

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Estimación de vida útil de sazoadores en cubo mediante isoterma de adsorción  
de humedad

INGE-2661

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Alimentos**

Presentado por:

Fernando Jose Anchundia Palacios

Iris Belen Cevallos Ronquillo

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## Dedicatoria

---

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a las personas más importantes en mi vida.

A mis padres, Leidy y Freddy, por ser un apoyo constante e incondicional en este camino de aprendizaje. A mis hermanos, Ariana y Kelvin, por su motivación y complicidad, y, con especial cariño a mi pequeña y adorada Nairobi.

¡Sin ustedes, esto no sería posible!

**Fernando Anchundia Palacios**

## **Dedicatoria**

---

A mi familia y a todos aquellos que me quieren, con especial dedicación a mis padres Juvanis y Manuel por su inquebrantable amor y sacrificio a lo largo de mi trayectoria académica. Su apoyo constante ha sido mi mayor fuente de motivación.

A mí, por no limitarme y demostrar mis capacidades y conocimientos mediante la realización de este proyecto.

**Iris Cevallos Ronquillo**

## Agradecimientos

---

Mis agradecimientos más sinceros a mis padres, por el apoyo emocional y económico brindado, a mis familiares, que siempre fueron fuente importante de mi inspiración y motivación. A mis amigos, que con especial cariño me dieron acogida en esta ciudad y se convirtieron en parte importante de mi vida. A mis profesores, que a través de sus enseñanzas lograron sembrar en mí el espíritu indagador. A Iris, por ser una pieza clave en el desarrollo de este trabajo.

A las personas de la industria que confiaron en mi capacidad y me permitieron demostrar mis habilidades, y, a la carrera de Ingeniería en Alimentos, por todas las oportunidades y méritos que me permitió alcanzar a lo largo de estos años de formación.

Todos ustedes son parte de este gran logro.

**Fernando Anchundia Palacios**

## Agradecimientos

---

Agradezco a Dios, a mi familia y a los seres que amo, especialmente a mis padres.

Gracias por su apoyo y dedicación a lo largo de mis estudios.

Agradecerme a mí misma por representar los valores inculcados por mis padres, por perseverar ante los retos y no rendirme nunca. Por tal motivo, este trabajo es el reflejo del esfuerzo y la dedicación académica y profesional demostrada por mi compañero de tesis Fernando y por mí.

Un sincero agradecimiento a la universidad, a sus instalaciones y a los docentes que nos apoyaron, haciendo posible esta investigación.

**Iris Cevallos Ronquillo**

## Declaración Expresa

---

Nosotros Fernando Jose Anchundia Palacios e Iris Belen Cevallos Ronquillo acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 7 de octubre del 2024.



Fernando Jose  
Anchundia Palacios



Iris Belen Cevallos  
Ronquillo

## **Evaluadores**

---

**MSc. Andrea Desire Ortega Suasnavas**

Profesor de Materia Integradora

---

**MSc. Denisse Yuliana Yagual Ormaza**

Tutor de proyecto

## Resumen

Los retiros de productos del mercado pueden originarse por diversos factores, como problemas de trazabilidad, etiquetado, defectos de calidad o la anticipación del tiempo de vida útil debido a un control inadecuado en los parámetros de distribución. Este trabajo tiene como objetivo estimar la vida útil de dos tipos de sazoadores en cubos mediante la metodología de isotermas de adsorción, con el fin de reducir los retiros anticipados, los desperdicios alimentarios y mejorar la producción. Se realizó un análisis comparativo para evaluar las diferencias en el color de los sazoadores y la influencia de las grasas en dicho atributo, utilizando el modelo de isotermas de adsorción y el modelo linealizado de GAB. Los resultados mostraron que no hay diferencias significativas en el espectro de color entre los productos, pero sí una degradación relacionada con el tiempo. Se determinó una vida útil de 8 meses para el sazoador SG y de 7,5 meses para el sazoador CG. Además, se sugirió una mejora en la distribución del proceso de producción. Se concluye que la empresa debe controlar los parámetros de distribución para evitar retiros anticipados y optimizar la calidad y durabilidad de los productos en el mercado.

**Palabras clave:** Vida útil, sazoador, isotermas de adsorción, GAB.



### Abstract

*Product withdrawals from the market can arise due to various factors, such as traceability issues, labeling, quality defects, or the anticipation of a product's shelf life due to inadequate control over distribution parameters. This study aims to estimate the shelf life of two cube seasoning products using the adsorption isotherm methodology to reduce premature withdrawals, food waste, and improve production processes. A comparative analysis was conducted to evaluate differences in the color of the seasonings and the influence of fats on this attribute, using the adsorption isotherm model and the linearized GAB model. The results showed no significant differences in the color spectrum between the products, but degradation was observed over time. A shelf life of 8 months was determined for seasoning SG and 7.5 months for seasoning CG. Additionally, improvements in the distribution process were suggested. The study concludes that the company should control distribution parameters to prevent early withdrawals and optimize product quality and durability in the market.*

**Keywords:** *Shelf life, seasoning, bouillons, Adsorption isotherms, GAB.*

## Índice general

Resumen .....	I
Abstract .....	II
Índice general .....	III
Abreviaturas .....	V
Simbología .....	VI
Índice de figuras .....	VII
Índice de tablas.....	VII
Capítulo 1 .....	1
1.1    Introducción.....	2
1.2    Descripción del Problema.....	3
1.3    Justificación del Problema.....	3
1.4    Objetivos.....	4
1.4.1    Objetivo general .....	4
1.4.2    Objetivos específicos.....	4
1.5    Marco teórico.....	4
1.5.1    Sazonadores de caldos o sopas .....	4
1.5.2    Tipos de sazónadores .....	5
1.5.3    Cinética de deterioro .....	5
1.5.4    Estimación de vida útil en alimentos de baja humedad .....	7
1.5.5    Factores que influyen en la vida útil de los sazónadores .....	10
1.5.6    Estudios de estabilidad acelerada.....	10
1.5.7    Impacto de la cadena de distribución sobre el deterioro de los sazónadores .....	11
Capítulo 2 .....	12
2.    Metodología .....	13
2.1    Diseño experimental .....	13

2.2	Medición del color.....	14
2.3	Obtención de la isoterma de adsorción.....	14
2.3.1	Preparación de la muestra .....	14
2.3.2	Determinación gravimétrica para la obtención de datos experimentales.....	14
2.4	Modelización de la isoterma.....	15
2.5	Estimación del tiempo de vida útil .....	15
2.6	Evaluación Sensorial .....	15
2.7	Propuesta de distribución de la línea de producción .....	16
Capítulo 3	.....	17
3.	Resultados y análisis .....	18
3.1	Diseño Experimental .....	18
3.1.1	Resultados del parámetro de color .....	18
3.1.2	Análisis estadístico.....	20
3.1.3	Obtención de la isoterma de adsorción .....	22
3.1.4	Estimación del tiempo de vida útil.....	24
3.1.5	Resultados de la evaluación sensorial .....	25
3.1.6	Propuesta de línea de producción de sazonadores .....	28
Capítulo 4	.....	32
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	33
4.1	Conclusiones.....	33
4.2	Recomendaciones .....	34
Referencias	.....	35
Apéndice A	.....	39

### Abreviaturas

SG	Sazonador en cubo sin grasa añadida
CG	Sazonador en cubo con grasa añadida
GAB	Guggenheim-Anderson-de Boer
SLP	Planificación Sistemática del Trazado
OH	Grupos hidroxilos

**Simbología**

$a_w$	Actividad de agua
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celcius
min	Minutos
t	Tiempo
$\alpha$	Nivel de significancia
L	Espectro de luminosidad
a	Espectro rojo-verde
b	Espectro amarillo-azul
mbar	Milibar

### Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Resultados de los parámetros $L^*$ y $b^*$ para ambas muestras .....	18
<b>Figura 2</b> Isotherma de adsorción de humedad del sazoador SG .....	22
<b>Figura 3</b> Isotherma de adsorción de humedad del sazoador CG.....	22
<b>Figura 4</b> Absorción del agua sobre la superficie de un material cristalino.....	23
<b>Figura 5</b> Diagrama de cajas de los atributos sensoriales evaluados del sazoador SG .....	25
<b>Figura 6</b> Diagrama de cajas de los atributos sensoriales evaluados del sazoador CG .....	27
<b>Figura 7</b> Tabla Relacional de Actividades .....	28
<b>Figura 8</b> Estimación de las necesidades de espacio para cada área.....	29
<b>Figura 9</b> Distribución desarrollada por Corelap.....	30
<b>Figura 10</b> Distribución de la línea de producción de sazoadores .....	31

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Codificación de las muestras de estudio de sazoador en cubo .....	13
<b>Tabla 2</b> Escala hedónica de 7 puntos utilizada para la prueba de aceptación sensorial.....	15
<b>Tabla 3</b> Análisis estadístico del color para ambos sazoadores.....	20
<b>Tabla 4</b> Tiempo de vida útil estimado mediante la ecuación de GAB para los sazoadores .....	24
<b>Tabla 5</b> Análisis estadístico de <i>t</i> -Student para los atributos sensoriales del sazoador SG.....	25
<b>Tabla 6</b> Análisis estadístico de <i>t</i> -Student para los atributos sensoriales del sazoador CG.....	26
<b>Tabla 7</b> Hoja Maestra usada en la Evaluación Sensorial.....	39
<b>Tabla 8</b> Cuestionarios de Evaluación Sensorial .....	40
<b>Tabla 9</b> Comentarios de la Evaluación Sensorial .....	41

## **Capítulo 1**

## 1.1 Introducción

Los retiros de alimentos surgen cuando se descubre que los productos alimenticios no son seguros para el consumo humano debido a problemas como alérgenos no declarados, contaminación (microbiológica, química o física), etiquetado incorrecto o defectos de calidad (Wowak *et al.*, 2022).

Actualmente, gran parte de los retiros de alimentos se deben a que muchas empresas no supervisan directamente su cadena de suministro, al contrario, dependen de proveedores externos para su logística y distribución. Esta dependencia complica la capacidad de mantener un control de calidad y una trazabilidad consistentes, conllevando al deterioro alimentario. El deterioro, a su vez, provoca el retiro del mercado y, posteriormente, contribuye al desperdicio de alimentos, ya que los productos que podrían haberse recuperado se descartan en su lugar (Oliveira *et al.*, 2023).

Las repercusiones de la degradación de alimentos se extienden más allá de los riesgos inmediatos para la salud del consumidor, ya que, los retiros del mercado pueden dañar significativamente la reputación de una empresa y generar grandes pérdidas económicas y medioambientales. Debido a la contaminación, el almacenamiento inadecuado y otros factores de la cadena de suministro, alrededor de 1.300 millones de toneladas de alimentos se desperdician cada año (Ishangulyyev *et al.*, 2019).

Los estudios de estimación de la vida útil desempeñan un papel crucial en la industria alimentaria, en particular considerando los crecientes desafíos relacionados con los retiros de productos del mercado y la gestión de residuos alimentarios. Por lo tanto, comprender cómo los factores extrínsecos influyen en la estabilidad de los alimentos es esencial para desarrollar estrategias que mitiguen el deterioro, mejoren la calidad del producto y reduzcan el desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de suministro.



## **1.2 Descripción del Problema**

Una empresa productora de solubles culinarios, dedicada a la elaboración de cubos de caldo de pollo con y sin grasa, retira anualmente 7.5 toneladas en el mercado nacional, de su producto más vendido debido a reclamos de sus distribuidores con respecto a la terminación anticipada de la vida útil.

Este volumen no solo representa una pérdida económica, sino que también acarrea el daño de reputación de la marca en su búsqueda por posicionarse en un mercado internacional competitivo, junto con las consecuencias ambientales debido al desperdicio de grandes cantidades de alimento y los recursos invertidos en su producción, distribución y desecho.

Estos retiros del mercado se generan a partir de los cambios producidos en el tiempo sobre las propiedades físicas del producto, tales como la humedad, la densidad, y la falta de control sobre las condiciones de distribución, que conducen a la degradación de sus características sensoriales.

La problemática es relevante por su impacto operativo en la empresa alimentaria, además de la necesidad de su control para la reducción de desperdicios y contaminación, promoviendo así una producción responsable.

## **1.3 Justificación del Problema**

La industria alimentaria enfrenta desafíos significativos en la preservación de la estabilidad de sus productos, principalmente por la falta de control sobre variables de distribución que aceleran el proceso de degradación; y, en el caso de la empresa productora de solubles culinarios, la degradación anticipada del perfil sensorial de su producto estrella plantea un problema crítico, provocando reprocesos y retiros del mercado.

La determinación de la vida útil de los sazoadores en cubo es importante para abordar los desafíos de producción y distribución dentro de la empresa. Al obtener una comprensión más profunda de cómo los factores extrínsecos influyen en la estabilidad del producto, las empresas

pueden implementar mejores medidas de control de calidad y almacenamiento en toda su cadena productiva y de distribución.

Además, el uso de isothermas de adsorción de humedad, también llamadas isothermas de sorción, y modelos matemáticos de proyección son de gran utilidad para predecir la vida útil e identificar puntos críticos donde se pueden tomar acciones para prevenir el deterioro (Gelaye, 2024). Al aplicar esta metodología en los sazónadores en cubo, la empresa fabricante puede controlar la calidad del producto final y minimizar el riesgo de retiros de productos.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Estimar el tiempo de vida útil de dos tipos de sazónadores en cubo por medio de isothermas de adsorción, para la reducción de retiros anticipados de producto y los desperdicios alimentarios incorporando una propuesta de línea de producción.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

1. Determinar las isothermas de adsorción de los sazónadores para la estimación del tiempo de vida útil del producto.
2. Evaluar las características organolépticas de los dos productos, mediante pruebas sensoriales con un panel de jueces no entrenados, para su correlación con el resultado del tiempo de vida útil.
3. Desarrollar una propuesta de diseño de la línea de producción de sazónadores en cubo, mediante el método de Planificación sistemática del trazado (SLP).

## **1.5 Marco teórico**

### ***1.5.1 Sazónadores de caldos o sopas***

Las mezclas de caldos o sopas que sirven como sazónadores de comida son elaborados a partir de productos alimenticios que han sufrido un proceso de deshidratación o concentración, así como de aditivos alimentarios permitidos por la legislación CXS 117-1981 sección 4, que

después de su preparación, conforme las especificaciones del fabricante presentan características de un líquido obtenido a partir de la cocción de carnes, especias y/o vegetales (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2019).

El caldo de pollo en presentación de polvo, granulado, cubo o tableta es un sazonador que incluye en su proceso de elaboración la adición de carne de pollo y/o gallina en forma deshidratada, acompañada de especias y condimentos que luego de ser reconstituido presenta características sensoriales similares a las del producto fresco (Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, 1980).

### **1.5.2 Tipos de sazonadores**

La Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación (1980), indica una clara distinción por tipos (I, II y III) entre los sazonadores de caldo de pollo, diferenciándolos principalmente por su composición y su contenido de grasa añadido. Se puede distinguir el caldo de pollo del caldo de pollo graso, porque este último contiene un mínimo porcentaje de grasa añadido del 12%, así como del caldo de gallina, que si bien, es elaborado a partir de una mezcla de especias y aditivos, el perfil característico de este producto corresponde a este otro tipo de ave.

### **1.5.3 Cinética de deterioro**

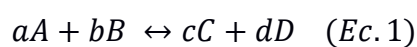
Dada la naturaleza de estos productos alimenticios deshidratados, por su bajo contenido de agua y sus características físicas y químicas, suelen presentar una vida útil prolongada, por lo que, para definir adecuadamente su vida de anaquel y el valor comercial del producto es necesario incursionar en el estudio e investigación de mecanismos cinéticos de degradación de los elementos constituyentes con menor estabilidad de este tipo de alimentos (Torres *et al.*, 2001). En este caso en particular, la vida útil del alimento puede establecerse como el tiempo en el que su función como sazonador de alimentos se vea degradada.

Es importante entender a los alimentos como un sistema complejo, en el que ocurren distintas interacciones entre sus componentes, que producen reacciones químicas asociadas a procesos de transformación y degradación de las características de calidad de estos productos (García *et al.*, 2011). Desde el punto de vista del principio cinético, el deterioro de los alimentos se puede expresar de diversas formas, pero en síntesis consiste en los cambios que se producen en la matriz alimentaria con el paso del tiempo y por acción de diversos factores, como la temperatura.

Singh, como se indica en el trabajo de Ross *et al.* (2003), presentó la clasificación más utilizada en la actualidad, describiendo el deterioro de los alimentos como un proceso de cambios físicos, químicos y/o microbiológicos que afectan a diversas características y funcionalidades de estos productos.

Para poder medir la cinética de deterioro de los alimentos se hace uso de una aproximación basada en la cinética química, que, a través de una reacción con un orden aparente describe la pérdida de uno o varios atributos de calidad en función del tiempo (González-González *et al.*, 2016).

El fundamento de la cinética química explica la velocidad y los mecanismos que provocan que a través de una reacción química se obtengan los productos correspondientes, ayudando a estimar cómo un componente de la matriz alimenticia se degrada hasta convertirse en otros elementos (Ross *et al.*, 2003). Si se considerara este proceso de forma didáctica, se podría representar este comportamiento como se muestra en la ecuación 1, en donde las letras mayúsculas corresponden a los componentes como reactivos y productos y las letras minúsculas representan los coeficientes estequiométricos de la reacción.



Si se fija al componente A como el parámetro o especie de calidad de interés para estudiar su velocidad de reacción y además se deriva en función del tiempo, se puede obtener una ecuación

(Ec. 2) que expresa la velocidad de transformación de una especie en relación con su concentración inicial. En dicha expresión  $k_f$  corresponde a una pseudo constante de velocidad y  $n$  indica el orden de la reacción (Salinas-Hernández *et al.*, 2007).

$$-\frac{d[A]}{dt} = k_f[A]^n \quad (\text{Ec. 2})$$

Si el orden de la reacción es cero, la expresión se representa como en la ecuación 3 y es aplicable al estudio de reacciones de pardeamiento enzimático, no enzimático y de oxidación lipídica; mientras que, si la ecuación es de orden 1, la expresión corresponde a la ecuación 4 y puede explicar procesos de crecimiento microbiano y pérdidas de vitaminas (Ross *et al.*, 2003).

$$-\frac{d[A]}{dt} = k \quad (\text{Ec. 3})$$

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A] \quad (\text{Ec. 4})$$

#### **1.5.4 Estimación de vida útil en alimentos de baja humedad**

Para productos con baja humedad, la ganancia de humedad o el incremento en la actividad de agua representa una condición que repercute significativamente sobre la degradación de su calidad, a tal punto que estos parámetros son comúnmente utilizados para la estimación de la vida útil de estos alimentos mediante la determinación de su humedad crítica (Singh y Anderson, 2004).

La ganancia de humedad en los productos alimenticios depende de varios factores, tales como la actividad de agua inicial del alimento, el tipo de empaque y las condiciones ambientales a las que se ve expuesto (Robertson y Lee, 2021).

Heiss fue el primer autor en estudiar la influencia de la permeabilidad de los empaques en un estado estacionario y con condiciones ambientales constantes en su publicación de 1958, este trabajo se fundamenta sobre la Ley de Fick y lo combina con el modelamiento de las isotermas de adsorción de humedad, logrando sintetizar la simulación de la vida útil de alimentos de baja humedad a través de una aproximación matemática (Escobedo-Avellaneda *et al.*, 2012).

Dentro de los principales modelos matemáticos utilizados para la simulación del tiempo de vida en anaquel de los alimentos secos se encuentra el modelo lineal simple de Karel y Labuza (1969), así como modelos de isoterma no lineales como el de Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) y las ecuaciones de Oswin, Halsey y Chung-Pfost, siendo el modelo de GAB el más utilizado para aplicaciones de predicción en alimentos, debido a su funcionalidad para cubrir rangos completos de cambios en la humedad de los alimentos a ambientes de alta humedad (Wani y Kumar, 2016).

El modelo lineal de isoterma de sorción utilizado para la determinación de la vida útil de los productos secos parte del modelo de GAB que considera 3 parámetros y contiene coeficientes significativos como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{C_g K a_w}{(-K a_w)(1 - K a_w + C_g K a_w)} \quad (Ec. 5)$$

En dónde:

- $a_w$ : actividad de agua.
- $m$ : humedad en peso seco.
- $m_0$ : humedad correspondiente a la saturación a los sitios de adsorción primarios por una molécula de agua.
- $C_g$ : parámetro adimensional de GAB relacionado con el calor de sorción en la región de la monocapa.
- $K$ : parámetro adimensional de GAB relacionado con el calor de sorción en la región multicapa.

Sin embargo, la ecuación descrita anteriormente, no considera la barrera de los empaques y su efecto sobre la degradación de calidad de los alimentos, por tanto, es necesario incluir la influencia de la permeancia del empaque sobre las características de calidad del producto, pero se debe tener en cuenta que la presión de vapor de agua del alimento depende del contenido de

humedad del producto, representado por una isoterma de sorción. Por este motivo esta presión interna del alimento no es una constante (Robertson y Lee, 2021).

En los alimentos de humedad baja e intermedia, la presión de vapor interna viene determinada únicamente por la isoterma de sorción de humedad del alimento, por lo que las presiones internas pueden ser sustituidas por la variación de la actividad de agua, resultando en la siguiente integral:

$$\int_{a_{wi}}^{a_w} \frac{1 + K^2(C_g - 1)(a_w)^2}{(a_{we} - a_w)(1 - Ka_w)^2(1 - Ka_w + C_gKa_w)} da_w = \frac{PAp_0}{XW_s m_0 C_g K} t \quad (Ec.6)$$

En la aproximación matemática de la ecuación 6 se estudia la variación del contenido de actividad de agua hasta un tiempo t, permitiendo estimar el tiempo de vida útil del alimento, una vez que la actividad de agua del producto alcance la actividad de agua crítica, en donde el tiempo será  $t = \theta_s$ . Dada la complejidad del cálculo de esta integral, la tasa de aumento de humedad en los alimentos secos se puede expresar de forma simplificada como:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\bar{P}_w A}{XW_s} p_0 \left( a_{we} - \frac{\left(-\beta + \frac{1}{m}\right) - \sqrt{\left(\beta - \frac{1}{m}\right)^2 - 4\alpha\varepsilon}}{2\alpha} \right) \quad (Ec.7)$$

Esta ecuación diferencial puede ser resuelta mediante el método de Euler quedando una ecuación linealizada y simplificada que representa la aproximación lineal de las isotermas utilizadas por Karel y Labuza (1969):

$$\ln \frac{m_e - m_i}{m_e - m_c} = \left[ \frac{P A p_0}{X W_s b} \right] \theta_s \quad (Ec.8)$$

La ecuación 8 describe el modelo lineal de isotermas de sorción para alimentos de humedad baja e intermedia, de donde se puede simular bajo un pseudo-equilibrio de ganancia de humedad el tiempo de vida de estos alimentos, representado como  $\theta_s$ .

### ***1.5.5 Factores que influyen en la vida útil de los sazoadores***

Existen factores que tienen influencia directa sobre la estabilidad o el tiempo de vida útil de alimentos, debido a que provocan la degradación de los atributos de calidad de relevancia comercial para estos productos. Dichos parámetros pueden ser ambientales como la presión, la luz solar, la presencia de oxígeno y la humedad relativa, así como también, pueden estar asociados a factores de composición de la matriz alimentaria, tal como la concentración de los ingredientes, el pH del producto e inclusive el tipo de empaque utilizado (Espinoza, 2019).

En el caso del proceso de degradación de saborizantes y sazoadores, los principales factores que tienen influencia son la luz solar, la humedad relativa y la presencia de oxígeno, pues provocan un deterioro en los pigmentos naturales de las especias, enranciamiento lipídico y pérdida de los componentes volátiles de estos productos, lo que a su conlleva a un cambio en la aceptación sensorial de los sazoadores, pues la percepción de los consumidores con respecto a la funcionalidad de estos alimentos se ve sesgada y puede provocar un rechazo de su consumo (Ramírez, 2021).

### ***1.5.6 Estudios de estabilidad acelerada***

Los productos en polvo o las mezclas de polvos presentan una actividad de agua baja, entre 0,2 y 0,6, lo que conlleva una mayor estabilidad de conservación en el tiempo, generando que estudiar su deterioro se convierta en una tarea que requiere de la inversión excesiva de recursos (Ramírez, 2021).



Sin embargo, es importante mencionar que, para poder establecer una cinética de deterioro aproximada matemáticamente al comportamiento real de este tipo de alimentos, se puede hacer uso de pruebas de estabilidad aceleradas que consisten en la incubación de los alimentos poco perecederos a condiciones controladas de temperatura y humedad, generalmente por encima de los escenarios de distribución y almacenamiento, para acortar el tiempo de obtención de información de su cinética degradativa (García et al., 2011).

#### ***1.5.7 Impacto de la cadena de distribución sobre el deterioro de los sazónadores***

El impacto de la cadena de distribución y las condiciones de almacenamiento de los productos alimenticios sobre su estabilidad puede llegar a ser un factor significativo en el proceso degradativo anticipado de los alimentos, haciendo necesario comprender la importancia de reforzar la trazabilidad sobre estos puntos de la cadena de valor en conjunto con las empresas encargadas de gestionar la distribución a los puntos de ventas, de modo que se asegure la calidad de los sazónadores hasta su llegada a los consumidores, pudiendo reducir la generación de desperdicios causados por una mala manipulación de los alimentos en estas etapas (Gutiérrez, 2021).

La cadena de distribución es una fase en que las empresas tienen menos control sobre el manejo de sus productos, y en donde se presentan una serie de situaciones que pueden reducir la vida útil de los alimentos, principalmente por un mal manejo en el tiempo, la forma y las condiciones de distribución estipuladas por el fabricante, produciendo cambios en la estabilidad, acarreando problemas de reclamos de consumidores e incluso la producción de desechos alimenticios significativos, que impactan sobre el medio ambiente y ponen en riesgo la imagen y confiabilidad de las marcas frente a sus consumidores (Carrillo y Reyes, 2013).

## **Capítulo 2**

## 2. Metodología

Para llevar a cabo la experimentación, se evaluaron los cambios en la coloración, contenido de humedad y aceptación a través de pruebas sensoriales de los sazoadores.

### 2.1 Diseño experimental

El diseño experimental consistió en aplicar un análisis comparativo de medias entre dos tipos de sazoadores con el fin de identificar si existe diferencia significativa entre sus propiedades de color al finalizar la experimentación. Dado que este análisis examinaba el comportamiento de dos medias independientes, se realizó la prueba t de Student.

**Tabla 1**

*Codificación de las muestras de estudio de sazoador en cubo*

Identificación	Muestra
SG	Sin grasa añadida
CG	Con grasa añadida

### Hipótesis

Para determinar la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, se usó una versión gratuita del software MiniTab, estableciendo un nivel de significancia  $\alpha$  de 0,05.

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** No existe diferencia significativa en los parámetros de color  $L^*$  y  $b^*$  entre los dos tratamientos.
- **Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** Existe diferencia significativa en los parámetros de color  $L^*$  y  $b^*$  entre los dos tratamientos.

## 2.2 Medición del color

El color de la muestra SG se midió a 45°C, simultáneamente con los análisis de humedad y actividad del agua realizados para obtener la isoterma. Para ello se empleó un colorímetro (NH-300/310, 3NH). El equipo se calibró utilizando baldosas de calibración blancas y negras, y se seleccionó el modo de medición CIE Lab\*. Se registraron los valores obtenidos, y se repitió este proceso posteriormente para las muestras GC.

## 2.3 Obtención de la isoterma de adsorción

### 2.3.1 Preparación de la muestra

Se colocaron 300 g de la muestra SG en una estufa al vacío (Mettler SN 75) a 60 °C y se sometió a una presión de vacío de 100 mbar, durante un período de 15 horas. Durante este proceso, se controló periódicamente el peso de la muestra hasta alcanzar un peso constante, lo que garantizaba la eliminación completa de la humedad. El mismo procedimiento se realizó para la muestra CG.

### 2.3.2 Determinación gravimétrica para la obtención de datos experimentales

Para la obtención de la isoterma de adsorción se empleó el método de determinación gravimétrica, que consistió en colocar la muestra SG previamente preparada en una cámara climática (Mettler ICH750), mantenida a 35°C y con una humedad relativa del 80%, para simular sus condiciones de distribución. Cada 15 minutos se extrajeron 10 g para las mediciones por duplicado de color, actividad de agua y contenido de humedad utilizando un colorímetro, un medidor de  $a_w$  y una termobalanza, respectivamente. Este procedimiento se realizó durante un período de dos horas y media, posteriormente se repitió el mismo procedimiento para la muestra CG.

Una vez obtenidos los datos del contenido de humedad frente a los valores correspondientes de la actividad de agua, se construyó la isoterma de adsorción del producto.

#### 2.4 Modelización de la isoterma

Los datos experimentales se analizaron utilizando el modelo GAB, descrito por la ecuación 5, empleando Microsoft Excel versión 2410 para el análisis de regresión.

#### 2.5 Estimación del tiempo de vida útil

Para predecir la vida útil, se utilizó Microsoft Excel versión 2410, mediante la ecuación 8 descrita en el capítulo anterior.

#### 2.6 Evaluación Sensorial

Para el análisis sensorial, se realizó una prueba de aceptación evaluando las características de sabor, color y olor utilizando una escala hedónica de 7 puntos, como se muestra en la tabla 2 y un panel de 30 jueces no entrenados. Se utilizó agua y galletas de soda como limpiadores del paladar.

**Tabla 2**

*Escala hedónica de 7 puntos utilizada para la prueba de aceptación sensorial*

<b>Puntaje</b>	<b>Calificación</b>
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta ligeramente
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Para el análisis estadístico, se realizó una prueba t de Student considerando como mínimo una puntuación de aceptación de 5. Para esto, se usó una versión gratuita del software MiniTab. Se siguió el mismo procedimiento para la muestra de GC.

### **Hipótesis**

Para determinar la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, se estableció un nivel de significancia  $\alpha$  de 0,05.

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):**  $\mu \geq 5$  las muestras tienen un nivel de aceptación mayor o igual a 5
- **Hipótesis alterna ( $H_1$ ):**  $\mu < 5$ , el nivel de aceptación de las muestras es menor a 5

### **2.7 Propuesta de distribución de la línea de producción**

Se empleó el método Planificación sistemática del trazado (SLP, por sus siglas en inglés), mediante la realización de la tabla de relación de actividades y matriz de necesidades de espacio, para evaluar la proximidad espacial y las interacciones entre las etapas productivas y no productivas dentro de la línea. Este análisis consideró los requerimientos espaciales y la eficiencia del flujo de trabajo en cada etapa (Khariwal *et al.*, 2021).

Posteriormente, se utilizó el software Corelap, versión gratuita para obtener el layout de la propuesta de distribución de la línea de producción. Para representar de manera más detallada el diseño, se utilizó la herramienta LucidChart en versión limitada.

## Capítulo 3

### 3. Resultados y análisis

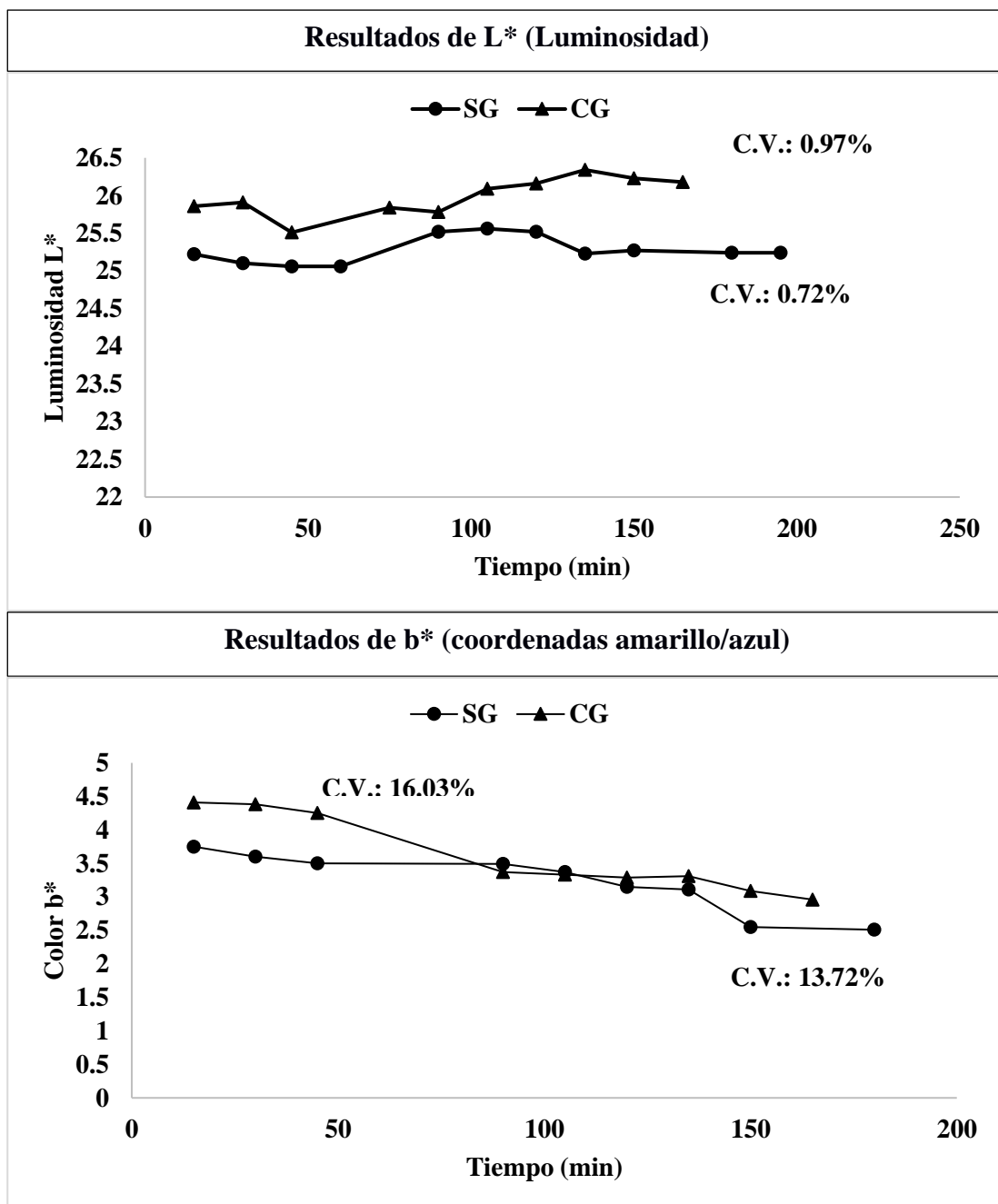
#### 3.1 Diseño Experimental

##### 3.1.1 Resultados del parámetro de color

Se obtuvieron los siguientes datos del atributo color, para las dos muestras:

**Figura 1**

Resultados de los parámetros  $L^*$  y  $b^*$  para ambas muestras





En la figura 1 se observa los resultados correspondientes a la luminosidad y al eje cromático amarillo/azul o también denominado  $b^*$ , que para el caso específico del sazoador se ubica sobre el eje del color amarillo.

No se observan tendencias significativas de aumento o disminución en la luminosidad  $L^*$  en ninguna de las dos muestras, como se muestra en los mínimos coeficientes de correlación. Esto indica que la luminancia se mantiene constante a lo largo del tiempo, sin indicios de degradación. Sin embargo, el gráfico de las coordenadas  $b^*$  muestra una clara tendencia decreciente, que refleja la degradación de este parámetro. Aunque sus coeficientes de correlación no son especialmente elevados, son notablemente superiores en comparación con los de  $L^*$ . Para que exista un cambio significativo en las mediciones, el porcentaje de coeficiente de correlación debe ser mínimo 30% (Aronhime *et al.*, 2014).

La muestra con grasa añadida posee mayor valor de  $b^*$  en comparación con la muestra sin grasa. Sin embargo, en ambas muestras se observa una importante degradación conforme pasaba el tiempo y la exposición a las condiciones de la cámara climática.

Es importante mencionar que el color de ambos sazoadores proviene de los curcuminoides, los cuales son pigmentos naturales propios de la cúrcuma y que resultan muy sensibles a la luz y a la degradación química. Dicha degradación química corresponde a una oxidación del color provocada por radicales libres, peróxidos y principalmente por las especies reactivas del oxígeno, siendo crucial el control y manejo de las humedades para la conservación de este pigmento, puesto que un aumento en la humedad del producto provoca la hidratación del mismo, acelerando la degradación del color característico en este tipo de alimentos (González-Albadalejo *et al.*, 2015). Para corroborar si el porcentaje de grasa añadida influye en la degradación de color se realizó una prueba comparativa de medias.

### 3.1.2 Análisis estadístico

Para calcular el valor estadístico p, se realizó una prueba t de dos muestras para comparar las medias utilizando el programa Minitab, obteniendo:

**Tabla 3**

*Análisis estadístico del color para ambos sazonadores*

<b>Análisis estadístico de la L*</b>				
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>
SG L*	9	25,288	0,178	0,059
CG L*	9	25,970	0,328	0,11

$\mu_1$ : media de SG L\*;  $\mu_2$ : media de CG L\*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>
-5,49	16	0,000

---

<b>Análisis estadístico del parámetro b*</b>				
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>
SG b*	9	3,226	0,443	0,15
CG b*	9	3,599	0,577	0,19

$\mu_1$ : media de SG b\*;  $\mu_2$ : media de CG b\*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>
-1,54	16	0,143

Para el parámetro  $L^*$  de luminosidad en las muestras evaluadas, el valor  $p$  es menor al nivel de significancia, por lo que existe una diferencia significativa de este atributo. Dicha diferencia puede ocurrir debido a que los medios grasos generalmente presentan un índice de refracción mayor al de la grasa (que se encuentra entre 1,45 y 1,47) en comparación con el del agua que es menor, por lo que, a través del proceso de dispersión de la luz, los colores propios de la cúrcuma se ven saturados o intensos, por el cambio en la interacción de la luz con los pigmentos (Gao *et al.*, 2022).

Por otra parte, en el espectro  $b^*$ , se obtuvo un valor  $p$  mayor al grado de significancia (0,05). Esto indica que no hay suficiente evidencia para negar la hipótesis nula, es decir, no existe diferencia significativa entre las medias de ambas muestras.

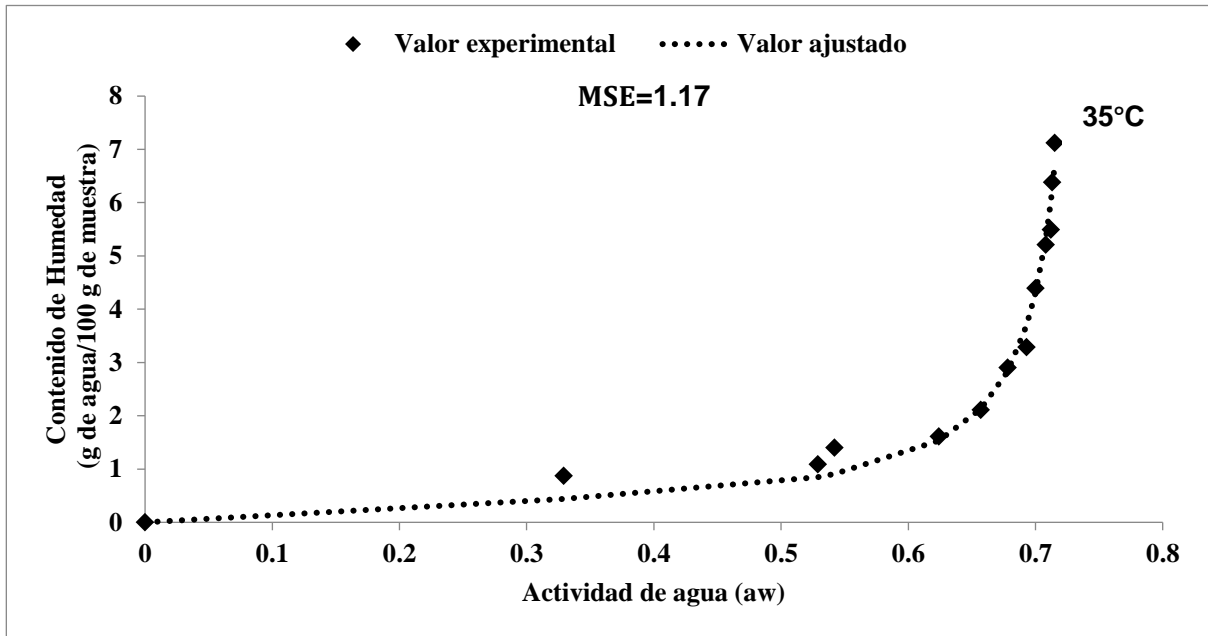
Por consiguiente, no se puede afirmar que la presencia o ausencia de grasa en las muestras de sazónador influya en la degradación del parámetro  $b^*$ . Sin embargo, investigación de otros autores, como el de Romo (2023), indican que la presencia de peróxidos propios de la oxidación de las grasas o incluso la presencia de radicales libres aceleran la degradación natural de la curcumina, por lo que, si podría ser un cofactor a considerar en la pérdida del color en los sazónadores.

### 3.1.3 Obtención de la isoterma de adsorción

Aplicando el modelo de isotermas de GAB, se obtuvo lo siguiente:

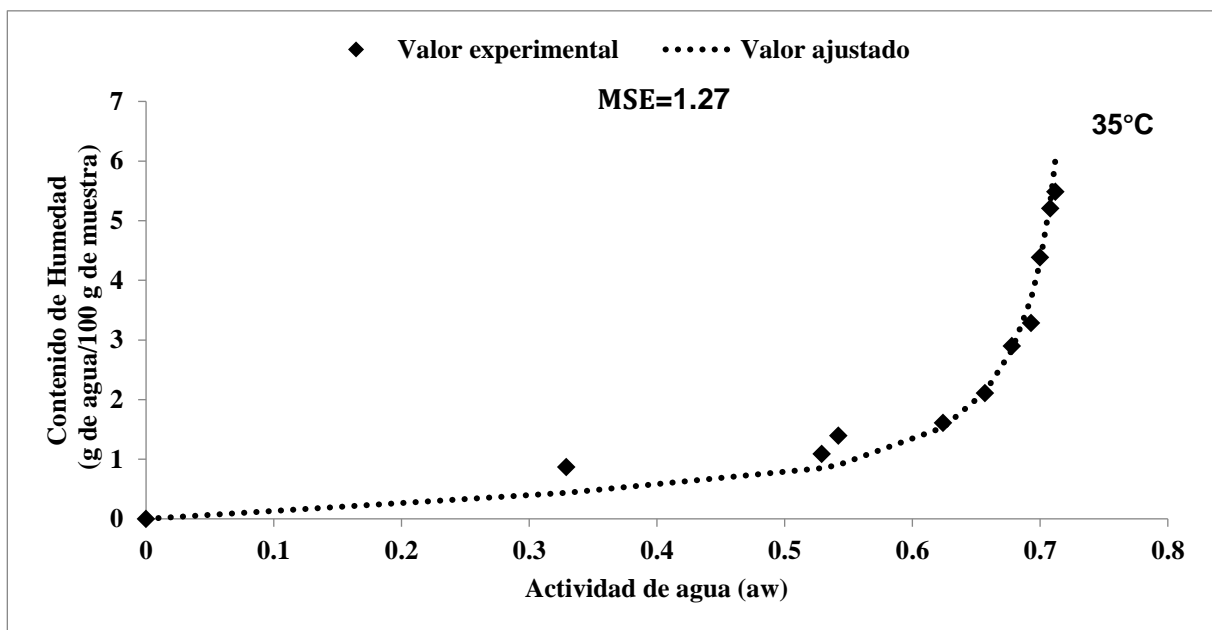
**Figura 4**

*Isoterma de adsorción de humedad del sazónador SG*



**Figura 6**

*Isoterma de adsorción de humedad del sazónador CG*



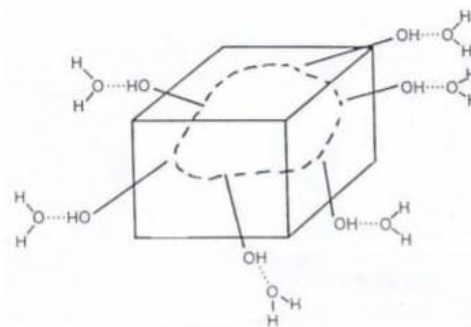
Las figuras 2 y 3 representan las isothermas de adsorción experimentales de los sazonadores SG y CG respectivamente, se puede observar que la tendencia de estas isothermas son de la forma semi parabólica crecientes, lo que indica la disponibilidad para la captación de agua sobre la estructura de este tipo de alimentos a base de mezclas de polvos complejas (Álvarez, 2006).

Este tipo de comportamientos es característico de los productos con estructuras cristalinas, como por ejemplo el azúcar o la sal, se puede observar en las figuras una tendencia de incremento en la humedad a partir de una actividad de agua entre 0,5 y 0,6, donde la unión de los grupos hidroxilos (OH) propios de los cristales con mayor higroscopicidad se enlazan con el agua disponible en el medio y se adhieren a su superficie (Labuza, 1984).

El fenómeno anteriormente descrito ocurre debido a que, a una actividad de agua baja, el efecto dieléctrico de la molécula de agua no es capaz de romper las interacciones entre las moléculas formadas por el producto, pero con el incremento de este parámetro, se logra una interacción que causa la disociación de los enlaces intermoleculares, permitiendo que el agua ingrese dentro del cristal, provocando la disolución de la molécula o reflejando nuevas estructuras, como se observa en la figura 4 (Labuza, 1984). El agua libre en el producto aumenta, en este caso a partir de una actividad de agua de 0,5.

### Figura 9

*Absorción del agua sobre la superficie de un material cristalino*



*Nota.* Tomado de *Moisture Sorptin*, de Labuza, 1984, p. 5

### 3.1.4 Estimación del tiempo de vida útil

Las isotermas obtenidas permitieron calcular posteriormente, mediante la aproximación matemática de la ecuación de GAB (Ec. 8), el tiempo de vida útil estimado para los dos sazoadores, bajo las condiciones previamente planteadas de distribución y almacenamiento en su lugar de destino.

**Tabla 4**

*Tiempo de vida útil estimado mediante la ecuación de GAB para los sazoadores*

<b>Muestra</b>	<b>Tiempo de vida útil estimado</b>
Sin grasa añadida (SG)	8 meses
Con grasa añadida (CG)	7 meses y 16 días

Como se observa en la tabla 4, el sazoador que contiene grasa añadida presenta una menor resistencia a la ganancia de humedad, que fue el parámetro normativo que definió el corte en el tiempo de vida útil de las muestras estudiadas, probablemente, este comportamiento se debe a que la degradación natural de la grasa a través de los mecanismos de oxidación hayan provocado una aceleración en las reacciones de deterioro, que conlleva a una mayor ganancia de humedad en el alimento.

Los tiempos estudiados presentan un error cuadrático de medición bajo, de 1,27 y 1,17 respectivamente. Por lo que la aproximación del cálculo detalla el comportamiento cercano a la realidad del producto, representando una disminución considerable en la vida de anaquel de los sazoadores, que originalmente es de 12 meses, conllevando a mejorar las estrategias de venta, para disminuir el tiempo de rotación de los cubos en el mercado y evitar así el retiro anticipado de los sazoadores.

### 3.1.5 Resultados de la evaluación sensorial

Debido a que el tamaño de la muestra poblacional es de 30 personas, según el teorema del límite central, se puede asumir una distribución normal de datos. Por ende, se puede utilizar la prueba paramétrica de t-Student para el análisis estadístico.

**Tabla 5**

*Análisis estadístico de t-Student para los atributos sensoriales del sazónador SG*

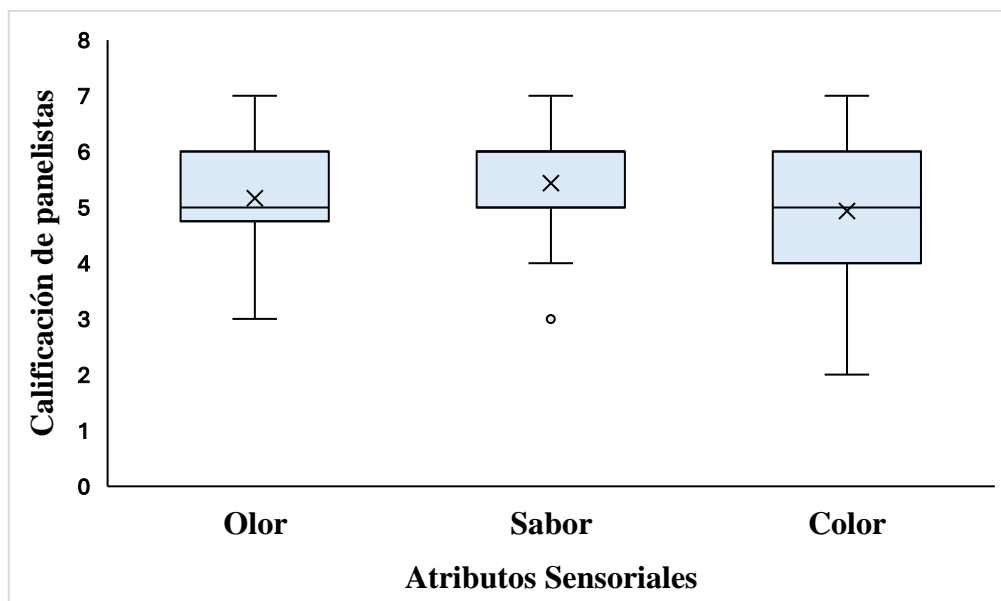
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para $\mu$
Olor	30	5,167	1,117	0,204	5,513
Sabor	30	5,433	1,006	0,184	5,746
Color	30	4,933	1,311	0,239	5,340

$\mu$ : media de Olor; Sabor; Color

Hipótesis nula		$H_0: \mu = 5$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu < 5$
Muestra	Valor T	Valor p
Olor	0,82	0,790
Sabor	2,36	0,987
Color	-0,28	0,391

**Figura 12**

*Diagrama de cajas de los atributos sensoriales evaluados del sazónador SG*



De acuerdo a la tabla 5, para la muestra SG, el valor de significancia p es mayor que el nivel de significancia de 0,05 en los tres atributos evaluados sensorialmente, por lo que no existe diferencia significativa entre los datos, indicando que los panelistas muestran agrado por la calidad sensorial del sazoador SG.

Sin embargo, al observar el diagrama de cajas de la figura 5, se puede observar una tendencia de menor aceptación por el color del cubo luego de los 8 meses de vida útil, de igual manera en los comentarios emitidos en la evaluación sensorial, adjuntados en el apéndice A, tabla 9, se evidencia que se debe mejorar este atributo, porque es lo primero que los consumidores observan del cubo al momento de abrir el empaque y en el mercado internacional podría repercutir negativamente sobre la aceptación del producto.

**Tabla 6**

*Análisis estadístico de t-Student para los atributos sensoriales del sazoador CG*

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para $\mu$
Olor	30	3,933	1,437	0,262	4,379
Sabor	30	4,467	1,697	0,310	4,993
Color	30	5,233	1,251	0,228	5,621

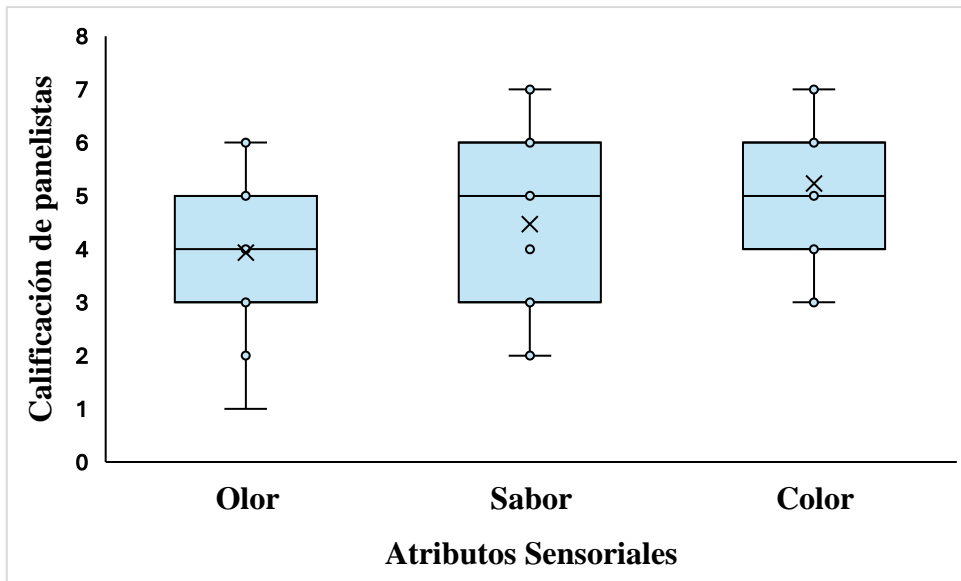
$\mu$ : media de Olor; Sabor; Color

Hipótesis nula		$H_0: \mu = 5$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu < 5$
Muestra	Valor T	Valor p
Olor	-4,07	0,000
Sabor	-1,72	0,048
Color	1,02	0,842



**Figura 15**

*Diagrama de cajas de los atributos sensoriales evaluados del sazónador*



De la tabla 6, el valor p es menor a 0,05 para los atributos de olor y sabor, por lo que existe diferencia significativa, indicando que son atributos no tan agradables para las personas, mostrando una correlación con el diagrama de cajas de la figura 6, en dónde se observa la tendencia a no aceptar por parte de los consumidores de estos atributos, incluso en los comentarios de la prueba sensorial, hacen mención a sabores desagradables y metálicos como retrogusto del sazónador, propios de la oxidación de la grasa (Shahidi & Oh 2020).

Estos resultados concuerdan con los datos obtenidos mediante las isothermas de adsorción, en dónde se proyecta mediante el modelo de GAB que el producto con grasa añadida presenta una vida útil más corta, porque los radicales libres y los peróxidos actúan como catalizadores de las reacciones de degradación en el alimento.

El atributo del color es el único que no presenta diferencia significativa al tener un valor p mayor al nivel de significancia, mostrando una mejor tendencia de preferencia que el color del sazónador SG.

### 3.1.6 Propuesta de línea de producción de sazónadores

Para proponer un modelo de distribución de la producción de sazónadores en forma de cubo, se inició el análisis examinando la proximidad espacial de las fases productivas y no productivas dentro del proceso de producción. Esto se logró mediante el desarrollo de una tabla de actividad relacional, que sirve como representación gráfica, ilustrando la proximidad entre diversas áreas de actividades (Weng *et al.*, 2019).

La representación emplea códigos de proximidad y motivos representados por letras y números, respectivamente, como se muestra en la Figura 7.

**Figura 18**

*Tabla Relacional de Actividades*

Actividades	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Oficinas	Laboratorios	Almacenamiento	Empacado	Selección y clasificación	Formado y compactación	Tamizado	Mezclado de ingredientes	Premezclado	Pesado de ingredientes	Recepción de materia prima
1 Recepción de materia prima	O6	E3	U3	I7	O1	O1	O1	U1	I1	I1	-
2 Pesado de ingredientes	U5	U1	U3	O1	O1	U1	O1	I1	A1	-	-
3 Premezclado	X5	U1	U3	O1	O1	U1	I1	A1	-	-	-
4 Mezclado de ingredientes	X5	U1	U3	O1	O1	I1	A1	-	-	-	-
5 Tamizado	X5	U1	U3	U1	O1	E1	-	-	-	-	-
6 Formado y compactación	X5	U1	U3	I1	E1	-	-	-	-	-	-
7 Selección y clasificación	U3	U1	U1	E1	-	-	-	-	-	-	-
8 Empacado	X6	I3	E1	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Almacenamiento	U6	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 Laboratorios	U3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 Oficinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Motivo	
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Frío
5	Malos olores, ruidos.
6	Seguridad del Producto
7	Utilización material común
8	Accesibilidad

Código	Proximidad	Color Asociado
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	-
X	Rechazable	Marrón

La superficie estática corresponde al espacio fijo ocupada por equipos y materiales que no cambian durante el flujo de proceso. La superficie gravitatoria considera el espacio que se utiliza alrededor de los equipos y puestos de trabajo y el material que se maneja en la planta. Por último, la superficie evolutiva toma en cuenta el espacio necesario para que el personal pueda desplazarse, influidos por factores como las fluctuaciones del volumen de producción y las actualizaciones de los equipos (Vega et al., 2023).

En la figura 8, se observa que se necesitan superficies considerables para etapas como la recepción de materia prima y almacenamiento de producto terminado. Estas etapas representan grandes bodegas en dónde se almacenan los productos destinados a ser utilizados y distribuidos posteriormente.

**Figura 21**

*Estimación de las necesidades de espacio para cada área*

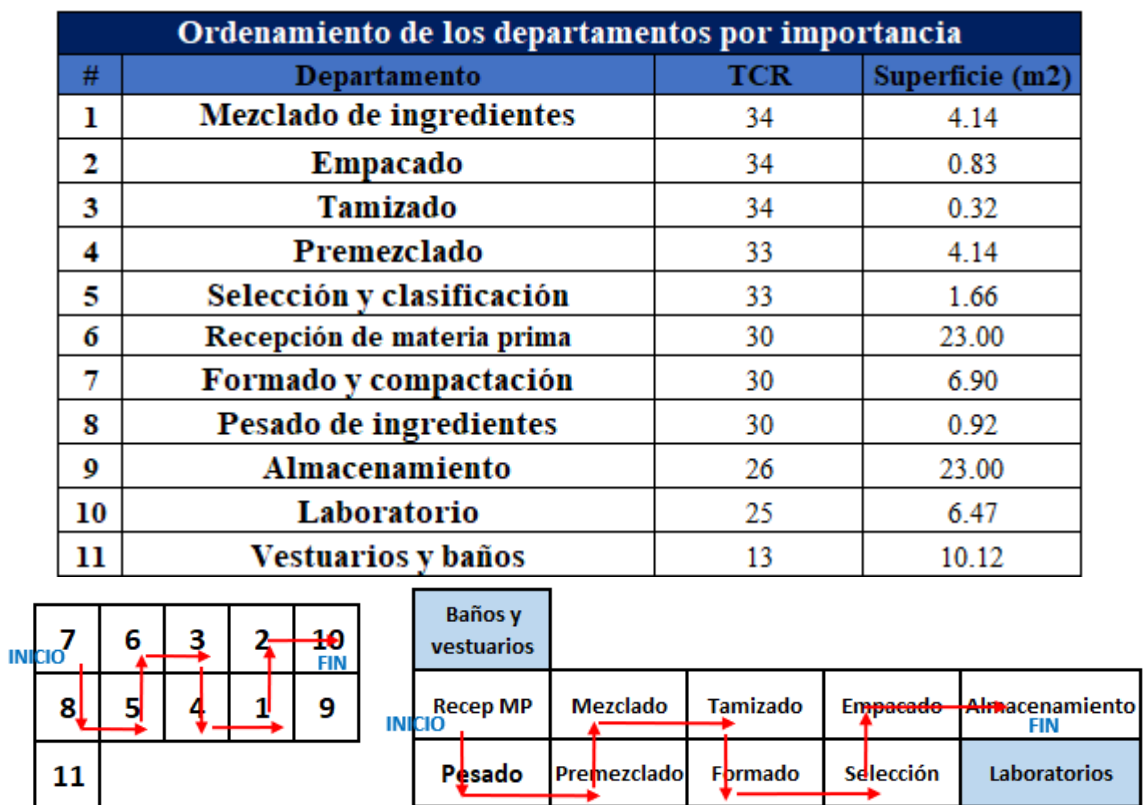
			Área m <sup>2</sup>	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (ESTATICA)						Sg (GRAVITACION)		Se (EVOLUCION)		Total Ss+Sg+Se	Área total por departamento	
Capacidad total m2	96	8	12	Medidas			Volumen	Área	# Lados usados	Área	Coficiente K	Área						
Departamento	Actividad	Equipo	Capacidad [kg/h]	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>			
1	Bodega de MP	Recepción de materia prima	Bodega	1000 Kg	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	12.00	4.00	4.00	16.00	0.15	3.00	23.00	<b>23.00</b>
2	Area de mezclado	Pesado de ingredientes	Balanza industrial	500 Kg	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40	0.50	0.10	0.20	3.00	0.60	0.15	0.12	0.92	<b>9.51</b>
		Premezclado	Mezclador en V	500 Kg	1.80	1.00	2.00	1.80	1.00	2.00	3.60	1.80	1.00	1.80	0.15	0.54	4.14	
		Mezclado de ingredientes	Mezclador en V	500 kg	1.80	1.00	2.00	1.80	1.00	2.00	3.60	1.80	1.00	1.80	0.15	0.54	4.14	
		Tamizado	Tamizador	50 kg	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.03	0.09	2.00	0.18	0.15	0.04	0.31	
3	Area de envasado	Formado y compactación	Compactadora	25 kg	1.50	1.00	0.25	1.50	1.00	0.25	0.38	1.50	3.00	4.50	0.15	0.90	6.90	<b>9.38</b>
		Selección y clasificación	Rieles	25 kg	1.20	0.40	1.00	1.20	0.40	1.00	0.48	0.48	2.00	0.96	0.15	0.22	1.66	
		Empacado	Empacadoras	25 kg	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	1.60	0.58	0.36	1.00	0.36	0.15	0.11	0.83	
4	Bodega de PT	Almacenamiento	Bodega	1000 kg	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	12.00	4.00	4.00	16.00	0.15	3.00	23.00	<b>23.00</b>
5	Calidad	Laboratorio	Mesa de trabajo	300 kg	1.50	0.75	0.90	1.50	0.75	0.90	1.01	1.13	4.00	4.50	0.15	0.84	6.47	<b>16.59</b>
		Vestuarios y baños	Cuarto		2.00	1.10	5.00	2.00	1.10	5.00	11.00	2.20	3.00	6.60	0.15	1.32	10.12	
																	<b>81.48</b>	

Una vez obtenidas las superficies totales y la tabla de relación de actividades, se empleó la herramienta constructiva CORELAP. Este algoritmo utiliza metodologías constructivas para desarrollar una distribución óptima, como se ilustra en la figura 9. La distribución generada permitió que las fases con un mayor grado de proximidad se sitúen lo más cerca posible unas de otras, facilitando así un flujo secuencial ininterrumpido del proceso de producción (Moreira *et al.*, 2021).

Por el contrario, las fases no productivas, como los baños y los laboratorios, se situaron a alejadas de las zonas de producción del sazoador. Esta disposición espacial está diseñada para mitigar el riesgo de contaminación alimentaria.

**Figura 22**

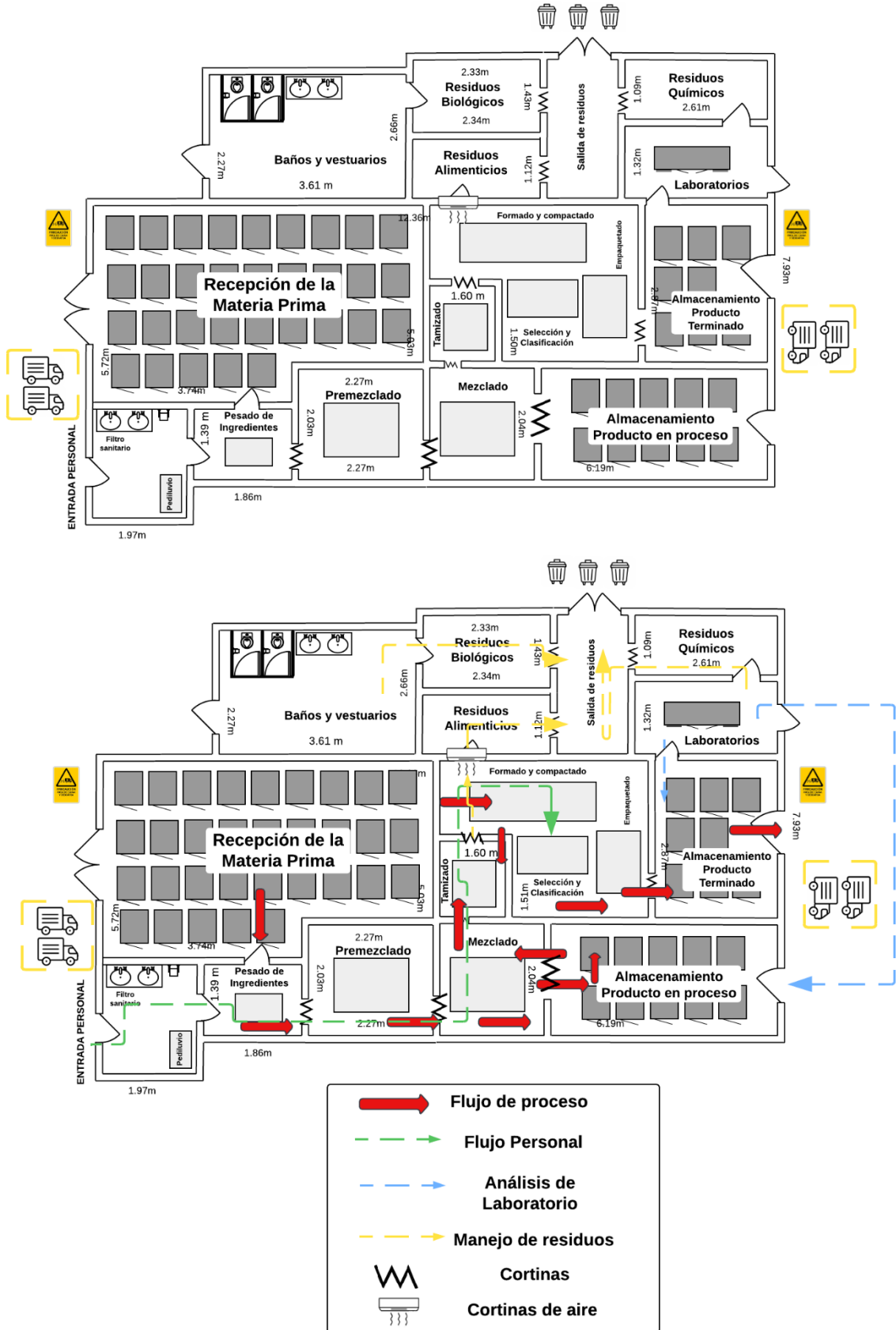
*Distribución desarrollada por Corelap*



Finalmente, se utilizó la herramienta de diagramación LucidChart para representar visualmente la disposición propuesta para la planta de producción de sazonadores. Este diagrama no sólo ilustra la disposición espacial de las distintas fases de producción, sino que también muestra el flujo del proceso, del personal, la gestión de residuos y las zonas de filtro sanitario.

**Figura 25**

*Distribución de la línea de producción de sazonadores*



## Capítulo 4

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

Finalmente, mediante la aplicación de la metodología descrita y el análisis de resultados, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las isotermas de adsorción de los sazoadores se determinaron mediante el método GAB, lo que permitió estimar una vida útil de aproximadamente 8 meses para el sazoador sin grasa y de 7,5 meses para el con grasa. Estos resultados reflejaron la utilidad de las isotermas de adsorción para la predicción de la estabilidad en el tiempo de los alimentos de media a baja actividad de agua.
- La evaluación sensorial reveló diferencias significativas en la aceptación de los dos sazoadores. El sazoador SG fue recibido positivamente en cuanto a olor, color y sabor, incluso al final de su vida útil. Por el contrario, el sazoador CG recibió comentarios negativos respecto a olor y sabor, y los panelistas señalaron la presencia de sabores metálicos desagradables comúnmente asociados a la oxidación de grasas.
- La aplicación de la metodología de Planificación Sistemática del trazado (SLP) permitió el desarrollo de un diseño de línea de producción para sazoadores en cubos. Al utilizar un espacio de aproximadamente 82 m<sup>2</sup> e incluir áreas productivas y no productivas, el layout propuesto, demostró una continuidad entre las operaciones y flujos de actividades.

## 4.2 Recomendaciones

Comprender la vida útil de un producto es crucial para garantizar la seguridad, la calidad y la satisfacción del consumidor. Por tal motivo, se presentan varias recomendaciones que puedan mejorar esta investigación y sus hallazgos.

- Es recomendable incorporar pruebas de indicadores microbiológicos para determinar con precisión la vida útil del producto. Los microorganismos pueden degradar significativamente los productos alimenticios, volviéndolos inseguros para el consumo humano incluso antes de que otros indicadores de calidad muestren signos de deterioro.
- Sería beneficioso, realizar análisis sobre la degradación de compuestos críticos como vitaminas, pigmentos y sabores. Se pueden emplear técnicas avanzadas como la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) y la espectroscopia para cuantificar estos cambios a lo largo del tiempo y observar su influencia en la aceptación del consumidor.
- Resultaría conveniente, evaluar características sensorial adicionales, en particular los cambios en la textura y la estructura de los sazoadores a lo largo del tiempo. Estos parámetros pueden afectar significativamente las preferencias y la aceptación final del mercado.
- Podría ser buena opción, utilizar pruebas aceleradas de vida útil junto con la ecuación de Arrhenius o el modelo Q10. Estos métodos permiten extrapolar datos para estimar cómo se comportarán los productos a diversas condiciones de almacenamiento.
- Se aconseja realizar pruebas sensoriales con una muestra de personas del target internacional al que está dirigido el producto, de tal forma que estos datos brinden mayor seguridad y sean representativos sobre la aceptación de los atributos de los sazoadores.



## Referencias

- Álvarez, V. (2006). *Efecto de las condiciones de almacenamiento en el tiempo de vida útil de productos de consumo masivos de baja humedad empacados en películas plásticas* [Trabajo de investigación no publicado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Aronhime, S., Calcagno, C., Jajamovich, G. H., Dyvorne, H. A., Robson, P., Dieterich, D., & Taouli, B. (2014). DCE-MRI of the liver: effect of linear and nonlinear conversions on hepatic perfusion quantification and reproducibility. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 40(1), 90-98.
- Carrillo, M. y Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA*, 2(3).
- Escobedo-Avellaneda, Z., Velazquez, G., Torres, J. y Welti-Chanes, J. (2012). Inclusion of the variability of model parameters on shelf-life estimations for low and intermediate moisture vegetables. *LWT- Food Science Technology*, 47, 364-370.
- Espinoza, E. (2019). Evaluación de la vida útil de los alimentos (Shelf life): Efecto de la temperatura. *Ciencia & Desarrollo*, 4, 90-94.
- Gao, H., Cheng, C., Fang, S., McClements, D., Ma, L., Chen, X., Zou, L., Liang, R. y Liu, W. (2022). Study on curcumin encapsulated in whole nutritional food model milk: Effect of fat content, and partitioning situation. *Journal of Functional Foods*, 90 (1), 1-10.
- García, C., Chacón, G. y Molina, M. (2011). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperaturas. *Ingeniería*, 21(2), 31-38.
- Gelaye, Y. (2024). A review of storage temperature and relative humidity effects on shelf life and quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit and implications for nutrition insecurity in Ethiopia. *Open Agriculture*, 9(1), 202202

- González-Albadalejo, J., Sanz, D., Claramunt, R., Lavandera, J., Alkorta, I. y Elguero, J. (2015). Curcumina y curcuminoides: química, estudios estructurales y propiedades biológicas. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 81 (4), 278-310.
- González-González, G., Pirovani, M., Piagentini, A., Ulín-Montejo, F., Miranda-Cruz, E., Osorio-Osorio, R., Maldonado-Enríquez, J. y Salinas-Hernández, R. (2016). Cinética de cambios sensoriales y vida de anaquel de carambola mínimamente procesada. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 39(4), 393-402.
- Gutiérrez, G. (2021). *Estudio de la cadena de suministro de alimentos perecederos* [Trabajo de investigación no publicado]. Universidad de Lima.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2019). Mezclas para preparar caldos, consomés, sopas y cremas. Requisitos. NTE INEN 2602.
- Ishangulyyev, R., Kim, S., & Lee, S. H. (2019). Understanding food loss and waste—why are we losing and wasting food?. *Foods*, 8(8), 297.
- Karel, M. y Labuza, T.P. (1969). Optimization of protective packaging of space foods. U.S. Air Force Contract F-43-609-68-C-0015. Aerospace Medical School, San Antonio, TX.
- Khariwal, S., Kumar, P., & Bhandari, M. (2021). Layout improvement of railway workshop using systematic layout planning (SLP)—A case study. *Materials Today: Proceedings*, 44, 4065-4071.
- Labuza, T.P. (1984). *Moisture Sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
- Moreira, M., Macías, M. V. M., Zambrano, D. B. V., Macías, Y. M. A., & Villafuerte, C. R. D. (2021). Evaluación de la distribución del espacio en la planta incubadora ESPAM-MFI mediante el algoritmo corelap. *Revista Espamciencia*, 12(1), 69-74

- Oliveira, L. L. D., da Silva, A. L., Pereira, C. R., & Chaudhuri, A. (2023). The stakeholder's roles in risk management related to food supply chain recalls: a systematic literature review. *The International Journal of Logistics Management*, 34(1), 106-129.
- Ramírez, C. (2021). *Análisis de estabilidad sensorial en almacenamiento de emulsiones saborizadas de la empresa Disaromas S.A.* [Trabajo de investigación no publicado]. Universidad Nacional de Colombia.
- Robertson, G.L. y Lee, D.S. (2021). Comparison of linear and GAB isotherms for estimating the shelf life of low moisture foods packaged in plastic films. *Journal of Food Engineering*, 291.
- Romo, L. (2023). *Desarrollo de emulsiones multicapa con curcumina y su efecto en las características fisicoquímicas del yogurt* [Trabajo de investigación no publicado]. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Ross, G., Palazón, M. A., Vidal, M. L., Abellán, P. y Romero, F. (2003). Revisión: cinética de los procesos de deterioro de los alimentos. *Alimentación, equipos y tecnología*, 22(183), 61-68.
- Salinas-Hernández, R. M., González-Aguilar, G. A., Pirovani, M. E. y Ulín-Montejo, F. (2007). Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 23, 183-197.
- Shahidi, F., & Oh, W. Y. (2020). Lipid-derived flavor and off-flavor of traditional and functional foods: An overview. *Journal of Food Bioactives*, 10.
- Singh, R.P. y Anderson, B.A. (2004). The major types of food spoilage. In: Steele. R (Ed.), *Understanding and Measuring the Shelf-Life of Food*. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 3-23.
- Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación. (1980). Caldo de pollo (granulado, polvo, tabletas o cubo). Norma Oficial Mexicana NOM-F-158-S-1980.

- Taoukis, P. S., El Meskine, A., & Labuza, T. P. (1988). Moisture transfer and shelf life of packaged foods.
- Torres, A., Guerra, M. y Rosquete, Y. (2001). Estimación de la vida útil de una fórmula dietética en función de la disminución de lisina disponible. *Food Science and Technology*, 21(2), 129-133.
- Vega, L. V., Monroy-Sepúlveda, R., Romero-Arcos, Y. A., & Gelves-Díaz, J. F. (2023). Determinación de las constantes “K” del método Guerchet para el cálculo de las superficies de distribución de planta para una empresa del sector confecciones en el área metropolitana de Cúcuta. *Respuestas*, 28(2), 49-62.
- Vertel, L. & Ortega, F. (2021). Modelos Matemáticos de Diferencia de Color CIELAB y el Procesamiento Digital de Imágenes en la Industria de Alimentos: Yuca (Manihot Esculenta Crantz). *Revista ELECTRO*, 43(1), 192-196.
- Wani, S.A. y Kumar, P. (2016). Moisture sorption isotherms and evaluation of quality changes in extruded snacks during storage. *LWT- Food Science Technology*, 74, 448-455.
- Weng, S. J., Tsai, M. C., Tsai, Y. T., Gotcher, D. F., Chen, C. H., Liu, S. C., & Kim, S. H. (2019). Improving the efficiency of an emergency department based on activity-relationship diagram and radio frequency identification technology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4478.
- Wowak, K. D., Craighead, C. W., Ketchen Jr, D. J., & Connelly, B. L. (2022). Food for thought: Recalls and outcomes. *Journal of Business Logistics*, 43(1), 9-3.

## Apéndice A

**Tabla 7**

*Hoja Maestra usada en la Evaluación Sensorial*

<b>HOJA MAESTRA</b>						
Fecha:				Código de la Prueba: 001		
Tipo de muestra: Sazonadores en cubo				Tipo de prueba: Prueba de aceptación		
Prototipo		Código del producto			Código de la muestra	
SG		A			315, 427	
CG		B			201, 823	
Colocar las muestras como se detalla a continuación:						
<b>Número de panelistas</b>		<b>Orden de presentación</b>			<b>Codificación de bandeja</b>	
1	6 11 16 21 26	AB			315	823
2	7 12 17 22 27	AB			427	201
3	8 13 18 23 28	AB			315	201
4	9 14 19 24 29	AB			427	823
5	10 15 20 25 30	AB			315	201
<b>Instrucciones:</b>						
Colocar la hoja en la zona de preparación de la muestra.						
Codificar la muestra antes de realizar la evaluación sensorial.						
Etiquetar los platos con los códigos respectivos de cada muestra, teniendo en cuenta que está conformado por tres dígitos aleatorios.						
Colocar los platos según el orden de presentación en los que serán entregados a los panelistas.						
Explicar el procedimiento de degustación a los panelistas paso a paso, indicarles que se puede evaluar a su propio ritmo, solo se puede probar una muestra a la vez, identificando la muestra que prefiera mediante la escala.						
Servir la muestra junto a un vaso con agua para limpiar el paladar, servilleta si es necesario y pluma para que rellenen su respuesta en el formulario.						

**Tabla 8***Cuestionarios de Evaluación Sensorial*

<b>Prueba de aceptación</b>																	
<b>Sazonadores en cubo</b>																	
Fecha:	Código de prueba: 001																
Nombre:	Panelista No.:																
<b>Indicaciones</b>																	
<p>Antes de iniciar la prueba tome un sorbo de agua.</p> <p>Frente a usted encontrará dos muestras de sazónador en cubo reconstituido, que deberá probar de izquierda a derecha y deberá calificar los atributos de olor y sabor conforme la escala presentada a continuación.</p> <p>Tome un sorbo de agua entre cada prueba para limpiar el paladar.</p> <p>No puede volver a probar la muestra una vez que haya evaluado.</p> <p>Posteriormente, se le entregarán 2 sazónadores en cubo y deberá evaluar el atributo de color.</p> <p>En caso de tener una pregunta, realícela al asistente antes de iniciar la prueba.</p>																	
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th><b>Puntaje</b></th> <th><b>Escala</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Me gusta mucho</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Me gusta moderadamente</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Me gusta ligeramente</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>No me gusta ni me disgusta</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Me disgusta ligeramente</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Me disgusta moderadamente</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Me disgusta mucho</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Puntaje</b>	<b>Escala</b>	7	Me gusta mucho	6	Me gusta moderadamente	5	Me gusta ligeramente	4	No me gusta ni me disgusta	3	Me disgusta ligeramente	2	Me disgusta moderadamente	1	Me disgusta mucho
<b>Puntaje</b>	<b>Escala</b>																
7	Me gusta mucho																
6	Me gusta moderadamente																
5	Me gusta ligeramente																
4	No me gusta ni me disgusta																
3	Me disgusta ligeramente																
2	Me disgusta moderadamente																
1	Me disgusta mucho																
<i>Característica por evaluar</i>	<b>Muestra</b>																
<b>Olor</b>																	
<b>Sabor</b>																	
<b>Color</b>																	
Comentarios:																	
!!!GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!!!																	

**Tabla 9***Comentarios de la Evaluación Sensorial*

# Panelista	COMENTARIOS
1	La muestra CG tiene un olor y sabor extraño, además deja una marca en el envase, lo que me causa preocupación.
2	La muestra CG tiene un olor un poco rancio y sabe algo metálico, la muestra SG tiene un sabor más agradable (especiado), aunque su color es más pálido, seco.
3	Me agradó más la muestra CG, siento que sus características principales cumplen mucho mejor mis expectativas.
4	La muestra SG tiene un color más pálido, se recomienda mejorar ese tono.
5	La muestra CG tiene un sabor demasiado artificial, demasiado condimentado.
6	La muestra CG le hace falta componentes aromáticos, la muestra SG sabe a caldo Maggi.
7	Me gusta la muestra CG porque tiene un color amarillo más intenso que la SG, además es un poco más salado y huele más a especias.
8	El olor de la muestra CG no me gustó tanto porque la intensidad del olor me recordó a la orina.
9	La muestra CG me gustó más, debido a su fuerte sensación en el paladar.
10	De la muestra SG me pareció muy fuerte el olor y el sabor, como falso.
11	
12	En la muestra SG me gustó el nivel de sal, en la muestra CG la sal abrumea.
13	La muestra CG tiene un sabor raro, muy concentrado.
14	La muestra SG tiene un sabor y olor más intenso.
15	La muestra SG tiene un olor más apetecible.
16	Mejorar el aspecto de los cubos.
17	La muestra CG me gustó más por su sabor más condimentado.
18	No me gusta el sabor del comino de la muestra SG.
19	
20	El color de la muestra SG es más natural.
21	La muestra SG tiene un sabor más natural a gallina o pollo.
22	La muestra CG tiene un sabor extraño con un retrogusto dulce al final.
23	
24	La muestra CG tiene un olor ligeramente a desinfectante (cloro).
25	
26	La muestra SG tiene un sabor ligero y agradable, similar a las sopas instantáneas.
27	
28	
29	La muestra SG sabe más a comino que me agrada más que el ajo que representa en aroma y sabor a la CG. La muestra CG sabe ligeramente a rancio.
30	