33	67	67

b. Cámara a condiciones controladas

En la tabla que se muestra a continuación se pueden observar los resultados de la prueba de aceptación a lo largo del tiempo de almacenamiento del suplemento almacenado en cámara ambiental.

Tabla 6. Resultados de la prueba de aceptación del suplemento almacenado a condiciones controladas en la cámara.

Días de almacenamiento	Aceptación	Rechazo	% Rechazo
1	63	37	37
30	37	63	63
45	31	69	69
60	32	68	68
75	34	66	66

Conforme aumentó el tiempo de almacenamiento se observó un incremento en el rechazo de los consumidores. Aun así, se puede observar que en los últimos tres días es decir el 45, 60 y 75; el porcentaje de rechazo se mantiene entre un 69% y 66%. Que en términos de calidad es inaceptable; también sería interesante continuar con las determinaciones ya que en las últimas pruebas se observó una tendencia a la baja, comportamiento que sería inverso al esperado.

7.3.7 Comparación de métodos probabilísticos

7.3.7.1 Ajuste de los modelos

a. Condiciones ambientales

Tabla 7. Valores de verosimilitud de los modelos probabilísticos evaluados, para el suplemento almacenado a condiciones ambientales

Distribución	Log-Verosimilitud
Weibull	-333.0194
Lognormal	-333.1117
Loglogística	-333.1161

Se realizó el ajuste y la obtención de los parámetros de cada modelo probabilístico por medio del método de máxima verosimilitud. Las tablas siguientes muestran los

valores de Log-verosimilitud. Del cual, el modelo que presente el valor más bajo de Log-verosimilitud, sería el modelo que mejor se adecua a los datos obtenidos.

La distribución Weibull presentó mayores valores de verosimilitud, seguida de la log-logística y por último la distribución Weibull; sin embargo, sus valores se encuentran muy cercanos entre sí.

b. Cámara a condiciones controladas

Tabla 8. Valores de verosimilitud de los modelos probabilísticos evaluados, para el suplemento almacenado a condiciones de cámara.

Distribución	Log-Verosimilitud
Weibull	-328.10
Lognormal	-327.97
Loglogística	-327.95

La distribución Loglogística presentó mayores valores de verosimilitud, seguida de la Loglogística y por último la distribución Lognormal, y al igual que en el almacenamiento a temperatura ambiente, los valores se encuentran muy cercanos entre sí.

7.3.8 Vida anaquel

A partir de los parámetros obtenidos se calculó la vida de anaquel para cada distribución y para cada tratamiento (temperatura ambiente y cámara ambiental). Estos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 9. Vida de anaquel y % de error de las distribuciones para el producto almacenado a condiciones ambientales.

Distribución	Vida de anaquel (Días)	% Error
Weibull	42.50	14.2
Lognormal	41.72	15.61
Loglogística	41.71	15.70

De las tablas anteriores se pueden hacer dos observaciones, la primera es que la vida de anaquel calculada mediante los métodos estadísticos planteados es muy baja a comparación de lo esperado, que era de al menos un año. Esta consideración se hizo

a partir de productos similares como: harinas de cereales cuya vida útil es de aproximadamente de 1 a 2 años, de harinas de legumbres que duran alrededor de 2 a 3 años y finalmente, de un suplemento de características similares estudiado por Salazar J. en la tesis “Determinación de la Vida de Anaquel de un Suplemento Alimenticio de Origen Vegetal para Pacientes Cirróticos” del año 2018, que reporta una vida aproximada de 6 meses. Así como el suplemento analizado en 2012 por Kunyanga, cuya vida de anaquel estimada fue de 4 meses, considerando las condiciones desérticas de Kenia.

Tabla 10. Vida de anaquel y % de error de las distribuciones para el producto almacenado a en la cámara

Distribución	Vida anaquel (Días)	% Error
Weibull	29.35	9.52
Lognormal	27.63	9.5
Loglogística	27.44	9.43

La segunda observación relevante es que, ambas muestras tienen vidas de anaquel semejantes. Tanto la muestra almacenada en la cámara de vida de anaquel, como la que no. De acuerdo con este análisis la vida de anaquel sería de 41 días como máximo, lo cual comparado con otras investigaciones del mismo tipo a productos similares, previamente mencionadas, la vida de anaquel sería 83 días más corta de lo esperado.

La vida de anaquel es baja, en contraste con otros productos de la misma naturaleza, porque el nivel de aceptación obtenido al principio de la evaluación realizada por los consumidores fue sumamente bajo, apenas del 63%; esto se puede atribuir a la percepción sensorial de los sabores, específicamente el sabor dulce y el sabor a chocolate, esto se notó debido a que la mayoría de los comentarios recibidos por parte de los consumidores después hacer la prueba, hacían referencia a la falta de más dulce o más chocolate. Cabe mencionar que este producto está dirigido a un nicho de mercado, por lo tanto lo ideal sería estudiar ese nicho en específico; pues evaluar su aceptación con consumidores fuera de ese mercado y que por lo tanto difícilmente consumirían el suplemento, provoca que las críticas sean negativas, en tanto que no

considera la experiencia previa que los consumidores habituales de suplementos poseen, por ejemplo: el sabor de otras marcas, los ingredientes y el precio.

Por otro lado sería interesante hacer pruebas con consumidores donde se les pregunte lo qué ellos modificarían para mejorar su percepción del producto, esto podría permitir tener datos que expliquen el bajo nivel de aceptación inicial. En contrastes otras investigaciones del mismo tipo, se reporta un nivel de aceptación hasta del 100% (Arellano, 2016). Un parámetro de calidad aceptable indica que al alcanzarse el 50% de rechazo, el producto no es apto para su consumo (Cantillo et al., 1994). Se continuó con la metodología experimental debido a la evidencia de que la estabilidad fisicoquímica y microbiológica se mantuvieron estables, por lo que no representaba un potencial riesgo a los consumidores, en términos generales se consideró que el producto se encontraba en buen estado.

8. CONCLUSIONES

- Se logró calibrar un panel de jueces haciendo disminuir el coeficiente de variación entre sus calificaciones, por debajo del 35%. Lo cual ayudó a generar un perfil de deterioro completo para poder trabajar con consumidores.
- Las propiedades de deterioro del suplemento se agravaron conforme pasó el tiempo de almacenamiento, pasó de un 63% aceptación hasta llegar a un 44% de rechazo.
- Se obtuvo el perfil de deterioro mediante la prueba RATA (Rate all-that-apply). Dicha metodología sirvió para identificar los descriptores que resultaron ser significativos para el tiempo de almacenamiento en los análisis de varianzas.
- Usando las pruebas de calidad microbiológica: mesófilos, coliformes, así como hongos y levaduras; se estableció la estabilidad del suplemento, la cual se mantuvo dentro de los parámetros de calidad aceptables. Los resultados obtenidos sugieren que el suplemento puede alcanzar la vida de anaquel reportada en la bibliografía (mínimo 4 meses), debido a la naturaleza del producto.
- Los resultados de las pruebas fisicoquímicas resultaron estables, no hubo pérdida del valor nutricional, ni cambios significativos tanto en el pH, como en el índice de insolubilidad.

- Tras haber analizado por setenta y cinco días, una muestra de suplemento alimenticio de origen vegetal, se obtuvo que de acuerdo al análisis de supervivencia la muestra almacenada a condiciones controladas tiene una vida de anaquel aproximada de 27 días, mientras que a condiciones ambientales duraría 41 días. Valores que, comparados con los reportados en la bibliografía, son bajos.

9. PERSPECTIVAS

- Evaluar el suplemento con pacientes que padecen síndrome de malabsorción, podría ayudar a mejorar en nivel de aceptación inicial y por ende se tendrían resultados específicos para el nicho de mercado al que va dirigido.
- Probar otras variaciones de almacenamiento. Envases de distintos materiales como los laminados, condiciones de refrigeración o congelación.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abaidoo-Ayin, H. Boakye, P. Jones, K. Wyatt, V. Besong, S. Lumor, S. 2017. *Compositional Analyses and Shelf-Life Modeling of Njangsa (Ricinus communis) Seed Oil Using the Weibull Hazard Analysis*. Journal of Food Science, Vol. 82.
- Agenda Pública, 2017. 4.2 millones de obesos mórbidos en el país. México duplica el promedio mundial., 12 junio. [En línea] Disponible en: <https://www.arenapublica.com/articulo/2017/06/12/5987/obesidad-morbida-superobesidad-mexico-cifras> [Último acceso: 10 enero 2018].
- Aguilar, P. 2010. *Solución Integral de Problemas de Corta Vida de Anaquel en Productos Artesanales de Amaranto*. Tesis de licenciatura. Facultad de Química. UNAM.
- Angrisani, L., Santonicola, A., Iovino, P., Formiscano, G., Buchwald, H. y Scopinaro, N., 2015. Bariatric Surgery Worldwide 2013. *Surgery Obesity*. 10, 1657-1695.
- Araneda, M., Hough, G.; Wittig de Penna, E. (2008). Current-status survival analysis methodology applied to estimating sensory shelf –life of ready-to eat lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of sensory studies*. 23 (162-170).
- Arellano, A. 2016. *Comparación de Métodos Probabilísticos en la Vida Sensorial Útil de Productos Alimenticios*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México. Unidad Iztapalapa.
- Ares, G., Bruzzone, F., Vidal, L., Silva, R., Giménez, A., Pineau, B., Hunter, D., Paisley, A., Jaeger, S. (2014). Evaluation of rating-based variant of Check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA). *Food Quality and Preference*. 36, 87-95.

- Badui, S. 2013. Química de los alimentos. Pearson Educación, 56-59, 129.
- Belitz, H., Grosch, W. y Schieberle, P., 2009. Química de los Alimentos. Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, 386.
- Bernal-Reyes, R., Monzalvo López, A. y Bernal-Serrano, M. (2013). Prevalencia de síntomas gastrointestinales en personas con sobrepeso y obesidad. Estudio epidemiológico en una población mexicana. *Revista de Gastroenterología de México*. 78(1): 28-34
- Cantillo, B., et al. 1994. Durabilidad de los Alimentos. Métodos de estimación. La Habana: Instituto de la Investigación para la Industria Alimenticia.
- Cardenas, N. Segovia, P. 2003. *Factores que Influyen en la vida de anaquel de productos de confitería de chocolate*. Tesis de licenciatura. Facultad de Química. UNAM.
- Cardelli, C.; Labuza, T.P: (2001). Application of Weibuul Hazarrd Analysis to the Determination of the Shelf Life of Roasted and Ground Coffe. *Lebensm-Wiss u. Technology*. 34 (273-278).
- Cartier R., Rytz A, Lecomte A., Poblete F., ,Krystlik J., Belin E. & Martin N. (2006). Sorting procedure as an alternative to quantitative descriptive analysis to obtain a product sensory map. *Food Quality and Preference* 17, pp. 562–571, Lausanne.
- Chica, B. A. y Osorio, S. L. (2003). Determinación de la vida de anaquel del chocolate de mesa sin azúcar en una película de polipropileno biorientado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Ingeniería Química; págs.: 22-26, 57-64.
- Cordero G, 2013. *Aplicación Del Análisis Sensorial de los Alimentos en la Cocina y en la Industria Alimentaria*. Universidad Pablo de Olavide, 37-43.
- Dávila-Torres, J., González-Izquierdo, J. de J. y Barrera-Cruz, A. 2015. Panorama de la obesidad en México. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*; 53(2):240-9
- DIBICO. Medios de Cultivo para análisis microbiológico. Fichas técnicas. [En línea] Disponible en: www.dibico.com/fichast/1020.pdf [Último acceso 16 de diciembre de 2017,]
- Dixon, J., Zimeet, P., Alberti, K. y Rubino, F., 2011, International Diabetes Federation Taskforce on Epidemiology and Prevention. Bariatric Surgery: and IDF statement for obese Type 2 diabetes. *Epub*, 4, 433.
- Forbes México (2015) México, el país más obeso del mundo. (Actualizado el 9 de julio de 2015) [En línea] Disponible en: <http://www.forbes.com.mx/mexico-el-pais-mas-obeso-del-mundo/> [Última consulta: 6 de febrero de 2018]
- Giraldo, G; 1999. Métodos de Estudio de Vida de Anaquel de los Alimentos. Trabajo presentado como requisito para optar a la categoría de Profesor Asociado.

- Guerra, S; Lagazio, C.; Manzocco, L.; Barnaba, M.; Cappuccio, R., 2008. Risks and pitfalls of sensory data analysis for shelf life prediction: Data simulation applied to the case of coffee. *Food Science and Technology*. 41 (2070-2078).
- Guerrero I., Compiladores. 2014. *Microbiología de los alimentos*. México. Limusa.
- Gutiérrez, J., Rivera, J., Shaman, T., Villalpando, S., Franco, A. y Cuevas, L., 2012. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales*. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Heber, D., Greenway, F. y Kaplan, L., 2010. *Endocrine and nutritional management of the post-bariatric surgery patient*. Segunda edición ed. Tustin, C.A.
- Hough, G.; Fiszman, S. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos*. Primera edición. Programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo).
- Hough, G.; Garitta, L.; Gómez, G. (2006). Sensory Shelf-Life predictions by survival analysis accelerated storage models. *Food Quality and Preference*. 17 (468-473).
- Hough, G.; Gómez, G.; Curia, A. (2002). Survival Analysis Applied to sensory shelf life of foods. *JFS:Sensory and Nutritive Qualities of food*. 68 (359-362).
- Hough, G., 2010. *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*. Boca Raton: CRC Press.
- Ibáñez, F. y Barcina, Y. 2001. *Análisis sensorial de los alimentos: Métodos y Aplicaciones*. Barcelona: Springer.
- Klein S, Wadden T, Sugerman H. (2002) AGA technical review on obesity *Gastroenterology*, 123(3):882-932.
- Knapik, J., Trone D., Austin, K., Steelman, R., Farina, E. y Lieberman, H. 2016. *Prevalence, Adverse Events, and Factors Associated with Dietary Supplement and Nutritional Supplement Use*. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(9), 2212-2672.
- Kunyenga, C. Imungi, J. Okoth, M. Vavivel, V. y Biesalski K., 2012. *Development, Acceptability, and Nutritional Characteristics of a Low-Cost, Shelf-Stable Supplementary Food Product for Vulnerable Groups in Kenya*. *Food and Nutrition Bulletin*. Vol. 33.
- Labuza, T.P., Schmidt, M.K. 1985. Accelerated shelf-life dating of foods. *Food Technology*, 39(9): 57- 134.
- Leite, S., Pereira, O. y de Almeida, M., 2011. *Dietary Protein Intake and Bariatric Surgery a Review*. Springer Science , 1798-2005.
- Litchford, M., 2010. Protein nutrition & bariatric patients. *Weight Management Matters*, 20-22.
- Maluenda, F., 2012. Cirugía bariátrica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(2), 180-188.

- Meyners et al., 2015. *On the analysis of Rate-All-That-Apply (RATA) data*. Food Quality and Preference.
- Moize, V., Geliebter, A. y Gluck, M., 2003. Obese patients have inadequate protein intake related to protein intolerance up to 1 year following Roux-en-Y gastric bypass. *Obesity Surgery*, Volumen 13, 23-28.
- Must, A., Spadano, J. y Coakley, E., 1999. The disease burden associated with overweight and obesity. *Am J Med*, Issue 282, 1523-1529.
- National Institutes of Health, 2017. U.S. Department of Health & Human Services. [En línea] Disponible en: https://ods.od.nih.gov/HealthInformation/DS_WhatYouNeedToKnow.aspx [Último acceso: 6 marzo 2018].
- Ng, M.; Chaya, C.; Hort, J. Beyond liking: Comparing the measurement of emotional response using EsSense Profile and consumer defined check-all-that-apply methodologies. *Food Quality and Preference*.28, 193-205.
- Norma Mexicana NMX-F-317-NORMEX-2013, Alimentos. Determinacion de pH en Alimentos y Bebidas no alcohólicas. Método de Prueba. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 2013.
- Norma Mexicana NMX-F-183-1986, Alimentos Lácteos. Determinación del Índice de Insolubilidad de la Leche en Polvo. Foods. Lacteous. Insolubility Index In Powder Milk Determination. Dirección General De Normas. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación en 1986.
- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de mayo de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de microorganismos Coliformes totales en placa. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de mayo de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, practicas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de marzo de 2010.
- Onis, M., Onyango, A. y Borghi, E. (2007) Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*, 85(9): 660-666.

Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés) (2015). Datos y Cifras: 10 Datos Sobre la Obesidad. [Última revisión 22 de febrero de 2018] Disponible en: <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/>

- Orozco, S. 2016. *Importancia de la Evaluación Sensorial en la Industria de Alimentos*. Industria y Alimentos, 71, 23-25.
- Pascual, M., et al. 2000. *Microbiología Alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas*. 2da edición. Madrid. Díaz de Santos.
- Pasini, G, 2017. *Principal Component Analysis for Stock Portfolio Management*. International Journal of Pure and Applied Mathematics. Volúmen 115 No. 1/2017, 153-167
- Pedrero, F. y Pangborn, R. 1989. *Evaluación Sensorial de los Alimentos, Métodos de análisis estadístico*. D.F.: Alhambra Mexicana
- Reyes, H. (2010) La determinación de la vida útil de los productos alimenticios. Hablemos Claro. [En línea] (Actualizado al 11 de mayo de 2010). Disponible en: http://www.hablemosclaro.org/Articulos/La_determinaci%C3%B3n_de_la_vida_%C3%BAtil_de_los_productos_alimenticios#.Veuev39_Oko [Último acceso el 5 de junio de 2018].
- Sahoo, P. Sharma, K. 2018. *Modelling of water loss and solute uptake during osmotic drying of carrots using weibull distribution approach*. International food Research Journal, Vol. 25.
- Saint Eve, A., Paci-Kora, E., & Martin, N. (2004). Impact of the olfactory quality and chemical complexity of the flavouring agent on the texture of low fat stirred yogurts assessed by three different sensory methodologies. *Food Quality and Preference*, 15, pp. 655–668.
- Sámano, R., Rodríguez-Ventura, A. L., Sánchez-Jiménez, B., Godínez, E. Y., Noriega, A, Zelonka, R., Garza, M., y Nieto, J. (2015) Satisfacción de la imagen corporal en adolescentes y adultos mexicanos y su relación con la autopercepción corporal y el índice de masa corporal real. *Nutrición Hospitalaria*, 31(3):1082-1088
- Salazar, J. 2018. *Determinación de la vida de anaquel de un suplemento de origen vegetal para pacientes cirróticos*. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Tehuacán.
- Solano, H. (2008). *Análisis de supervivencia en fiabilidad. Predicción en condiciones de alta censura y truncamiento: El caso de las redes de suministro de agua potable*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A. y Singleton, R. 1974. *Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis*. *Food Technology*, 28(11), 24-34.
- The IFST (Institute of Food Science Technology) Guidelines (1993).
- Torre, H. 2000. *Bases Científicas del Análisis Sensorial*. *Alimentaria: Revista de Tecnología e higiene de los alimentos*, 309, 164 - 255.

- Varela, P., Pintor, A., Fiszman, S. (2014). How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. *Food Hydrocolloids*. 36 (220-228).
- Volpe, S. Di Monaco, R. Puleo, S. Torrieri, E. 2017. *Prediction Of Secondary Shelf-Life Of Croissants: Survival Analysis And Cata Questions Methodologies*. Italian Journal of Science.
- Walker-Smith J, Barnard J, Bhutta Z, Heubi J, Reeves Z, Schmitz J. 2002. *Chronic diarrhea and malabsorption (including short gut syndrome): Working Group Report of the First World Congress of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition*. *Journal of Pediatrics*. Gastroenterol Nutr. 35. 98-105.

11. ANEXOS

Análisis de varianza de las muestras evaluadas por los jueces del panel

Resumen del suplemento almacenado a condiciones ambientales

	Viscoso	Café	Brillo	Chocolate Amargo	Guardado	Viscoso
R ²	0.023	0.089	0.185	0.311	0.445	0.000
F	0.670	2.725	6.348	12.651	22.414	0.001
Pr > F	0.516	0.074	0.003	< 0.0001	< 0.0001	0.999

	Adhesividad	Granuloso	Amargo	Chocolate viejo	Resabio Amargo
R ²	0.309	0.196	0.189	0.199	0.059
F	12.515	6.835	6.538	6.941	1.756
Pr > F	< 0.0001	0.002	0.003	0.002	0.182

Resumen del suplemento almacenado en cámara de vida de anaquel

	Viscoso	Café	Brillo	Chocolate Amargo	Guardado	Viscoso
R ²	0.093	0.811	0.209	0.176	0.374	0.576
F	2.916	122.672	7.527	6.070	17.000	38.664
Pr > F	0.062	< 0.0001	0.001	0.004	< 0.0001	< 0.0001

	Adhesividad	Granuloso	Amargo	Chocolate viejo	Resabio Amargo
R ²	0.002	0.666	0.489	0.528	0.424
F	0.066	56.830	27.277	31.896	20.976
Pr > F	0.937	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

Resumen de las comparaciones por pares (DMS) para las muestras significativamente diferentes almacenadas a condiciones ambientales.

Categoría	Media (Sabor Chocolate viejo)	Grupos		Categoría	Media(Brillo)	Grupos	
D31	2.625	A		D1	6.194	A	
D1	2.361	A		D31	5.475		B
D64	1.773		B	D64	5.114		B

Categoría	Media(Chocolate Amargo)	Grupos		Categoría	Media (Adhesividad)	Grupos	
D1	3.333	A		D64	1.682	A	
D31	2.825	A		D31	1.475	A	
D64	2.068		B	D1	1.056		B

Categoría	Media (Granuloso)	Grupos		Categoría	Media (S. Amargo)	Grupos	
D31	3.425	A		D1	2.861	A	
D64	2.864		B	D31	2.525	A	
D1	2.500		B	D64	2.091		B

Categoría	Media (Olor guardado)	Grupos		
D1	2.806	A		
D31	2.275		B	
D64	1.477			C

Resumen de las comparaciones por pares (DMS) para las muestras significativamente diferentes almacenadas en la cámara de vida de anaquel

Categoría	Media (Color Café)	Grupos		Categoría	Media (Brillo)	Grupos	
D1	3.667	A		D64	7.159	A	
D31	3.550	A		D1	6.139		B
D64	1.477		B	D31	6.075		B

Categoría	Media (Chocolate Amargo)	Grupos		Categoría	Media (Olor Guardado)	Grupos	
D64	4.045	A		D64	4.227	A	
D1	3.222		B	D1	2.583		B
D31	2.850		B	D31	2.400		B

Categoría	Media (S. Amargo)	Grupos		Categoría	Media (Chocolate Viejo)	Grupos	
D64	5.227	A		D64	5.273	A	
D1	3.028		B	D1	2.750		B
D31	2.650		B	D31	2.475		B

Categoría	Media (Resabio Amargo)	Grupos		Categoría	Media (Viscoso)	Grupos	
D64	4.773	A		D1	3.722	A	
D31	2.900		B	D31	3.225	A	
D1	2.667		B	D64	1.432		B

Categoría	Media (Granuloso)	Grupos		
D31	3.225	A		
D1	2.306		B	
D64	1.386			C

Análisis de varianza de las muestras evaluadas por los consumidores

Resumen del suplemento almacenado a condiciones ambientales

	Viscoso	Café	Brillo	Chocolate Amargo	Guardado	Viscoso	Adhesividad
R ²	0.014	0.025	0.006	0.013	0.004	0.003	0.003
F	1.424	2.612	0.602	1.325	0.456	0.260	0.297
Pr > F	0.243	0.076	0.549	0.268	0.634	0.771	0.743

	Granuloso	Amargo	Chocolate viejo	Resabio Amargo	Sabor General	Textura General	Agrado General
R ²	0.003	0.004	0.008	0.000	0.022	0.014	0.013
F	0.346	0.458	0.817	0.047	2.280	1.511	1.380
Pr > F	0.708	0.633	0.443	0.954	0.105	0.223	0.254

Resumen del suplemento almacenado en cámara de vida de anaquel

	Viscoso	Café	Brillo	Chocolat e Amargo	Guardad o	Viscoso	Adhesivid ad
R ²	0.005	0.089	0.039	0.032	0.096	0.004	0.053
F	0.505	10.063	4.171	3.399	10.940	0.410	5.810
Pr > F	0.604	< 0.0001	0.017	0.035	< 0.0001	0.664	0.004

	Granuloso	Amargo	Chocolate viejo	Resabio Amargo	Sabor General	Textura General	Agrado General
R ²	0.016	0.131	0.064	0.224	0.149	0.072	0.160
F	1.721	15.461	7.010	29.710	18.027	8.041	19.607
Pr > F	0.181	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001

Resumen de las comparaciones por pares (DMS) para las muestras significativamente diferentes de las muestras almacenadas en la cámara de vida de anaquel

Categoría	Media (Color Café)	Grupos		Categoría	Media (Brillo)	Grupos	
D64	2.271	A		D64	2.057	A	
D1	1.899		B	D31	1.971	A	
D31	1.814		B	D1	1.710		B

Categoría	Media (Chocolate amargo)	Grupos		Categoría	Media (Olor Guardado)	Grupos	
D64	1.700	A		D64	1.714	A	
D31	1.600	A	B	D1	1.304		B
D1	1.406		B	D31	1.286		B

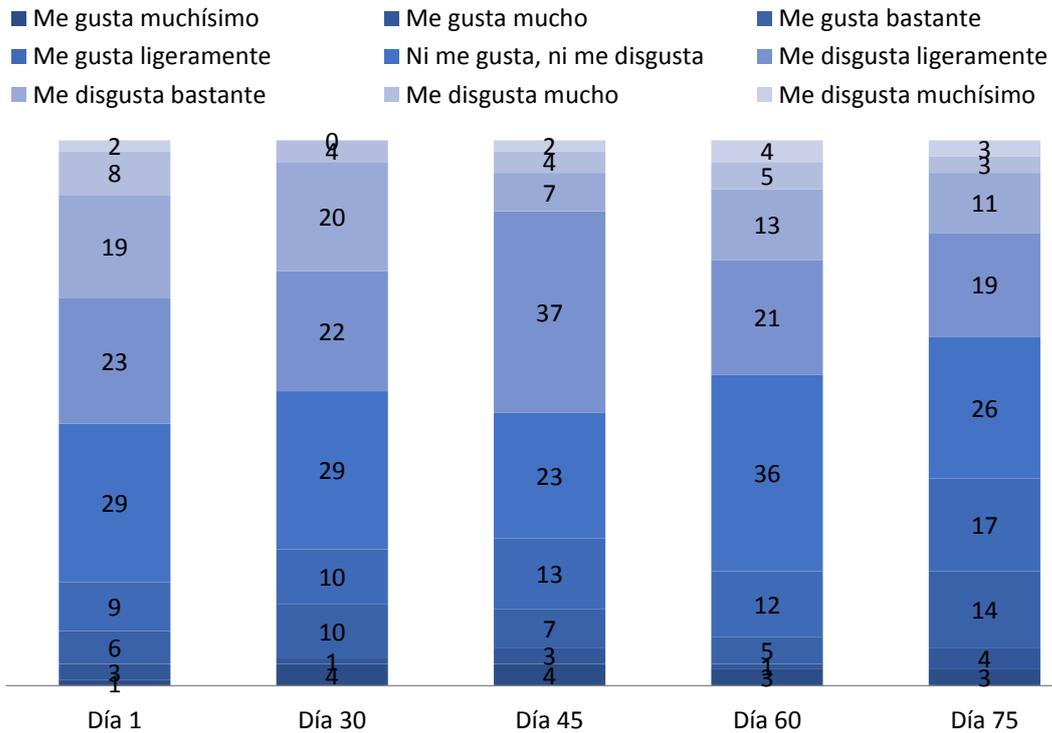
Categoría	Media (Adhesividad)	Grupos		Categoría	Media (Sabor Amargo)	Grupos	
D64	2.000	A		D64	1.886	A	
D31	1.743		B	D31	1.371		B
D1	1.594		B	D1	1.304		B

Categoría	Media (Chocolate Viejo)	Grupos		Categoría	Media (Sabor General)	Grupos	
D64	1.957	A		D64	6.043	A	
D31	1.557		B	D31	4.700		B
D1	1.551		B	D1	4.652		B

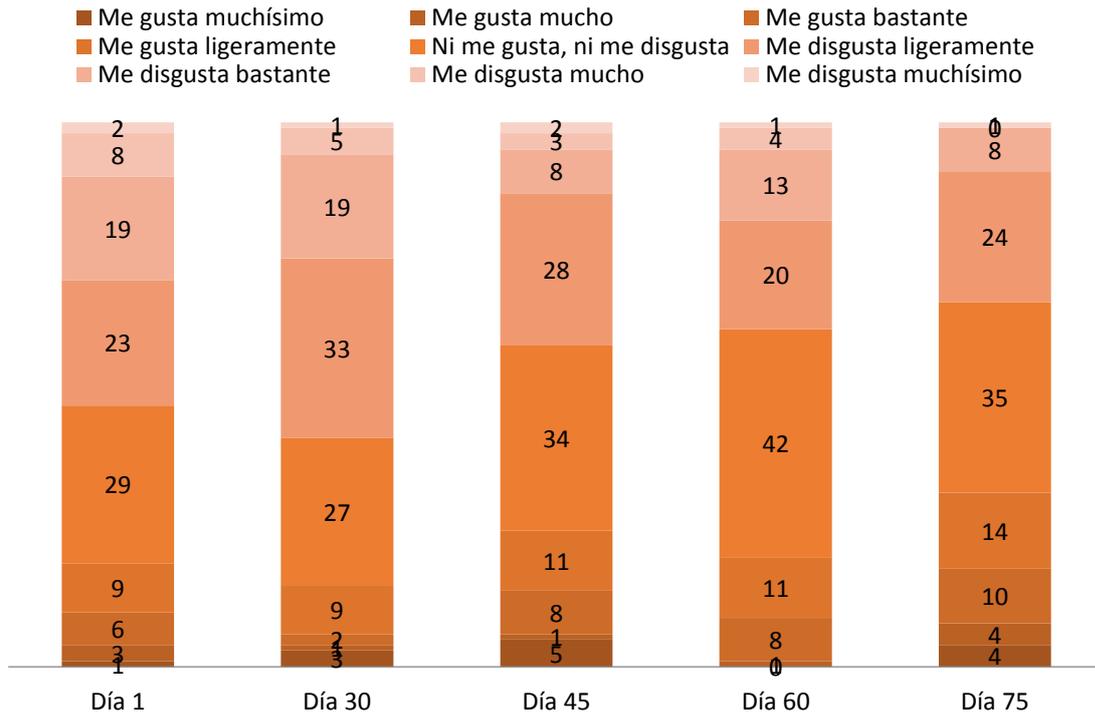
Categoría	Media(Agrado General)	Grupos		Categoría	Media (Textura General)	Grupos	
D64	5.857	A		D64	5.643	A	
D1	4.638		B	D31	4.757		B
D31	4.457		B	D1	4.638		B

Categoría	Media(Resabio Amargo)	Grupos		
D64	1.929	A		
D31	1.514		B	
D1	1.101			C

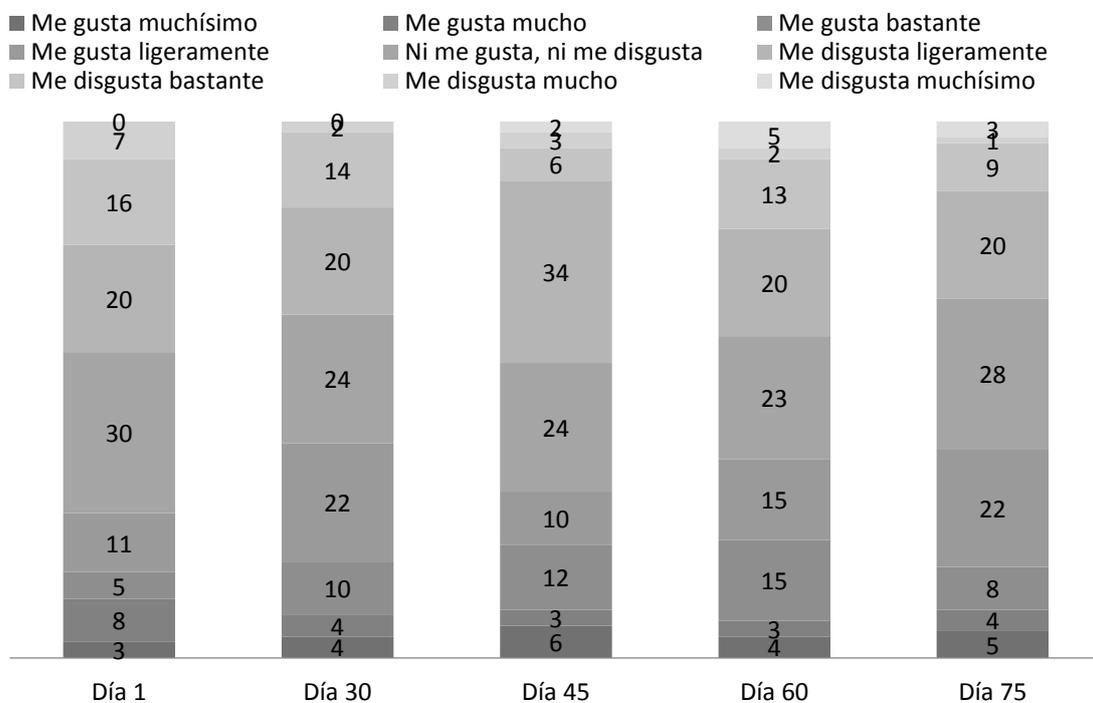
Gráficas de distribución de atributos



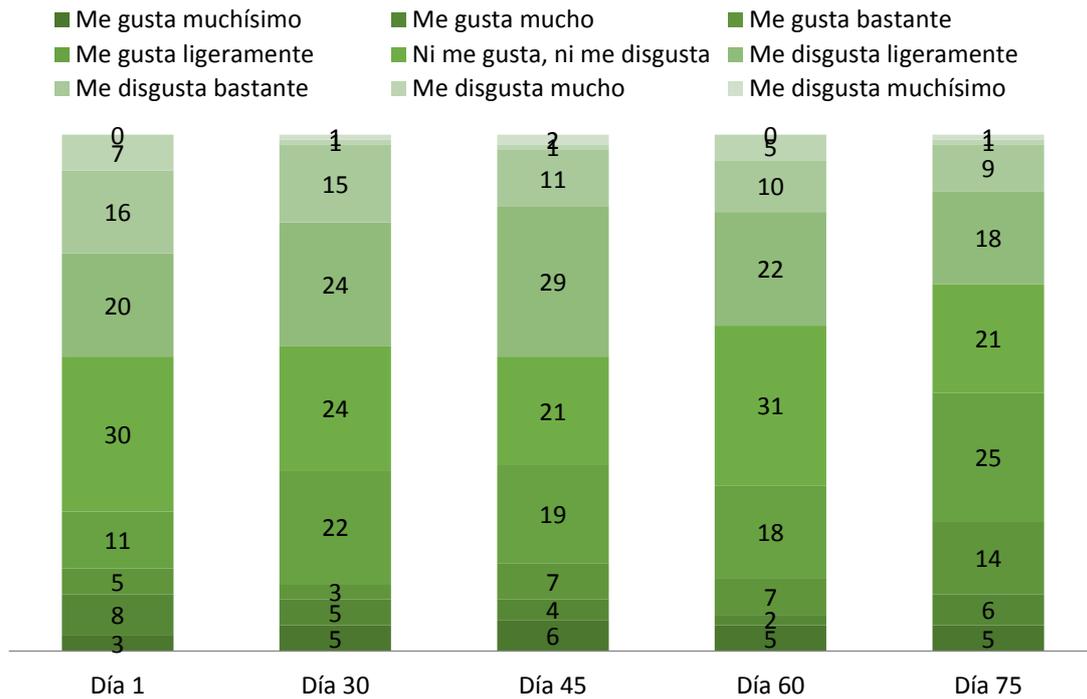
Gráfica 8. Distribución de las calificación otorgadas a las muestras, en agrado general a condiciones de cámara.



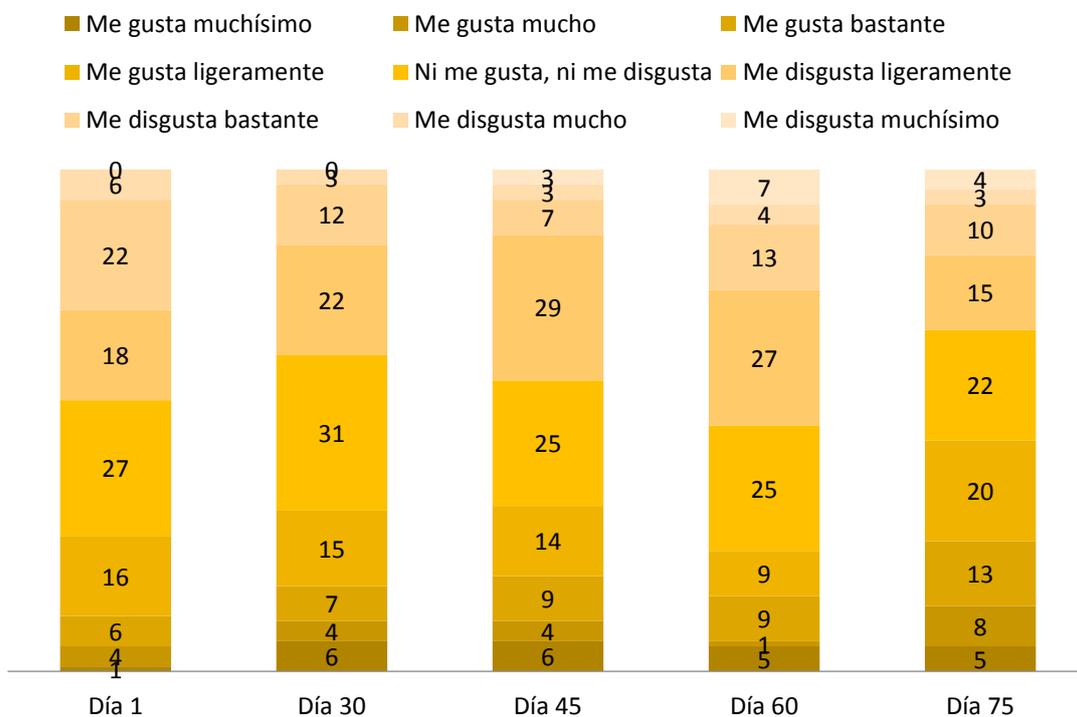
Gráfica 9. Distribución de las calificación otorgadas a las muestras, en agrado general a condiciones ambientales.



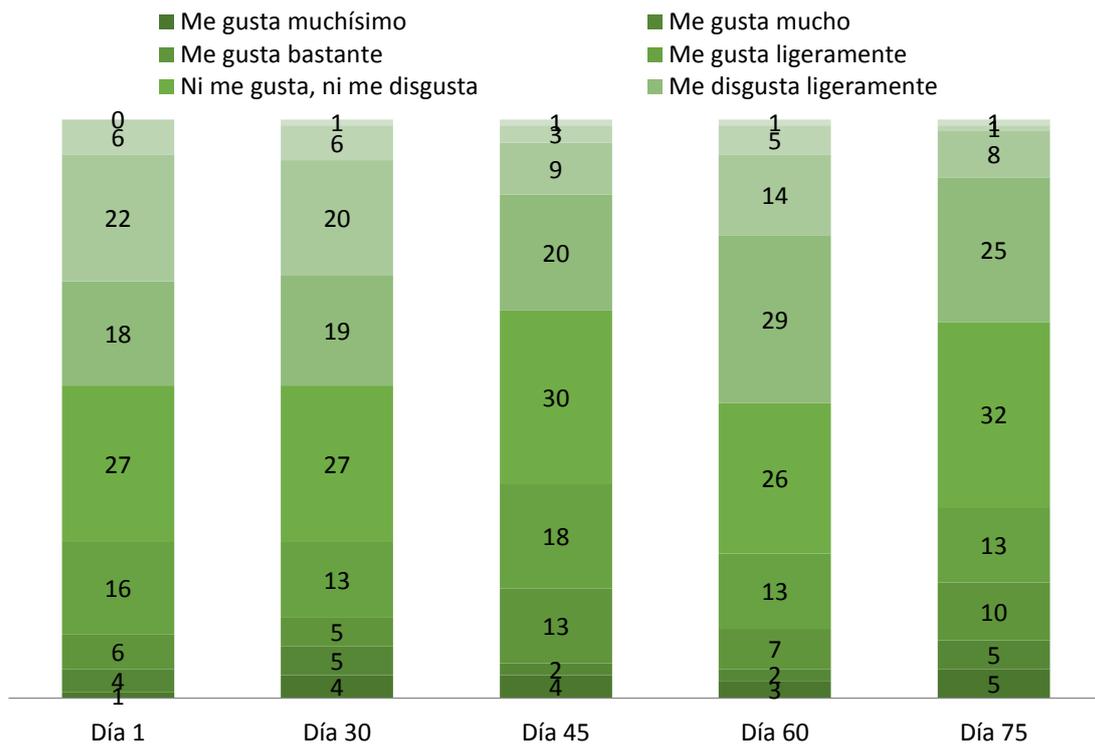
Gráfica 10. Distribución de las calificación otorgadas a las muestras, en agrado de textura. En condiciones de cámara.



Gráfica 11. Distribución de las calificación otorgadas a las muestras, en agrado de textura. En condiciones de cámara.



Gráfica 12. Distribución de las calificación otorgadas a las muestras, en agrado de sabor. De las muestras almacenadas en la cámara.



Gráfica 13. Distribución de las calificación otorgadas a las muestras, en agrado de sabor. De las muestras almacenadas a condiciones ambientales.

Cuestionarios

Cuestionario utilizado con los jueces del panel sensorial (1)

PERFIL SENSORIAL DE DETERIORO DE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS

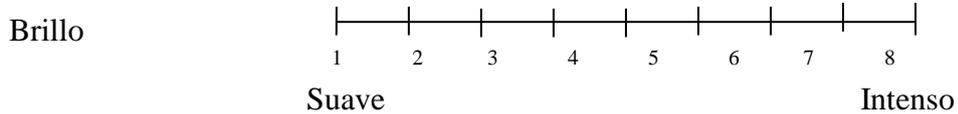
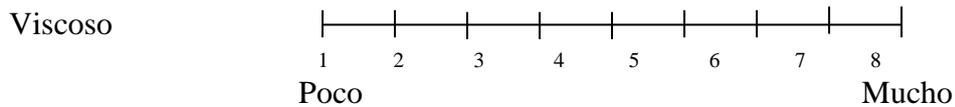
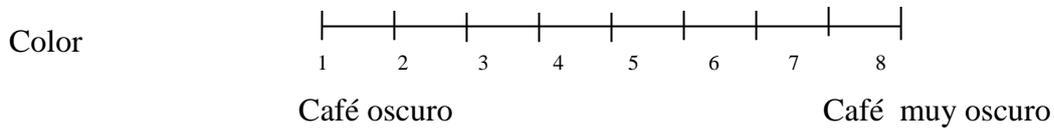
Nombre: _____ Fecha: _____ Juez: _____

Clave:

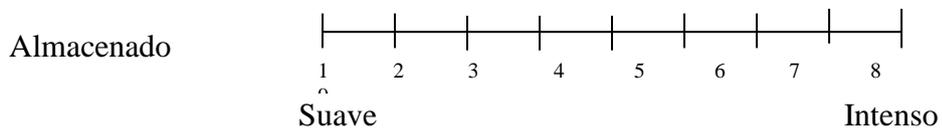
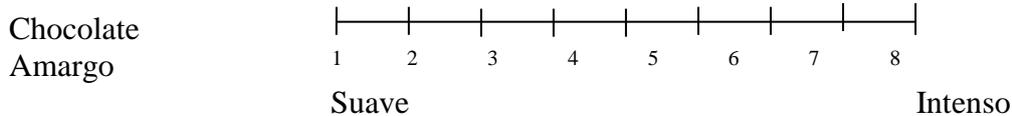
Instrucciones: Frente a usted tiene una muestra de suplemento alimenticio marque con una CRUZ sobre la escala la intensidad de los atributos.

ATRIBUTOS

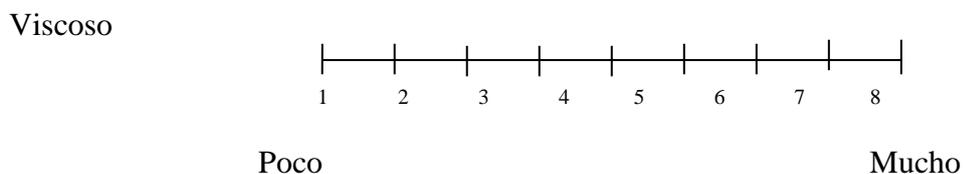
APARIENCIA



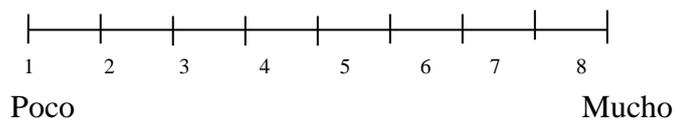
OLOR



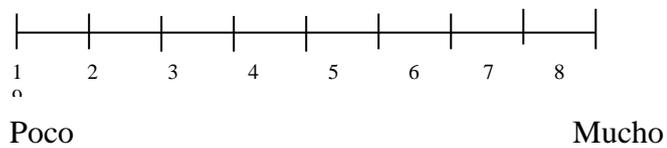
TEXTURA



Granuloso

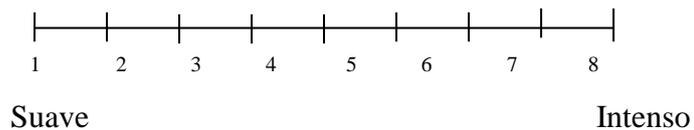


Adhesivo

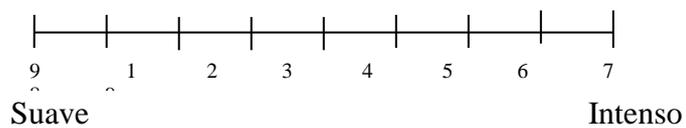


SABOR

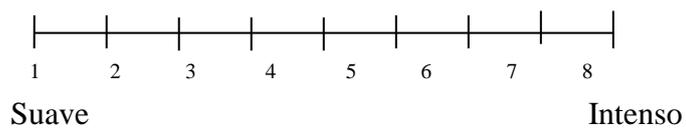
Amargo



Chocolate Viejo



Resabio Amargo



Cuestionario usado con consumidores (2)

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____

Frente a usted tiene una muestra. Pruébela y marque TODAS las palabras que considere adecuadas para describir el producto. Indique la intensidad que perciba para cada atributo.

	LIGERAMENTE	MODERADAMENTE	MUCHO
APARIENCIA			
Viscoso			
Color Café			
Brillo			
OLOR			
Chocolate Amargo			
Guardado			
TEXTURA			
Viscoso			
Adhesivo			
Granuloso			
SABOR			
Chocolate amargo			
Chocolate viejo			
OTROS			
Resabio amargo			

Por favor marque con una "X" en la escala qué tanto le gusta o disgusta el producto :

	SABOR	TEXTURA	AGRADO GENERAL
Me disgusta muchísimo			
Me disgusta mucho			
Me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Ni me gusta, ni me disgusta			
Me gusta ligeramente			
Me gusta			
Me gusta mucho			
Me gusta muchísimo			

Considerando las características que evaluó; ¿Compraría este producto?

Sí _____

No _____

Figura 1. Sesión de evaluación sensorial con los jueces del panel.



Figura 2. Referencias relacionadas al deterioro generadas por el panel de jueces.



Figura 3. Muestras del suplemento almacenado a condiciones ambientales y de cámara de vida de anaquel.



Figura 5. Evaluación sensorial de las muestras del suplemento alimenticio con consumidores.



Resultados de crecimiento de microorganismos durante el estudio.

Muestra almacenada a 27°C, 45%HR.



Figura 10. Resultado de Mesófilos al día 1 de almacenamiento, dilución 10^{-1} .

Muestra almacenada a 37°C, 56%HR.



Figura 11. Resultado de Coliformes al día 1 de almacenamiento, dilución 10^{-2} .



Figura 12. Resultado de Mohos y Levaduras al día 1 de almacenamiento, dilución 10^{-1} .



Figura 13. Resultado de Mohos y Levaduras al día 1 de almacenamiento, dilución 10^{-1} .



Figura 14. Resultado de Mohos y Levaduras al día 30 de almacenamiento, dilución 10^{-2} .



Figura 15. Resultado de Coliformes al día 30 de almacenamiento, dilución 10^{-1} .

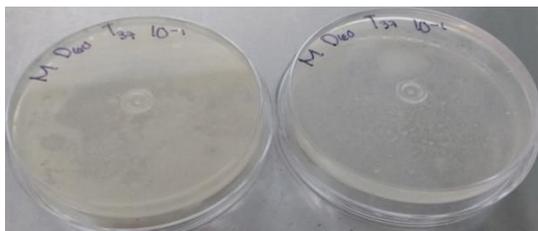


Figura 16. Resultado de Mesófilos al día 60 de almacenamiento, dilución 10^{-1} .



Figura 17. Resultado de Mesófilos al día 60 de almacenamiento, dilución 10^{-2} .



Figura 18. Resultado de Mohos y levaduras al día 180 de almacenamiento, dilución 10^{-1} .



Figura 19. Resultado de Mesófilos al día 180 de almacenamiento, dilución 10^{-2} .