

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Determinación de la vida útil sensorial de galletas tipo soda y  
oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado

por

Leonor Vásquez Silva

para optar al grado de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Guatemala,

2019



Determinación de la vida útil sensorial de galletas tipo soda y  
oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Determinación de la vida útil sensorial de galletas tipo soda y  
oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado

por

Leonor Vásquez Silva

para optar al grado de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

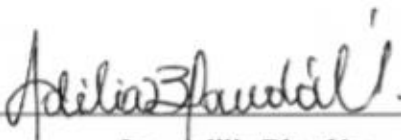
Guatemala,

2019

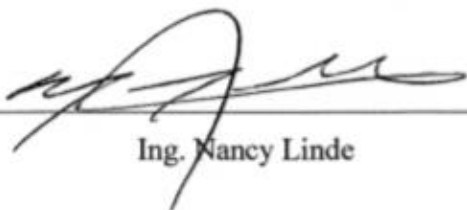
Vo. Bo. :

(f)   
Ing. Adilia Blandón

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Adilia Blandón

(f)   
Licda. Ana Silvia Colmenares

(f)   
Ing. Nancy Linde

Fecha de aprobación: Guatemala 04 de diciembre de 2019.

## PREFACIO

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien ha estado presente como guía en el caminar de mi vida, quien me ha bendecido enormemente y quien me ha dado las fuerzas para continuar con mis metas sin desfallecer.

A mis padres, por haberme dado tantas oportunidades y entre ellas, la oportunidad de estudiar. A ellos, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me inculcaron y por su apoyo incondicional. Por motivarme a ser una mejor persona y ser mi ejemplo a seguir.

Agradezco a la Ingeniera Adilia Blandón por su dirección, conocimientos y enseñanzas que me permitieron el desarrollo de este trabajo. También al Ingeniero Javier Fernández por su apoyo y a todas las personas y catedráticos que estuvieron presentes de alguna manera u otra, a lo largo de este proceso.

Finalmente, quiero agradecer a mis hermanos, demás familia y amigos, por acompañarme y estar siempre dispuestos a ayudar, por sus palabras de aliento. Gracias por compartir conmigo cada etapa de mi vida.

## ÍNDICE

Listado de cuadros .....	vii
Listado de figuras.....	ix
Resumen .....	xi
I.    Introducción .....	1
II.   Objetivos .....	3
A. General.....	3
B. Específicos .....	3
III.  Justificación .....	4
IV.  Marco teórico .....	6
A. Bienes horneados .....	6
1. Historia de las galletas .....	6
2. Definición de las galletas .....	7
B. La evaluación sensorial .....	8
1. La evaluación sensorial en la industria de alimentos.....	8
2. Condiciones para llevar a cabo pruebas sensoriales .....	9
3. Tipos de pruebas utilizadas en el análisis sensorial .....	10
4. Panelistas .....	11
C. Descriptores sensoriales .....	12
1. Léxico .....	12
2. Diferencia entre sabor y aroma .....	12
3. Residual .....	13
4. Descriptores en galletas .....	13
D. Pruebas fisicoquímicas .....	15
1. Humedad.....	15
2. Actividad de agua .....	15

3.	Dureza.....	16
4.	Índice de peróxidos .....	16
5.	Color .....	16
E.	Correlación de Pearson.....	17
F.	Vida útil .....	18
1.	Diseño de estudios de vida útil en alimentos.....	19
2.	Metodologías .....	20
3.	Condiciones del estudio según el producto .....	22
4.	Parámetros críticos a evaluar para determinar la vida útil .....	24
5.	Condiciones aceleradas .....	24
V.	Antecedentes .....	29
VI.	Metodología .....	30
A.	Verificación de estabilidad dentro de las cabinas .....	30
B.	Determinación de las condiciones ambientales .....	30
C.	Almacenamiento inverso.....	30
1.	Determinación de la cantidad de muestra a almacenar .....	30
D.	Determinación del método de almacenamiento de las muestras extraídas.....	32
1.	Prueba de consumidor para la evaluación del congelamiento de muestras, como alternativa de almacenamiento de muestras ambiente .....	33
2.	Determinación del intervalo de tiempo (y fechas) de congelación de las muestras ambiente.....	33
E.	Análisis sensorial .....	34
1.	Panel entrenado.....	34
2.	Panel de consumidor .....	35
F.	Pruebas fisicoquímicas.....	38
1.	Humedad.....	38
2.	Actividad de agua .....	38
3.	Dureza.....	39
4.	Color .....	39



5. Índice de peróxidos .....	39
G. Análisis de datos para la determinación del descriptor crítico .....	40
H. Determinación del punto de corte.....	40
1. Método 1: Promedio de cuadrados de la aceptabilidad de las muestras a lo largo del tiempo de almacenamiento.....	41
2. Método 2: Aceptabilidad límite de 5 en una escala de 9 puntos .....	44
I. Determinación de la vida útil .....	45
VII. Resultados .....	47
A. Análisis de condiciones de almacenamiento.....	47
B. Determinación del método de almacenamiento de las muestras ambiente.....	48
C. Descriptores en galletas tipo soda .....	49
D. Descriptores en galletas tipo oblea rellena .....	53
E. Determinación del descriptor crítico .....	57
F. Determinación de los puntos de corte.....	59
G. Determinación de la vida útil a 25°C.....	62
VIII. Discusión.....	64
IX. Conclusiones .....	69
X. Recomendaciones.....	70
XI. Bibliografía .....	72
XII. Anexos .....	76

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro No. 1: Cantidad de galletas tipo <b>soda</b> almacenadas en cada cabina. ....	31
Cuadro No. 2: Cantidad de galletas tipo <b>oblea rellena</b> almacenadas en cada cabina. ....	31
Cuadro No. 3: Paneles de consumidor llevados a cabo para la evaluación de las muestras. ....	35
Cuadro No. 4: Asignación de número aleatorios y códigos de tres dígitos a galletas tipo <b>soda</b> . ..	36
Cuadro No. 5: Aleatorización de galletas tipo <b>soda</b> . ....	37
Cuadro No. 6: Asignación de números aleatorios y códigos a galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	37
Cuadro No. 7: Aleatorización de galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	38
Cuadro No. 8: Aceptabilidad y humedad de las muestras de galletas tipo <b>oblea rellena cabina 2</b> , a lo largo del tiempo de almacenamiento. ....	43
Cuadro No. 9: Velocidades de deterioro (k) de los cambios de humedad a través del tiempo de almacenamiento a diferentes condiciones de galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	46
Cuadro No. 10: Condiciones dentro de las cabinas de almacenamiento. ....	47
Cuadro No. 11: Corrección de temperatura y humedad relativa según la última calibración de los data-loggers. ....	48
Cuadro No. 12: Condiciones finales dentro de las cabinas de almacenamiento. ....	48
Cuadro No. 13: Condiciones ambiente. ....	48
Cuadro No. 14: Panel de consumidor para la evaluación del congelamiento de las muestras ambiente. ....	48
Cuadro No. 15: Promedios de calificaciones de atributos, obtenidos con el panel entrenado en galletas tipo <b>soda</b> . ....	49
Cuadro No. 16: Promedios de calificaciones de atributos de textura, obtenidos con el panel entrenado en galletas tipo <b>soda</b> . ....	50
Cuadro No. 17: Promedio de la aceptabilidad de galletas tipo <b>soda</b> con panel de consumidores. ....	51
Cuadro No. 18: Promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados en galletas tipo <b>soda</b> . ....	52
Cuadro No. 19: Promedios de calificaciones de atributos, obtenidos con el panel entrenado en galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	53
Cuadro No. 20: Promedios de calificaciones de atributos de textura, obtenidos con el panel entrenado en galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	54

Cuadro No. 21: Promedio de la aceptabilidad de galletas tipo <b>oblea rellena</b> con panel de consumidores. ....	55
Cuadro No. 22: Promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados en galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	56
Cuadro No. 23: Coeficientes de correlación de Pearson y valor P de los atributos respecto a la aceptabilidad de las muestras de galletas tipo <b>soda</b> . ....	57
Cuadro No. 24: Coeficientes de correlación de Pearson de los atributos respecto a la aceptabilidad de las muestras de galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	58
Cuadro No. 25: Descriptor crítico de cada tipo de galleta, según su correlación con la aceptabilidad de los consumidores. ....	59
Cuadro No. 26: Valores (S) por debajo de los cuales la aceptabilidad del producto almacenado se habrá reducido significativamente basado en una escala de aceptabilidad de textura 1-9. ....	59
Cuadro No. 27: Puntos de corte basados en el promedio de cuadrados de la aceptabilidad de las muestras a lo largo del tiempo de almacenamiento, según los descriptores críticos. ....	59
Cuadro No. 28: Comparación de puntos de corte obtenidos en galletas tipo <b>soda</b> . ....	60
Cuadro No. 29: Comparación de puntos de corte obtenidos en galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	61
Cuadro No. 30: Vida útil a 25°C determinada a partir del descriptor crítico “crujencia durante consumo” de las galletas tipo <b>soda</b> . ....	62
Cuadro No. 31: Vida útil a 25°C determinada a partir del descriptor crítico “humedad” de las galletas tipo <b>oblea rellena</b> . ....	63

## LISTADO DE FIGURAS

Figura No. 1: Extracción de muestras de las galletas tipo <b>soda</b> .....	32
Figura No. 2: Extracción de muestras de las galletas tipo <b>oblea rellena</b> .....	32
Figura No. 3: Fechas de congelación de muestras ambiente de las galletas tipo <b>soda</b> .....	33
Figura No. 4: Fechas de congelación de muestras ambiente de las galletas tipo <b>oblea rellena</b> ....	34
Figura No. 5: Ejemplo de la tabulación en Excel de los datos de aceptabilidad de textura de muestras de galleta tipo <b>oblea rellena cabina 2</b> a lo largo del tiempo, para el análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo. ....	41
Figura No. 6: Ventana de Excel para la definición de rango de entrada y salida del análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo.....	42
Figura No. 7: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo obtenido en Excel. ....	42
Figura No. 8: Aceptabilidad de galletas tipo <b>oblea rellena cabina 2</b> , respecto al descriptor crítico “humedad” de las muestras. ....	43
Figura No. 9: Aceptabilidad de textura de galletas tipo <b>oblea rellena cabina 2</b> a lo largo del tiempo de almacenamiento.....	44
Figura No. 10: Humedad de galletas tipo <b>oblea rellena cabina 2</b> a lo largo del tiempo de almacenamiento. ....	45
Figura No. 11: Temperatura y humedad relativa a lo largo del tiempo en la cabina 1.....	47
Figura No. 12: Temperatura y humedad relativa a lo largo del tiempo en la cabina 2.....	47
Figura No. 13: Calificación por panel entrenado del atributo “crujencia durante consumo” en galletas tipo <b>soda</b> , a lo largo del tiempo de almacenamiento. ....	59
Figura No. 14: Aceptabilidad de textura de galletas tipo <b>soda</b> a lo largo del tiempo de almacenamiento. ....	60
Figura No. 15: Atributo “humedad” en galletas tipo <b>oblea rellena</b> , a lo largo del tiempo de almacenamiento. ....	61
Figura No. 16: Aceptabilidad de textura de galletas tipo <b>oblea rellena</b> a lo largo del tiempo de almacenamiento. ....	61

Figura No. 17: Gráfica para la obtención de la velocidad de deterioro (k) a 25°C, para las galletas tipo **soda** según el atributo “crujencia durante consumo”. ..... 62

Figura No. 18: Gráfica para la obtención de la velocidad de deterioro (k) a 25°C, para las galletas tipo **oblea rellena** según el atributo “humedad”. ..... 62

## RESUMEN

El objetivo de este estudio consistía en determinar la vida útil sensorial de galletas tipo soda y oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas. Para esto se analizó el comportamiento de ciertos descriptores sensoriales y parámetros fisicoquímicos a lo largo del tiempo de almacenamiento. Los descriptores sensoriales analizados por un panel entrenado, de las galletas tipo soda fueron: tostado durante consumo, tostado residual, rancio durante consumo, rancio residual y los descriptores de textura (dureza en primera mordida, crujencia en primera mordida, dureza durante consumo, crujencia durante consumo y adhesividad). Para las galletas oblea rellena se analizaron los mismos descriptores sensoriales excepto el tostado durante consumo y residual. Los parámetros fisicoquímicos determinados para ambas galletas fueron los siguientes: contenido de humedad, actividad de agua, dureza instrumental (g), deformación según dureza (mm), trabajo requerido para lograr la deformación (mJ), pureza de color (chroma) y tonalidad (hue). Según la correlación que presentaron los descriptores mencionados anteriormente con el grado de aceptabilidad de las muestras, se eligió el descriptor crítico de cada tipo de galleta. El descriptor crítico de la galletas tipo soda fue la “crujencia durante consumo” con una calificación límite de 4.987 por el panel entrenado. Por otro lado, el descriptor crítico de las galletas tipo oblea rellena fue el contenido de humedad con un valor límite de 2.311%. La velocidad de deterioro de la “crujencia durante consumo” a 25°C fue de 0.0033766 para la galleta tipo soda y la de la humedad de -0.0021176 para la galleta tipo oblea. Por último, se determinó que la vida útil a 25°C y al utilizar el empaque propio de la muestras, según los descriptores críticos de cada una, fue de 11 meses para la galleta tipo soda y de 6 meses para la galleta tipo oblea rellena.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de métodos sensibles, basados en la aceptación del consumidor, para determinar la vida útil de cualquier producto es fundamental. En productos como las galletas, que presentan un tiempo de vida extenso y un bajo riesgo microbiológico y químico, conviene evaluar alternativas para la determinación de su vida útil. Por lo mismo, el objetivo principal de este estudio consistió en determinar la vida útil sensorial de galletas tipo soda y tipo oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas.

Como primera parte, se determinaron las condiciones de almacenamiento y los intervalos de extracción de las muestras. A manera de facilitar el análisis de las muestras se realizó un almacenamiento inverso, que tiene como propósito contar con todas las muestras (de diferentes fechas) en un día de evaluación. Se analizaron un total de 18 muestras, de cada galleta, que se dividían en cabina 1 (6), cabina 2 (6), ambiente (3) e inicial (3). Se determinó que la cabina 1 se encontraba a una temperatura de 36.19°C, la cabina 2 a 39.30°C y el ambiente a 21.00°C. La frecuencia de extracción de las muestras de las galletas tipo oblea rellena fue mayor, debido a que su deterioro es más rápido que el de las galletas tipo soda. Las muestras ambiente se fueron congelando en fechas establecidas.

Al finalizar el almacenamiento inverso, las diferentes muestras fueron aleatorizadas y evaluadas tanto por un panel entrenado (en duplicado) en los diferentes atributos establecidos, como por un panel de consumidor en cuanto a la aceptabilidad general, de textura y de sabor. Además se determinaron los parámetros fisicoquímicos de humedad, actividad de agua, dureza instrumental, deformación según dureza, trabajo requerido para lograr la deformación, pureza de color y tonalidad, en triplicado.

Para la determinación del descriptor crítico se analizó la correlación entre en todos los parámetros mencionados anteriormente con respecto a la aceptación de las muestras. Se calculó la correlación de Pearson y el valor P, determinando que los descriptores críticos de las galletas tipo soda y tipo oblea rellena, corresponden a la “crujencia durante consumo” y al contenido de humedad, respectivamente. Ambos relacionados con la aceptabilidad de las muestras según su textura.

A partir de los descriptores críticos, se determinaron los puntos de corte correspondientes por medio de dos métodos. El primer método basado en el promedio de cuadrados de la aceptabilidad de las muestras a lo largo del tiempo de almacenamiento y el segundo, basado en una aceptabilidad límite de 5 en una escala de 9 puntos. Los puntos de corte se calcularon para ambas condiciones aceleradas. Para la determinación de la vida útil sensorial de ambos tipos de galletas, se utilizó el punto de corte basado en una aceptabilidad límite de 5 que representara un menor riesgo. Los puntos de corte corresponden a una calificación de 4.987 por el panel entrenado en cuanto al descriptor “crujencia durante consumo” para las galletas tipo soda, y una humedad de 2.311% para las galletas tipo oblea rellena.

Para la determinación de la vida útil a 25°C a partir de las tres condiciones mencionadas anteriormente, se utilizó el principio de Arrhenius. Se determinó que las velocidades de deterioro a 25°C, basadas en sus respectivos descriptores críticos, fueron de 0.0033766 para la galleta tipo soda y de -0.0021176 para la galleta tipo oblea rellena. Se obtuvo como resultado que la vida útil a 25°C y al utilizar el empaque propio de las muestras, según los descriptores críticos de cada galleta, fue de 11 meses para la galleta tipo soda y 6 meses para la galleta tipo oblea rellena.



## II. OBJETIVOS

### A. GENERAL

Determinar la vida útil sensorial de galletas tipo soda y oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas.

### B. ESPECÍFICOS

- Determinar el comportamiento de los descriptores sensoriales a lo largo del tiempo, a través de la evaluación por un panel entrenado.
- Determinar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos a lo largo del tiempo de almacenamiento.
- Determinar el grado de aceptabilidad de las galletas a lo largo del tiempo, por medio de la evaluación por panel de consumidores.
- Determinar el descriptor crítico de cada tipo de galleta, según su correlación con la aceptabilidad de los consumidores.
- Evaluar la combinación del almacenamiento inverso, las condiciones aceleradas y el congelamiento de muestras en la determinación de su vida útil.
- Determinar el valor límite del descriptor crítico para cada tipo de galleta.
- Determinar la vida útil de ambas galletas a 25°C mediante el principio de Arrhenius.

### III. JUSTIFICACIÓN

Según el RTCA de Etiquetado General de Alimentos Previamente Envasados la fecha de vencimiento es “la fecha en que termina el período durante el cual el fabricante garantiza los atributos de calidad del producto que normalmente esperan los consumidores, siempre y cuando haya sido almacenado bajo las condiciones especificadas”. Además, se establece que “después de esta fecha el producto no se considerará comerciable”.

A través de los estudios de vida útil, se busca determinar la duración real del producto, ya que al trabajar con fechas de vencimiento estimadas se puede perjudicar tanto al consumidor como a la industria. Según el Dr. Gail Betts (2011) si la fecha dada es superior a la real, se genera un riesgo de intoxicación para el consumidor o bien, la posibilidad de rechazo debido al deterioro de las características sensoriales. Por el contrario, si la fecha dada es inferior a la real se generan pérdidas económicas al no poder comercializar productos que aún se encuentran en buen estado. La determinación precisa de la vida útil de un producto es de vital importancia para su éxito comercial. (Schmidt & Bouma, 1992)

La vida útil sensorial es el tiempo durante el cual las características sensoriales y el rendimiento del producto son los previstos por el fabricante (IFST, 1993). Las galletas, al ser productos que presentan una actividad de agua extremadamente baja y por ende, un bajo riesgo microbiológico (Badui, 2006), perderán sus propiedades sensoriales primero. Por lo mismo, un estudio de vida útil sensorial será una manera adecuada de determinar este período de tiempo en dicho producto.

Por otro lado, un almacenamiento inverso resultará mucho más eficiente para la evaluación, debido a que es complicado y caro estar reuniendo al panel entrenado y/o a un grupo significativo de consumidores para múltiples sesiones (Hough, 2010) (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007). Asimismo, se analizará el grado de aceptabilidad de las galletas a los distintos tiempos de almacenamiento por los consumidores, pues a ellos va dirigido el producto y por ende, son la herramienta más adecuada para determinar la vida útil.

Se evaluarán conjuntamente diferentes atributos sensoriales (por medio de un panel entrenado) y distintos parámetros fisicoquímicos, a manera de determinar el descriptor crítico. El descriptor crítico a usar será escogido según su grado de correlación con la aceptabilidad de los consumidores. Posteriormente, será posible establecer los límites de la vida útil y calcular, a partir de las

condiciones aceleradas y el principio de Arrhenius, el tiempo de vida útil a 25°C. La vida útil acelerada brinda la opción de obtener resultados en períodos más cortos, siendo una opción práctica para productos con extensa vida útil como las galletas.

El uso de métodos sensibles y confiables para determinar la vida útil de los productos es fundamental. Muchas veces la información extraída de literatura o de productos comerciales similares, no son prácticas adecuadas debido a la existencia de múltiples variables que podrían afectar la vida útil del producto (Witting De Penna, 2005). También, es posible que la vida útil de dichos productos haya aumentado debido a la estandarización y mejoras de los procesos.

Finalmente, como productos escogidos, se estudiarán dos galletas provenientes de familias diferentes (soda y oblea rellena). Esto proporcionará la base para estudiar otras galletas e incluso otros productos.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. BIENES HORNEADOS

#### 1. Historia de las galletas

Según el Instituto de la Galleta, se cree que los inicios de estos productos se encuentran 10,000 años atrás con los nómadas. Por su naturaleza, los nómadas requerían de alimentos con alto aporte energético y de fácil transporte. Las galletas nacieron por accidente, cuando se sometió una pasta de cereales sin levadura a altas temperaturas. Se han encontrado galletas con más de 6,000 años en Suiza, dando evidencia de ser de los primeros alimentos cocinados. (O'Sullivan, 2017)

En la Edad Antigua, estas pastas horneadas se elaboraban con pocos ingredientes y en el siglo III un chef romano las bautizó como “Bis Coctum” latín de bizcocho, que significa “dos veces cocido” y que se aplicaba al pan que se recocía para durar travesías largas (Diccionario etimológico, 2016). En muchas culturas antiguas como la Persa, Egipcia, Griega y Romana estas pastas eran un alimento común, sobretodo para soldados y marineros. La forma de preparación consistía en humedecer el cereal con agua, amasarlo y formar tortas, doblemente cocidas sobre piedras planas cubiertas de ceniza. Solían acompañarse con vino o sopa. (Instituto de la Galleta, s.f.) En el siglo VII a.C., los persas descubrieron el azúcar y lo incorporaron a la masa de harina y manteca, según un blog titulado La Historia de las Galletas.

En la Edad Media, se dio un aumento en el consumo de esta masa horneada sin levadura, en la Edad Media. La consumían principalmente campesinos. Se le fueron agregando otros ingredientes como el huevo y más adelante, las galletas, llegaron a sustituir el pan en viajes muy largos por su excelente conservación y reducido volumen. Incluso, La Real Academia de la Lengua Española (2019) define galleta como “pan sin levadura para los barcos” (entre varios significados). Se dice también que estos productos se encontraban dentro de los alimentos principales a bordo de La Niña, La Pinta y La Santa María en el descubrimiento de América en 1492. Durante esta época, la masa adquirió el nombre de “galleta” a partir de una crepa muy popular de Francia llamada “*galette*” (Diccionario etimológico, 2016).

Las galletas ganaron popularidad pues se servían como dulces muy finos y acompañamiento a bebidas calientes (como el chocolate que se acababa de descubrir) a la Corte durante el Renacimiento, según el Instituto de la Galleta. En esta época la galleta pasa de ser un alimento

básico a uno consumido por placer. Por lo mismo, se fue experimentando con más y distintos ingredientes, así como también con diferentes presentaciones.

Finalmente, hasta el siglo XVIII se empieza a pasar de producirlas en pequeños negocios a grandes industrias, al aumentar su demanda. En la Edad Moderna, al disminuir el precio de la harina, las galletas pasan a ser accesibles para cualquiera. Al ir expandiéndose la industria, galletas como la de chispas de chocolate se convierte en un símbolo estadounidense y una recubierta de chocolate gana popularidad en Europa, simbolizando la paz luego de la Segunda Guerra Mundial. (Historia de la Galletas, s.f.)

Actualmente, las galletas son alimentos populares que se encuentran por todo el mundo. Su mercado es amplio y en continuo crecimiento, con fórmulas que se adaptan a todos los gustos y necesidades del consumidor.

## 2. Definición de las galletas

La Real Academia de la Lengua Española (2019) define el término “galleta” como una “pasta compuesta de harina, azúcar y a veces huevo, manteca o confituras diversas, que, dividida en trozos pequeños y moldeados o modelados en formas variadas, se cuecen en un horno.”

La galleta, del francés *galette*, es un producto horneado comestible que se elabora a partir de una masa, generalmente de harina de trigo, en porciones individuales. “Gal” es una variante de “cal” que significa piedra, y se deriva el nombre de galleta por su forma redonda, según el Diccionario etimológico (2016). En el Codex, las galletas se encuentran dentro del grupo de productos de panadería y se dividen en subcategorías según su tipo.

Existen diversas formas de clasificar a las galletas, incluyendo su forma, sabor y textura. Sin embargo, Wade (1988) establece dos tipos de galletas: de pasta dura y de pasta blanda, las cuales se diferencian principalmente por el largo de su cadena de gluten.

### a. Galletas de pasta dura

Las galletas de pasta dura se caracterizan por presentar gluten desarrollado. El desarrollo del gluten se da durante la incorporación del agua en la harina, seguida del proceso de amasado (O'Sullivan, 2017). El resultado es una masa muy elástica que tiende a encogerse (Manley, 1983). Según el Codex y el RTCA, el término “cracker” hace referencia a una galleta fina y crujiente,

elaborada a base de masa sin endulzar. Dentro de este conjunto se encuentran las galletas tipo soda, leudadas con levadura o con bicarbonato. Por el contrario, existe un rubro (07.2.1) que abarca las “crackers dulces” o “galletas dulces”, que hacen referencia a un producto que puede consumirse como postre.

b. Galletas de pasta blanda

En las galletas de pasta blanda, por el contrario, no se logra el desarrollo del gluten debido a la interrupción de su formación por las altas concentraciones de grasa y azúcar, dando lugar a la miga (O'Sullivan, 2017). La masa no es elástica y se rompe fácilmente al estirarla (Manley, 1983). Dentro de este grupo de galletas se encuentran las galletas secas, tales como cigarrillos y tejas, o blandas como los macarrones.

## B. LA EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es el análisis de los alimentos por medio de los cinco sentidos, según Hough (2010). La palabra sensorial, según el Diccionario etimológico (2019), proveniente del latín, con componentes léxicos *sensus* que es la acción de sentir, el sufijo *-ario* que indica procedencia y el sufijo *-al* que quiere decir relativo a, presenta el significado de “relativo al que puede sentir algo externo”. Así como también el Instituto de Tecnología de alimentos, IFT por sus siglas en inglés, define la evaluación sensorial como “la disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a características de alimentos, que son percibidas por los sentidos”.

1. La evaluación sensorial en la industria de alimentos

La evaluación sensorial es una herramienta que se puede aplicar en varias áreas de la industria de alimentos. Dentro de estas áreas se encuentra el control durante el proceso de producción, a manera de detectar o evaluar algún cambio dentro del proceso, equipo o fórmula. Es una forma de darle seguimiento al proceso, evitando o previniendo cualquier falla a tiempo, dando la oportunidad de reaccionar. (Hernández, 2005)

Asimismo, según Hernández (2005), mediante el análisis sensorial es posible la vigilancia del producto para estandarizar la vida útil y las condiciones que se deben tener en cuenta para la comercialización y el almacenamiento del mismo. Por último, de la mano con el área de mercadeo y ventas, a través del análisis sensorial es posible determinar el grado de aceptabilidad del producto, compararlo con la competencia, desarrollando un nuevo o evaluando cambio de componentes y/o proveedores.

## 2. Condiciones para llevar a cabo pruebas sensoriales

Debido a que durante un análisis sensorial los instrumentos de medición son las personas, es necesario controlar todas las condiciones posibles a manera de disminuir tendencias y sesgos causados por factores psicológicos (Espinosa Manfugás, La Evaluación Sensorial de los Alimentos, 2007). Tanto las condiciones del evaluador, como las del ambiente influyen directamente en la evaluación sensorial de las muestras. Por lo mismo, para obtener la confiabilidad de los resultados se debe controlar lo siguiente.

### a. Lugar

El lugar destinado a la realización de las pruebas debe buscar maximizar la sensibilidad del evaluador y eliminar o neutralizar cualquier factor ajeno al producto a evaluar. Por lo mismo se deben evitar distracciones y las evaluaciones, por tener carácter individual, se suelen realizar cabinas individuales (Espinosa Manfugás, 2007). El área de evaluación debe estar separada de la preparación de muestras (Hernández, 2005).

### b. Luz

La luz, durante la evaluación, debe ser uniforme sobre el producto y de intensidad suficiente, buscando simular la luz a la que usualmente se expone y consume el producto en cuestión. En ocasiones se recomienda el uso de lámparas de color, para enmascarar diferencias de color y enfocar al evaluador en otras diferencias como el sabor y textura. (Hough, Sensory Shelf Life Estimation of Food Products, 2010)

### c. Hora

Las mejores horas del día para realizar evaluaciones generalmente son al cerca del medio día o bien, a media tarde (Butler, Larmond, & Poste, 1991). Se busca realizar las evaluaciones siempre a la misma hora para controlar este factor, pero muchas veces se complica (Espinosa Manfugás, 2007). Por ende, como reglas generales según Hough, se debe evitar realizar la evaluación luego de comer y tomar en cuenta el tipo de muestra a evaluar.

### d. Muestras

Según Hernández (2005), las muestras codificadas (con tres números escogidos al azar) deben tener el mismo tamaño, escogido según la cantidad de muestra con la que se cuente y el número de muestras a degustar cada panelista.

Las muestras presentan de manera aleatorizada en envases neutros que no alteren la percepción del evaluador (MacFie, Bratchell, Greenhoff, & Vallis, 1989) y todos los implementados por sesión deben ser iguales (Hernández, 2005). Asimismo, se recomienda que todas las muestras se sirvan a la temperatura a la que usualmente se consumirían (Hough, *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*, 2010) y sean uniformes (Espinosa Manfugás, *La Evaluación Sensorial de los Alimentos*, 2007).

El número de muestras a evaluar dependerá del estudio y generalmente, no se recomienda evaluar más de cinco muestras por sesión. Sin embargo, según Meilgaard (2007) para la evaluación de galletas, 8 a 10 muestras es lo máximo recomendable en el caso de panelistas expertos. Por el contrario, en un panel de consumidores no se recomienda la degustación de más de 5 muestras, evitando fatiga y llenura (Larmond, 1977).

#### e. Limpieza de paladar

Durante la evaluación, los panelistas deben poderse enjuagar la boca entre cada muestra a manera de eliminar sabores y texturas residuales. Por lo general, se utiliza agua a temperatura ambiente (Espinosa Manfugás, 2007) y galletas, manzana o pan. (Hough, 2010)

### 3. Tipos de pruebas utilizadas en el análisis sensorial

Depende de lo que se desee determinar mediante el análisis sensorial respecto al producto en cuestión, se escogerá la prueba a seguir. Los diferentes grupos de pruebas sensoriales empleados en la industria de alimento, se dividen en los siguientes. (Hernández, 2005)

#### a. Pruebas discriminativas

En este tipo de prueba se busca determinar si se percibe o no una diferencia, y que tan significativa es ésta, entre dos o más muestras (Hough, *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*, 2010). Además, la determinación de la diferencia puede ser general o enfocada en un atributo específico, pudiendo ser descrita y estimada en tamaño (Hernández, 2005). Dentro de este grupo se encuentran las pruebas triangulares, dúo-trío y comparación pareada.

#### b. Pruebas descriptivas

El objetivo de estas pruebas consiste en definir y medir los atributos de la muestra de manera objetiva, perfilando el producto o la muestra. Se establecen descriptores, por medio de un panel entrenado, que se usan para cuantificar las diferencias entre varios productos (Espinosa Manfugás,



2007). No influyen las preferencias del evaluador y tampoco se busca determinar si las muestras son diferentes o no (Hough, 2010). Las pruebas analíticas descriptivas se dividen en escalas de clasificación por atributos y pruebas de análisis descriptivo (Hernández, 2005).

#### c. Pruebas afectivas

En este tipo de pruebas, el panelista expresa su nivel de agrado, aceptabilidad y preferencia de un producto (Hernández, 2005), buscando determinar si importa o no cierta diferencia (Hough, *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*, 2010). Estas pruebas se le realizan a personas no seleccionadas y no entrenadas, que son consumidores reales o potenciales (Espinosa Manfugás, 2007). Dentro de este grupo se encuentran las pruebas de aceptabilidad, ordenación y escala hedónica.

### 4. Panelistas

El tipo de panelistas se determina según la naturaleza del estudio a realizar y los medios con los que se cuente. Un panel de evaluadores entrenados se utiliza para pruebas de desarrollo de productos y control de calidad, por ejemplo. Por otro lado, un panel de consumidores se utiliza cuando se quiere observar la reacción de este respecto al producto. (Hough, *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*, 2010)

#### a. Panel entrenado

Un panel entrenado posee los conocimientos de los atributos más significativos de los productos a evaluar y los evalúan a través de un léxico estandarizado durante el entrenamiento (Hough, *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*, 2010). De esta manera los evaluadores aprenden a usar sus sentidos para la evaluación de los productos. Según Navas (2007) en un estudio de vida útil sensorial de mayonesa baja en grasa, se quiere que los panelistas conozcan acerca de los atributos del producto a evaluar pero no la naturaleza del estudio detrás.

#### b. Panel de consumidor

A diferencia del panel entrenado, el panel de consumidores expresa cómo se siente respecto al producto con lenguaje subjetivo (Hough, *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*, 2010). Los consumidores no conocen lo que se busca con la evaluación, evitando verse influenciados. Además, el consumidor tiene la última palabra (Hough, 2010). Se deben evaluar la mayor cantidad de consumidores posible, para poder generalizar el resultado. Entre 50 y 100 individuos son los que

se requieren para expresar la aceptación (o rechazo) de las muestras a diferentes tiempos de almacenamiento, y dicha cantidad es suficiente para estimar a vida útil (Hough & Garitta, 2012).

Los paneles de consumidor se consideran como la mejor forma de determinar el fin de la vida útil de algún producto. Sin embargo, son costosos y difíciles de llevar a cabo pues se debe reunir grupos significativos de consumidores en múltiples ocasiones. (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007)

## C. DESCRIPTORES SENSORIALES

Se ha comprobado que el análisis descriptivo es una de las herramientas más comprensivas e informativas del análisis sensorial. Es aplicable en la evaluación y caracterización de una amplia gama de productos y sus respectivos cambios. La informaciónn obtenida a partir del análisis descriptivo se puede relacionar facilmente con la acetación de los consumidores y mediciones instrumentales, por medio de análisis estadísticos como la regresión y la correlación. (Lawless & Hildegarde, 2010)

### 1. Léxico

Durante el análisis sensorial descriptivo es necesario el desarrollo de un léxico. Un léxico es un conjunto de términos generados por medio de un panel en entrenamiento, con el fin de describir un producto y obtener su perfil sensorial (Enright, 2012). De esta manera se vuelven capaces de caracterizar todas las notas de sabor y aroma, así como también las intensidades en las que estas notas se presentan, por medio de escalas y/o ordenamiento de muestras (Lawless & Hildegarde, 2010). Las referencias escogidas y las definiciones acordadas servirán para describir la sensación, desde el sabor hasta la textura, ofreciendo una base de comparación ya sea versus productos existentes, modificaciones realizadas o resultados esperados. Según Enright (2012) es una manera de realizar una comparación documentada, científica y objetiva.

### 2. Diferencia entre sabor y aroma

Según Lawless (2010), el sabor consiste en la percepción en la boca de los cinco sabores básicos: dulce, salado, amargo, ácido y umami. Sin embargo, en cuanto a la percepción de los alimentos la mayor contribución a la diversidad de sensaciones proviene de los componentes volátiles que se perciben por medio de receptores olfativos. La mayoría de las sensaciones al comer se ve definida por el olfato, como un aroma, aunque se confunda muchas veces con el sabor.

### 3. Residual

Al momento de evaluar una muestra, se identifica y mide algún atributo o descriptor en específico, ya sea mientras se está consumiendo (es decir, durante su masticación y permanencia en la boca) o bien, luego de tragar. La sensación remanente que queda luego de tragar se conoce como descriptor residual, y es posible indentificarlo y medirlo también. (Lawless & Hildegarde, 2010)

### 4. Descriptores en galletas

Los descriptores o atributos sensoriales son todo aquello que se percibe a través de los sentidos, respecto a cierto producto. A partir del tipo de alimento o producto en cuestión y del entrenamiento del panel que lo evaluará, se derivan un sinnúmero de posibles descriptores. Los descriptores sensoriales son de máximo interés para lograr una caracterización, a partir de evaluaciones objetivas y reproducibles de las características del producto (Coste, Picallo, Bauzá, & Sance, 2010).

#### a. Textura

La textura, desde el punto de vista sensorial, se define como un atributo que resulta de la combinación de propiedades físicas y que se percibe a través de los sentidos del tacto, la vista y el oído (Costell, 2002). La textura está estrechamente relacionada con la estructura del alimento (Boatella Riera, Codony Salcedo, & López Alegret, 2004). Se divide en diversas características mecánicas, geométricas y superficiales.

Las características mecánicas, que se dividen en primarias y secundarias, se refieren a cómo reacciona un alimento ante el esfuerzo y son las que más influyen en el comportamiento del alimento en la boca (Espinosa Manfugás, 2007). Dentro de este grupo, la dureza sensorial, característica primaria de la textura, se define como la fuerza que se necesita para comprimir una sustancia entre las muelas, o entre la lengua y el paladar (Hernández, 2005). Este atributo se relaciona con la fracturabilidad, característica mecánica secundaria, que se evalúa al apretar un producto con los dientes frontales o dedos (Espinosa Manfugás, 2007).

Por otro lado, las características geométricas se expresan en la apariencia y a través del sentido del tacto. Se dividen en las relacionadas con el tamaño y forma de la partícula o bien, en la distribución de las mismas en la matriz del alimento. (Espinosa Manfugás, 2007)

Por último, las características superficiales y de composición de un alimento, como el contenido de humedad y de grasa. Algunos descriptores utilizados son seco, húmedo y jugoso. (Espinosa Manfugás, 2007)

En el caso de las galletas, la textura se ve afectada por la migración de humedad hacia el interior del empaque, es decir hacia el producto. Según Bustamente (2013), Puma Isuiza (2018) y Sirpatrawan (2009), el aumento de humedad disminuye la aceptabilidad de las galletas saladas por parte de los consumidores a medida que pasa el tiempo.

Para la evaluación de la textura de un producto por medio de un panel entrenado, se realiza un perfil de textura. Dicho perfil incluye atributos relacionados con la fuerza y forma, que caracterizan las propiedades táctiles y reológicas y la manera en la que éstas se comportan durante la masticación de la muestra. Los evaluadores se entrenan a manera de lograr reconocer intensidades específicas según una escala que utiliza productos estándar como referencias, para la calibración. (Lawless & Hildegarde, 2010)

#### b. Rancidez

Los lípidos en los alimentos se pueden ver afectados principalmente por dos procesos: la acidificación y la auto-oxidación. La acidificación de las grasas, por un lado, se genera a partir de la hidrólisis que da lugar a ácidos grasos libres. Una alta concentración de ácidos grasos libres tiene como resultado olores y sabores desagradables, y favorece su posterior oxidación en presencia de factores como el oxígeno y la luz. (Astiazarán & Martínez, 2000)

Por otro lado, la oxidación se da al momento en que un átomo cede un electrón a otro átomo, por medio de una reducción. Durante este proceso, se generan compuestos que promueven el desarrollo de esta reacción además de dar lugar a sustancias de bajo peso molecular que resultan en el olor y sabor típico a grasa oxidada (Astiazarán & Martínez, 2000). Existen diversos factores que promueven la oxidación de los lípidos tales como la exposición al oxígeno, las altas temperaturas, la presencia de metales como cobre y hierro, así como los peróxidos que ya se formaron. Por el contrario, entre los agentes inhibidores se encuentra la refrigeración de la grasa, los antioxidantes, la aplicación de gas inerte o vacío, la implementación de empaques opacos y la hidrogenación de las grasas. (Badui, 2006)

Según la Real Academia Española (RAE, 2019), el término rancidez se deriva del adjetivo “rancio” que hace referencia a un alimento graso que ha sido corrompido por el paso del tiempo, que presenta olores y sabores fuertes y desagradables.

#### c. Tostado

El adjetivo tostado, proviene del verbo tostar que según la Real Academia Española (2019) significa someter algo a calor a manera de se vaya desecando, sin quemarse, hasta tomar color. Las galletas, al ser sometidas al proceso de horneado, se ven sujetas a presentar características sensoriales asociadas a este descriptor (Wade, 1988).

### D. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

#### 1. Humedad

Las características reológicas y coligativas, así como la textura de un alimento dependen de su contenido de agua. La humedad de un alimento se define como su contenido de agua total. (Badui, 2006)

En productos como las galletas, a lo largo del almacenamiento, ocurre una migración de humedad hacia el interior del empaque. Esto genera un aumento en la humedad de las galletas y altera la textura de las mismas.

Como se mencionaba anteriormente, se determinó, en varios estudios de vida útil en galletas saladas, como los realizados por Bustamente (2013), Puma Isuiza (2018) y Sirpatrawan (2009), que la aceptabilidad de las galletas por parte de los consumidores disminuye debido al cambio de humedad que repercute directamente en la textura.

#### 2. Actividad de agua

El contenido total de agua, como tal, no proporciona mucha información acerca de la estabilidad de los productos. La actividad de agua se define como la porción de agua disponible dentro del alimento para el crecimiento de microorganismos y otros cambios, como reacciones químicas y enzimáticas. La actividad de agua depende del tipo de producto, para galletas y cereales es de aproximadamente 0.35. (Badui, 2006)

Debido a que existe un diferencial entre el interior y exterior del alimento, como resultado del mismo, se da una migración de humedad. El material de empaque debe ser impermeable pues si el

producto se almacena a una humedad relativa mayor, habrá una migración de humedad hacia el interior del empaque. Por el contrario, si es menor, se deshidratará. (Badui, 2006)

Cuando el empaque es impermeable, es posible que incremente la actividad de agua con un aumento de temperatura, causando la absorción de agua y dando como resultado cambios en la textura. (Fellows, 2017)

### 3. Dureza

Cuantificar o medir todos los aspectos involucrados en lo que es la textura de un alimento resulta muy complejo debido a que involucra factores no sólo táctiles, sino que visuales y auditivos (Espinosa Manfugás, 2007). Sin embargo, es un parámetro necesario de medir en la industria alimentaria, pues de él depende la aceptabilidad de ciertos alimentos, como las galletas, por parte del consumidor (Boatella Riera, Codony Salcedo, & López Alegret, 2004). La dureza física o instrumental se define como la fuerza necesaria para lograr cierta deformación. (Hernández, 2005)

### 4. Índice de peróxidos

Como se mencionaba anteriormente, la auto-oxidación afecta a los ácidos grasos libres y hace referencia a una reacción en cadena que se genera en presencia de oxígeno y da lugar a los peróxidos. Estas reacciones repercuten tanto en los aspectos sensoriales, como en los nutritivos y toxicológicos de un producto (Astiazarán & Martínez, 2000). Los peróxidos, tienen como resultado aromas indeseables, y se generan a partir de la exposición al aire, la luz, la temperatura y las trazas de metales (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007) (Fellows, 2017).

En un estudio en el cual se modeló la vida útil de productos de pastelería utilizando índices de oxidación, se determinó que el índice de peróxidos se relaciona casi linealmente con la aceptabilidad del consumidor. (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007)

### 5. Color

El color y la apariencia de los alimentos son fundamental pues conforman la primera impresión del consumidor. La medición de estas propiedades en alimentos ha ganado importancia y popularidad debido a que por medio del color, es posible evaluar materias primas, controlar procesos e identificar productos. Los resultados obtenidos de estas mediciones dan a conocer si se dio un manejo adecuado y son un indicador de la calidad del producto. (Vásquez Riascos, 2015)

La Comisión de Internacional de Iluminación ha definido espacios de color que incluyen CIE  $L^*a^*b^*$ . Este es uno de los más populares usado para la evaluación del color. La teoría detrás establece que dos colores no pueden ser a la vez, rojo y verde, ni amarillo y azul. La “ $L^*$ ” hace referencia a la luminosidad, la “ $a^*$ ” a las coordenadas rojo/verde y la “ $b^*$ ” a las correspondientes a amarillo/azul. Un signo positivo (+) indica rojo y amarillo, mientras que un signo negativo (-) indica verde y azul. (Talens, 2017)

El color de un alimento se describe por medio de tres atributos de color los cuales son: luminosidad ( $L^*$ ), tonalidad ( $h$ ) y pureza ( $C^*$ ). La luminosidad hace referencia a la cantidad de luz emite un objeto. La tonalidad se refiere a la sensación visual según la cual una superficie parece similar a uno, o a proporciones de dos, de los colores percibidos. El valor de  $h$  corresponde a un ángulo entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad Ec. 1$$

Por otro lado la pureza, es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece mostrar más o menos tonalidad, y se obtiene a partir de:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}} \quad Ec. 2$$

En el espacio de color CIE  $L^*a^*b^*$ , la luminosidad se describe por medio del eje vertical  $L^*$ , la tonalidad por el contorno de la esfera y la pureza por el radio de la esfera. (Talens, 2017)

## E. CORRELACIÓN DE PEARSON

El coeficiente de correlación de Pearson se utiliza para medir el grado de correlación entre variables cuantitativas relacionadas linealmente. El valor absoluto del coeficiente indica el grado en el que se relaciona, existiendo mayor relación al acercarse a 1 y menor relación al acercarse a 0. Por otro lado, un signo positivo indica que en la medida que aumenta una variable, aumenta la otra. Por el contrario, un signo negativo indica que en la medida que aumenta una variable, la otra disminuye. (Anderson, Sweeney, & Williams, 2010)

El coeficiente de correlación de Pearson para datos muestrales se determina por medio de la siguiente fórmula.

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad (Ec. 3)$$

Donde:

$r_{xy}$  : coeficiente de correlación muestral

$s_{xy}$  : covarianza muestral

$s_x$  : desviación estándar muestral de x

$s_y$  : desviación estándar muestral de y

## F. VIDA ÚTIL

La vida útil está ampliamente definida por muchos autores. Según el Diccionario Inglés de Cambridge (2019), la vida útil es “el período de tiempo de un producto, especialmente alimentario, durante el cual puede comercializarse antes de ser demasiado viejo para ser vendido y usado”. Una definición más técnica está dada por Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (1993), al definir la vida útil como “el tiempo durante el cual un producto alimentario permanecerá seguro para su consumo, manteniendo sus características sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas y cumplirá con las declaraciones nutricionales, al almacenarse bajo condiciones especificadas”. El Reglamento Técnico Centroamericano, define la vida útil como “el período durante el cual se espera que un producto, si se almacena correctamente, conserve las especificaciones establecidas”. Este período se ve reflejado en la fecha de vencimiento o caducidad, que se define según el RTCA 67.01.02:10, como “la fecha en que termina el período durante el cual el fabricante garantiza los atributos de calidad del producto que normalmente esperan los consumidores, siempre y cuando haya sido almacenado en las condiciones indicadas”. Después de esta fecha no se considera comercializable.

El fin de la vida útil depende de la naturaleza producto, de los tratamientos y procesos a los que fue sometido y de su respectivo empaque y almacenamiento (Fellows, 2017) (Betts, 2011). Estos factores determinan entonces, si el fin de la vida útil del producto en cuestión estará determinado fisicoquímica, nutricional, microbiológica o sensorialmente (Hough, Sensory Shelf Life Estimation of Food Products, 2010).



La determinación de la vida útil sensorial es el método de evaluación en este último caso, y se define como “el período de tiempo durante el cual las características sensoriales de un producto y su rendimiento son los previstos por el fabricante” según la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (2005). Cuando la estabilidad fisicoquímica y microbiológica del producto está garantizada, los cambios sensoriales que podrían afectar la aceptabilidad del consumidor pasarán a determinar la vida útil del mismo (Montes Villanueva & Trinidad, 2009). En productos como las galletas, tanto crackers como crackers dulces, donde la actividad de agua es baja (por debajo de 0.6) y por ende no ocurre una proliferación de microorganismos patógenos, y los cambios fisicoquímicos que sufre no presentan riesgos toxicológicos, al querer determinar su tiempo de vida útil es conveniente seguir un enfoque sensorial. (Gimferrer, 2012)

La evaluación sensorial es una herramienta útil debido a que las modificaciones que sufre el producto durante el almacenamiento se relacionan directamente, o traducen, a cambios en los parámetros sensoriales (Valero, Carrasco, & García-Gimeno, Principles and Methodologies for the Determination of Shelf-Life in Foods, 2012). Estos cambios causan el deterioro del producto y una disminución en su aceptabilidad, hasta alcanzar un alto rechazo (Witting De Penna, 2005). Por lo mismo, es posible evaluar el rechazo mediante análisis sensorial, a pesar de que el cambio tenga naturaleza biológica o fisicoquímica. (Valero, Carrasco, & García-Gimeno, Principles and Methodologies for the Determination of Shelf-Life in Foods, 2012)

La vida útil de bienes horneados, incluidas las galletas, se puede definir como el mantenimiento de las características sensoriales y físicas asociadas con su frescura, como lo son la crujencia, compresibilidad y humedad, mediante la prevención de alteraciones del producto relacionadas al almacenamiento (Baixauli, Salvador, & Fiszman, 2008). Según Fellows (2017), los mecanismos de deterioro de productos de pastelería suaves, como pasteles, son la migración de humedad, retrogradación del almidón y crecimiento de moho. Mientras que para productos crujientes, como las galletas, son la migración de la humedad, oxidación y rotura.

#### 1. Diseño de estudios de vida útil en alimentos

Según Guillermo Hough en su libro *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*, diversos factores se deben tomar en cuenta para el diseño experimental de un estudio de vida útil. Como primera parte se debe considerar la naturaleza del alimento, desde las reacciones químicas y biológicas a las que es propenso, hasta el deterioro que sufre durante su almacenamiento. Estos factores van de la mano con el empaque que utiliza y las condiciones normales de almacenamiento.

Según Calligaris *et al.* (2007) la mejor manera de llevar análisis de vida útil de rutina consiste en identificar un índice de calidad, relacionado con la aceptabilidad del producto, que pueda ser medido por medio de un rápido y simple método analítico. Por otro lado, según Dethmers (1979) un estudio de vida útil debe seguir el siguiente orden. Primero se establecen los objetivos y después se determina una muestra representativa, posteriormente se determina la composición física y química del producto en cuestión. Luego se escoje el diseño experimental a seguir, así como también el método sensorial y las condiciones de almacenamiento. Se debe de contar con un producto control para la comparación. Las mediciones se realizarán periódicamente y por último será posible determinar la vida útil.

## 2. Metodologías

### a. Punto de corte

El enfoque tradicional de los estudios de vida útil suele basarse en un punto de corte a un tiempo donde cualquiera de los atributos medidos, excede o sobrepasa un límite preestablecido. (Valero, Carrasco, & García-Gimeno, 2012). La parte experimental por lo general consiste en someter al producto a diferentes temperaturas, llevar a cabo análisis microbiológicos y evaluaciones sensoriales, a lo largo del tiempo de estudio. El límite se puede establecer por medio de paneles entrenados, extraerse de la literatura o bien, calcularse a partir de la correlación de resultados de panel entrenado versus panel de consumidores (Hough & Garitta, 2012). Para calcular el punto de corte, primero se calcula el error cuadrático medio de un ANOVA de los datos del consumidor y las muestras como factores de variación. Posteriormente, a través de la siguiente fórmula se obtiene el valor límite.

$$S = F - Z_{\alpha} \sqrt{\frac{2MSE}{n}} \quad (Ec. 4)$$

Donde S es el valor mínimo, F es la aceptabilidad de la muestra fresca,  $Z_{\alpha}$  es el nivel de significancia, MSE es el error cuadrático obtenido y n el número de consumidores. Se procede a graficar la calificación brindada por el panel entrenado (eje x) versus la aceptabilidad del consumidor (eje y). El valor límite (S) se ubica en la regresión, obteniendo la calificación del panel entrenado a la cual la aceptabilidad del consumidor habrá disminuido notablemente. (Hough, 2010)

b. Análisis de supervivencia

Este tipo de análisis se centra en el rechazo de los productos por parte del consumidor, en lugar de buscar el deterioro del producto. Una de las principales ventajas de este método es que los datos obtenidos, provienen de las pruebas afectivas realizadas a los consumidores (Cruz, Walter, Silva Cadena, & Santana, 2010). Es un método de estimación de vida útil sensorial y busca conocer la actitud del consumidor hacia el producto, es decir si se consumiría o no. Para esto únicamente se requieren muestras almacenadas a lo largo del tiempo y muestras recién fabricadas del producto. (Vidal, 2014)

Mediante este tipo de prueba, el fabricante se asegura de que la vida útil estimada corresponda con los parámetros de calidad percibidos por el consumidor. Además, evita cualquier posible y alcanza las expectativas de los consumidores. (Vidal, 2014)

c. Estudio de durabilidad a tiempo real

Este tipo de método consiste en mantener el producto en las condiciones previstas para su almacenamiento y determinar, a distintos tiempos, el atributo crítico de calidad hasta alcanzar un valor límite. Dependiendo de la naturaleza del producto y los mecanismos de deterioro que está predispuesto a sufrir, se determinará el atributo crítico de calidad. Por lo general, este método se aplica en el análisis de productos perecederos y se busca reproducir las peores condiciones a las que se podría enfrentar el producto en cuanto a almacenamiento, distribución y comercialización. A partir de esta prueba se obtienen resultado reales, debido a que no se realizan estimaciones ni predicciones. (Núñez *et al.* 2017) (AGQ Labs, 2015)

Por ejemplo, en un estudio realizado por Valencia García *et al.* (2008) se estimó el tiempo de vida útil fisicoquímico, sensorial e instrumental de queso crema bajo en calorías, a tiempo real y en condiciones de refrigeración, por ser un producto perecedero y almacenarse de dicha manera.

d. Métodos acelerados

Este método busca predecir la manera a la que se comportarán los alimentos a sus condiciones habituales, al someterlo a condiciones extremas. A diferencia del método anterior, este tipo de análisis se utiliza principalmente para determinar la vida útil de producto poco perecederos o de larga duración. Su principal ventaja consiste en la reducción del tiempo de estudio, siendo posible obtener resultados en corto tiempo. (AGQ Labs, 2015)

Este tipo de estudios resulta útil al evaluar efectividad de algún proceso, al validar cambios en la formulación y controles de calidad y desarrollar nuevos productos. (AGQ Labs, 2015)

e. Microbiología predictiva

La metodología predictiva consiste en determinar la evolución de los microorganismos propios del producto, para predecir el comportamiento de los mismos en cierto sistema. Entre sus ventajas se encuentra que estudia condiciones específicas y proporciona información útil durante la etapa de desarrollo. Por el contrario, su principal desventaja es que requiere de su validación posterior respecto a las condiciones finales del producto definidas. (AGQ Labs, 2015)

3. Condiciones del estudio según el producto

Al momento de determinar el tiempo de vida útil de un producto, se debe tener en cuenta que se obtendrán tanto tiempo como condiciones de estudio que se realicen. Por lo mismo, se deben tomar en cuenta las condiciones a las que se someterá (o se podría someter) el producto desde su producción hasta su comercialización, para definir las condiciones del estudio. (Reyes Morales, 2016)

a. Determinación del enfoque a seguir

Como se mencionaba anteriormente, la vida útil de un producto se puede determinar sensorial, fisicoquímica, microbiológica o nutricionalmente, dependiendo de su naturaleza. Entre las pruebas fisicoquímicas se puede evaluar la ganancia de humedad, cambios de color, pérdida de alguna propiedad física como la textura, entre otros. Por otro lado, la vida útil microbiológica se puede determinar cuantificando las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de un microorganismo crítico en el producto, a lo largo del tiempo (Betts, 2011). Asimismo, al optar por pruebas sensoriales es posible elegir entre pruebas discriminativas, descriptivas y escalas por medio de un panel entrenado o bien, por pruebas afectivas por parte de los consumidores.

Al determinar el tiempo de vida útil a partir de resultados sensoriales, el resultado más representativo corresponde al proveniente de las pruebas con consumidores. La demás información sirve como indicador de magnitud o descripción de los cambios que se van desarrollando en el producto conforme pasa el tiempo.

Por ejemplo, en un estudio realizado por Montes Villanueva y Trinidad (2009) se realizó una prueba de consumidores quienes evaluaron muffins usando una escala hedónica de 9 puntos. Ellos

tomaron un promedio de 5 como calificación límite. Asimismo se utilizó esta calificación en otro estudio realizado por Pérez (2003) en pechugas de pollo cocidas y empacadas al vacío y como ejemplo en el libro Food Processing Technology de Fellows (2017). El límite a utilizar se determina según el riesgo que se esté dispuesto a permitir, en cuanto a la vida útil (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007).

b. Determinación de las condiciones del estudio

Como se mencionaba anteriormente, es necesario conocer hacia dónde y quiénes va dirigido el producto, para establecer las condiciones de temperatura, humedad y luz, a las cuáles se someterán las muestras durante el estudio. (Reyes Morales, 2016)

c. Plan de muestreo

Para la determinación del tiempo de estudio y de los intervalos de tiempo de extracción de muestras, se debe tener en cuenta información previa del producto. Esta información se puede obtener a través de observaciones preliminares o bien, productos similares. (Reyes Morales, 2016)

Según Hough (2010), se recomiendan al menos 6 intervalos de tiempo, sin embargo, el mínimo requerimiento es de 3 puntos distintos. Asimismo, se debe someter al producto a un mínimo de 3 condiciones diferentes de temperatura y humedad controlada. (Reyes Morales, 2016)

Las frecuencia del muestreo pueden ser constantes a lo largo del tiempo, como por ejemplo cada 2 semanas, o bien variable, incrementando conforme pasa el tiempo (Hough, 2010). También, es posible incrementar el número de muestras al tiempo en el que se espera que el producto tenga mayores probabilidades de fallar. Por último, conforme la temperatura de almacenamiento aumente, la frecuencia de muestreo debe aumentar también (Reyes Morales, 2016).

d. Determinación de la cantidad de muestras a almacenar

Como punto inicial, se debe tener en cuenta que todo el producto destinado a un estudio de vida útil debe provenir del mismo lote de producción. La cantidad de muestra necesaria para llevar a cabo el estudio dependerá de los siguientes aspectos.

1. El tipo de producto
2. El número y tipo de condiciones de almacenamiento. Al someter al producto a condiciones extremas, se espera que dure menos tiempo y por ende, se requiere de menos muestras.
3. El tiempo de vida útil esperado.

4. La frecuencia del muestreo.
  5. La cantidad de pruebas fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas, con sus respectivas repeticiones (duplicado, triplicado). Para las pruebas sensoriales se deben tomar en cuenta la cantidad de evaluadores.
  6. Una cantidad de respaldo por si se dan imprevistos.
- (Reyes Morales, 2016)

#### 4. Parámetros críticos a evaluar para determinar la vida útil

La calidad se refiere a la satisfacción de las expectativas del consumidor, por lo que la calidad proporcionada por los alimentos debe ir acorde a la calidad esperada por el consumidor (Van Boekel, 2008). El análisis sensorial está destinado a validar el tiempo en el que el producto conservará su nivel de calidad aceptable o en el que no presentará cambios en sus características sensoriales (Kilcast & Subramaniam, 2000).

#### 5. Condiciones aceleradas

La vida útil acelerada consiste en someter al producto a condiciones extremas, con el propósito de acelerar su deterioro. Según Hough (2010) y Calligaris *et al.* (2007), el objetivo de este método de análisis es obtener proyecciones a largo plazo, partiendo de pruebas en corto plazo. Por lo mismo, se utiliza con alimentos que presentan un tiempo de vida útil extenso y mecanismos de deterioro lentos a temperatura ambiente (Fellows, 2017).

Los métodos de aceleración se dividen en ya sea, incrementar el uso del producto o, la velocidad de deterioro (Meeker & Escobar, 1990). La segunda categoría se utiliza generalmente en alimentos aumentando el impacto de variables de almacenamiento experimentales, comúnmente la temperatura. La temperatura es uno de los factores más importantes que intervienen en la velocidad de deterioro, que incluyen crecimiento microbiano, oxidación de los lípidos y pérdida de vitaminas (Fellows, 2017).

La velocidad de deterioro de un producto, para predecir su vida útil, se puede obtener a partir del estudio de un índice de calidad característico del producto. El efecto que tenga la temperatura en dicho índice se determina por medio de la ecuación de Arrhenius. (Fellows, 2017)

Los estudios de vida útil acelerada tienen como limitante que solo se puede variar un factor climático, como por ejemplo la temperatura, dejando constante otro factor, como la humedad,

cuando la interacción de ambos afecta simultáneamente a los productos. Estas estimaciones se pueden utilizar para medir las velocidades de deterioro o determinar equivalencias de tiempo, en base a cinéticas de reacción. (Reyes Morales, 2016)

a. Almacenamiento

1) Almacenamiento tradicional

Este tipo de almacenamiento consiste en almacenar un lote de muestra en las condiciones seleccionadas e ir haciendo el muestreo según los tiempos prefijados (Reyes Morales, 2016). Cada vez que se realiza el muestreo, se llevan a cabo todos los análisis (Hough, 2010).

2) Almacenamiento inverso

El almacenamiento inverso tiene como objetivo “contar con todas la muestras, cada una con un tiempo de almacenamiento distinto, disponibles en un día específico”. Por lo mismo, las muestras se van almacenando, en las condiciones seleccionadas a sus tiempos prefijados, de tal manera que se obtengan en un mismo día todas las muestras con diferentes grados de deterioro (Reyes Morales, 2016). Cuando las muestras vayan a ser evaluadas, ya sea por consumidores o por panelistas entrenados, se deberá reunirlos una única vez. (Hough, 2010).

3) Almacenamiento luego de cada extracción

El almacenamiento luego de la extracción (o previo, de ser un almacenamiento inverso), depende de la naturaleza del producto y qué tan significativa sea el cambio durante el almacenamiento, en comparación dentro de las cabinas aceleradas (Hough, 2010). Por ejemplo, las galletas en cuestión, debido a su naturaleza, forma de almacenamiento y empaque metalizado, no desarrollarán cambios significativos a lo largo del tiempo de estudio en comparación a las muestras dentro de las cabinas aceleradas (Hough, 2010).

Otra alternativa de almacenamiento consiste en el congelamiento de las muestras, una vez extraídas de su respectiva condición. Sin embargo, se debe evaluar que el producto no sufra de alteraciones durante este proceso (Hough, 2010). En el estudio realizado a productos de panificación por Calligaris et al. (2007), las muestras extraídas se congelaron hasta su evaluación.

b. Cinética de reacción

La cinética de reacción hace referencia a la velocidad con la cambia cierto parámetro o atributo conforme pasa el tiempo. Dependiendo de dicho comportamiento, se puede clasificar la reacción

como de orden cero, primer orden, etcétera. El orden de cero se caracteriza por presentar un comportamiento lineal, mientras que el primer orden corresponde a un comportamiento exponencial. Dichos órdenes corresponden a los más observados en alimentos. Para determinar el que mejor se adapte a los datos, es necesario graficar el atributo (eje x) versus el tiempo (eje y), y escoger la regresión que mejor lo caracterice (es decir, la que presente un valor de R<sup>2</sup> más cercano a la unidad). (Hough, 2010)

c. Cálculos

1) Factor Q<sub>10</sub>

El factor Q<sub>10</sub> se define como la razón de las velocidades de reacción a temperaturas que difieren entre sí por 10°C. (Hough, 2010)

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10^{\circ}C}}{k_T} \quad (Ec. 5)$$

Para determinar el tiempo de vida útil por medio de este método se requiere de la recopilación de datos a lo largo del tiempo a las tres distintas temperaturas (con 10°C de diferencia entre ellas) como se mencionaba anteriormente. Se procede a graficar los días de almacenamiento (eje x) versus el atributo medido (eje y), a cada temperatura. Luego, a partir de las ecuaciones obtenidas, se obtienen las respectivas pendientes. Estas pendientes pueden sustituirse en la ecuación anterior (Ec. 4) o bien, se puede graficar el inverso de la temperatura en grados Kelvin (eje x) versus el logaritmo de la pendiente obtenida a su temperatura (eje y). Estos últimos datos dan lugar a una nueva ecuación. La pendiente de esta ecuación (m) se sustituye en la siguiente fórmula para obtener el factor.

$$Q_{10} = 10^{-10m} \quad (Ec. 6)$$

El factor obtenido se multiplica por el tiempo de vida útil determinado a una temperatura 10°C mayor a la temperatura a la que se quiere determinar.

2) Ecuación de Arrhenius

La ecuación de Arrhenius es una expresión matemática que relaciona la cinética de una reacción con la temperatura a la que esta ocurre (Hough, 2010). Si se determinan las velocidades a la que cambia cierto parámetro a por lo menos tres temperaturas distintas, la velocidad a la que



cambiará a una cuarta temperatura podrá ser encontrada por medio de interpolación o extrapolación. (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007)

La ecuación de Arrhenius tiene varias formas sin embargo, la forma general es la siguiente.

$$k = k_0 e^{-\left(\frac{E_a}{RT}\right)} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

- $k_0$  = constante de la cinética de la reacción o velocidad
- $E_a$  = energía de activación (J/mol)
- $R$  = constante de los gases ideales (8.3144 J/(mol\*K))
- $T$  = temperatura (K)

Para resolver este tipo de problemas el procedimiento es el siguiente. Luego de haber obtenido los datos a lo largo del tiempo a las diferentes temperaturas, éstos se grafican días de almacenamiento (eje x) versus el atributo medido (eje y). Según la distribución de los puntos, se elige el orden de reacción que caracterice la distribución. El valor de  $R^2$  debe acercarse lo más posible a la unidad.

Una vez obtenidas las gráficas con sus respectivas ecuaciones, se extraen las pendientes (m) correspondientes. Estas pendientes hacen referencia a la velocidad de reacción. Posteriormente, se grafica el inverso de la temperatura en grados Kelvin (eje x) versus el logaritmo de k (o bien, el negativo de m) obtenida a su temperatura (eje y). Mediante la ecuación obtenida, es posible obtener la velocidad de reacción (k) a la temperatura a la que se quiere determinar la vida útil.

Por último, la constante obtenida (k) se sustituye en la siguiente ecuación para determinar el tiempo de vida útil a su respectiva temperatura, si la reacción corresponde a orden cero.

$$t = \frac{X - X_0}{k} \quad (\text{Ec. 8})$$

Por otro lado, si la reacción es de primer orden, los datos se sustituyen en la siguiente ecuación.

$$\ln X = \ln X_0 - kt \quad (\text{Ec. 9})$$

La energía de activación se define como la energía mínima que se requiere para iniciar un determinado proceso (Hough, 2010). Es posible obtener la energía de activación de determinada reacción a partir de la gráfica de días (eje x) versus el atributo medido (eje y), como se muestra anteriormente en la Ec. 7.

## V. ANTECEDENTES

En un estudio realizado por Bustamante (2015) se determinó la vida útil de galletas saladas, por medio de la variación de humedad a tres diferentes temperaturas. De esta manera fue posible determinar la vida útil a 20°C a través de la ecuación de Arrhenius. Se tomó como indicador de calidad, mediante un panel entrenado, una humedad máxima de 8%.

Otro estudio fue el realizado por Montes Villanueva y Trinidad en 2009, en el cual se estimó la vida útil sensorial de muffins de chocolate y de zanahoria por medio de la aceptación. Se obtuvieron seis muestras, a diferentes tiempos de almacenamiento, para cada producto. Los consumidores calificaron la apariencia, textura, sabor y calidad total, usando escala hedónica de 9 puntos. Se tomó como límite la calificación de 5 que hace referencia a “ni me gusta, ni me disgusta”. Se obtuvo una relación lineal entre la aceptabilidad y el tiempo de almacenamiento.

Puma Isuiza llevó a cabo un estudio titulado *Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas* que fue publicado en la revista de la Universidad Nacional Agraria La Molina en 2018. En dicho estudio se comparó la vida útil obtenida a partir de diferentes parámetros (humedad, actividad de agua y dureza instrumental) a 35°C, 45°C y 55°C, determinando así cuál sería el parámetro fisicoquímico crítico. Se determinó que el parámetro más afectado fue la humedad y que el límite consistía una de 6.38%. En cuanto a la evaluación sensorial, se consideró un 75% de aceptación por parte de los consumidores (determinando los parámetros críticos).

Por último, un estudio publicado en el Journal of Agricultural and Food Chemistry en 2007 por Calligaris se modeló la vida útil de productos de pastelería por medio de índices de oxidación. Se realizaron pruebas de aceptación y se determinó la formación de peróxidos aumenta con la temperatura. Además las muestras control fueron sometidas a congelación (-18°C), mientras que las demás muestras se sometieron a condiciones de 20°C, 30°C, 37°C y 45°C. Se concluyó que los peróxidos pueden utilizarse para evaluar la vida útil de panecillos (además de servir como base para otros productos de pastelería) sin necesidad de realizar pruebas sensoriales, ahorrando tiempo y recursos.

## VI. METODOLOGÍA

### A. VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD DENTRO DE LAS CABINAS

La verificación de estabilidad dentro de las cabinas, tanto para la de 35°C como para la de 45°C, se realizó mediante data-loggers colocados dentro de las mismas. Se analizaron los datos durante el tiempo de almacenamiento, específicamente desde el 1 de marzo de 2019 a las 8:00hrs hasta el 7 de junio de 2019 a las 7:30hrs. Esto se realizó con el objetivo de verificar la estabilidad de las condiciones internas a las que fueron sometidas las muestras. Además se tomó en cuenta el factor de corrección obtenido en la última calibración del equipo. De esta manera se obtuvieron las temperaturas a utilizar en los cálculos.

### B. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

Debido a que, para la determinación de la vida útil mediante la ecuación de Arrhenius, se requiere de al menos tres temperaturas y sólo se contaba con dos cabinas, se tomó como tercera la temperatura ambiente. Para esto se implementó un termómetro digital colocado en el cuarto de almacenamiento de muestras. Se recopilaron los datos de temperatura a tres horas distintas de cada día, durante 30 días y se encuentran en el Anexo No. 2. De esta manera se obtuvo la temperatura promedio a utilizar.

### C. ALMACENAMIENTO INVERSO

El almacenamiento inverso tiene como objetivo “contar con todas la muestras, cada una con un tiempo de almacenamiento distinto, disponibles en un día específico”. Al momento de evaluar las muestras, ya sea por consumidores o por panelistas entrenados, deben reunirse una única vez. (Hough, 2010)

#### 1. Determinación de la cantidad de muestra a almacenar

Para la determinación de las muestras a almacenar se tomaron en cuenta tanto el número de panelistas entrenados y un diseño en duplicado como también la cantidad de consumidores a evaluar, además de los análisis fisicoquímicos en triplicado. Según Hough, se recomiendan al menos 6 intervalos de tiempo. Sin embargo, para las muestras de ambiente se almacenó únicamente lo suficiente para 3 intervalos de tiempo. Esto se debe a que, por la naturaleza del producto y observaciones previas, no se esperan cambios significativos en la aceptabilidad del producto durante sus primeros meses de vida.

Se determinaron los tamaños de muestra, las cantidades de muestras por paquete individual y la cantidad de empaques individuales dentro de la presentación original final a almacenar. Asimismo, se almacenó un extra del 30% por fecha, en caso de imprevistos. Por último, se almacenó lo necesario para aplazar el estudio tres fechas más, por si no se llegará al deterioro esperado para la última fecha prevista. Los siguientes cuadros muestran el total de muestras almacenadas.

Cuadro No. 1: Cantidad de galletas tipo **soda** almacenadas en cada cabina.

Muestra	Contenedoras requeridas			Total
	Panel entrenado	Panel consumidor	Análisis fisicoquímico	
1	1	1	1	3
2	1	1	1	3
3	1	1	1	3
4	1	1	1	3
5	1	1	1	3
6	1	1	1	3
Total de contenedoras (de 8 paquetes individuales) introducidas en la fecha inicial, en cada cabina				18

Cuadro No. 2: Cantidad de galletas tipo **oblea rellena** almacenadas en cada cabina.

Muestra	Contenedoras requeridas			Total
	Panel entrenado	Panel consumidor	Análisis fisicoquímico	
1	1	1	1	3
2	1	1	1	3
3	1	1	1	3
4	1	1	1	3
5	1	1	1	3
6	1	1	1	3
Total de contenedoras (de 12 paquetes individuales) introducidas en la fecha inicial, en cada cabina				18

A partir de las observaciones previas y los datos actuales de vida útil, se determinó el intervalo de tiempo de extracción de cada muestra logrando establecer las fechas correspondientes. De igual

manera, lo respectivo a la congelación de las muestras de ambiente. Ambas galletas se ingresaron a las cabinas en la misma fecha. La galleta tipo oblea rellena presenta un tiempo de vida útil menor y, por ende, una mayor frecuencia de extracción de muestras durante menos tiempo. Es decir, la vida útil acelerada de la misma llegó a su fin antes que la galleta tipo soda y por ende fue evaluada primero. El panel entrenado no evaluó simultáneamente ambas galletas, para evitar sobresaturación y sesgo en los resultados.

SODA		Días de almacenamiento (35 y 45°C)						
		0	43	64	92	106	127	148
Fechas de extracción de cabina	Fecha 1	Muestra A						
	Fecha 2		Muestra 1					
	Fecha 3			Muestra 2				
	Fecha 4				Muestra 3			
	Fecha 5					Muestra 4		
	Fecha 6						Muestra 5	
	Fecha 7							Muestra 6

Figura No. 1: Extracción de muestras de las galletas tipo **soda**.

OBLEA RELLENA		Días de almacenamiento (35 y 45°C)						
		0	30	43	57	71	85	99
Extracción de cabina	Fecha 1	Muestra A						
	Fecha 2		Muestra 1					
	Fecha 3			Muestra 2				
	Fecha 4				Muestra 3			
	Fecha 5					Muestra 4		
	Fecha 6						Muestra 5	
	Fecha 7							Muestra 6

Figura No. 2: Extracción de muestras de las galletas tipo **oblea rellena**.

#### D. DETERMINACIÓN DEL MÉTODO DE ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS

Durante el almacenamiento inverso y el tiempo de estudio, de forma periódica y en las fechas establecidas, se fueron extrayendo las muestras de las condiciones a las que fueron sometidas. La muestra extraída corresponde con cada fecha.

Las galletas en cuestión, debido a su naturaleza, forma de almacenamiento y empaque metalizado, no desarrollan cambios significativos fuera de las cabinas a lo largo del tiempo de estudio en comparación a las muestras dentro (Hough, 2010). Asimismo, se evaluó el proceso de congelación para la conservación de las muestras ambiente, debido a que a estas condiciones no desarrollarían cambios significativos en comparación al ambiente.

Se realizó una prueba de discriminación (triangular) con un panel de consumidores, con el objetivo de identificar si existía o no diferencia entre muestras que fueron congeladas (y descongeladas con un día de anticipación) y muestras que no. Las muestras, tanto previamente congeladas como originales, se le presentaron al evaluador en órdenes aleatorizados, identificadas cada una con un número de tres dígitos escogidos al azar. Al no encontrarse diferencia significativa durante la prueba, las muestras ambiente se almacenaron de esta manera hasta el día de su evaluación.

1. Prueba de consumidor para la evaluación del congelamiento de muestras, como alternativa de almacenamiento de muestras ambiente

La prueba triangular se basa en la presentación simultánea de tres muestras a cada panelista, dónde una es diferente a las otras dos. El objetivo es que el panelista determine cuál es la muestra diferente. El orden de la presentación de las muestras varía con el panelista, habiendo sido éste previamente aleatorizado. (Hernández, 2005)

Se evaluaron un total de 54 consumidores de los cuales 27 eran hombres y 27 mujeres, la mayoría dentro del rango de edad de 18-24 años. Según el número final de panelistas evaluados y la proporción de respuestas correctas, se estableció que no existía una diferencia significativa entre las muestras, tomando como referencia el Anexos No. 3. Por lo que se decidió congelar las muestras ambiente. Las hojas maestras para dicha prueba y el cuestionario, se encuentran en el Anexo No. 4.

2. Determinación del intervalo de tiempo (y fechas) de congelación de las muestras ambiente

SODA		Días a ambiente		
		13	82	117
Fechas de congelación	Fecha 1	Muestra 1		
	Fecha 2		Muestra 2	
	Fecha 3			Muestra 3

Figura No. 3: Fechas de congelación de muestras ambiente de las galletas tipo **soda**.

OBLEA RELLENA		Días a ambiente		
		13	82	117
Fechas de congelación	Fecha 1	Muestra 1		
	Fecha 2		Muestra 2	
	Fecha 3			Muestra 3

Figura No. 4: Fechas de congelación de muestras ambiente de las galletas tipo **oblea rellena**.

## E. ANÁLISIS SENSORIAL

### 1. Panel entrenado

El panel entrenado estaba conformado por 13 panelistas, que fueron entrenados durante 5 meses en diferentes tipos de galletas y sus respectivos atributos. Por lo mismo, tenían conocimiento de la manera en la que cambian las galletas a lo largo del tiempo. Mediante las pruebas realizadas por el panel entrenado se determinó el descriptor crítico sensorial de cada tipo de galleta. Las pruebas se realizaron en duplicado. Se llevaron a cabo 6 sesiones de evaluación en total, 3 por cada tipo de galleta.

#### a. Escala de 15 puntos

Los panelistas fueron entrenados según la escala de 15 puntos, por lo que cada descriptor escogido se evaluó según la misma. Los panelistas evaluaron todas las muestras al finalizar el tiempo de almacenamiento.

Como descriptores sensoriales se evaluaron, en las galletas tipo soda, la textura (dureza sensorial, crujencia y adhesividad), la rancidez y el tostado. Asimismo, en las galletas tipo oblea rellena, se evaluaron la textura (dureza sensorial, crujencia y adhesividad) y la rancidez. Los cuestionarios correspondientes se encuentran en el Anexo No. 4. A continuación se definen los descriptores sensoriales mencionados.

- Dureza: fuerza que se necesita hacer con los molares para deformar la muestra.
- Crujencia: volumen del sonido al masticar.
- Adhesividad: nivel de deformación de la muestra.
- Rancidez: aroma asociada a la grasa oxidada.
- Tostado: aroma asociado a las galletas que durante el proceso de horneado han sido sometidas a altas temperaturas por un período prolongado.



## 2. Panel de consumidor

El panel de consumidores se llevó a cabo con el propósito de evaluar la aceptabilidad del producto. Esto se debe a que el consumidor tiene la última palabra (Hough, 2010) y a que los panelistas entrenados tienen conocimiento de, y por ende tendencia a buscar, los atributos críticos y defectos de cada una de las galletas. Entre 50 y 100 individuos son los que se requieren para expresar la aceptación (o rechazo) de las muestras a diferentes tiempos de almacenamiento, y dicha cantidad es suficiente para estimar a vida útil (Hough & Garitta, 2012).

Los paneles de consumidor se consideran como la mejor forma de determinar el fin de la vida útil de algún producto. Sin embargo, son costosos y difíciles de llevar a cabo pues hay que estar reuniendo gente en múltiples ocasiones (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007). A continuación se muestra un resumen de los paneles de consumidor llevados a cabo.

Cuadro No. 3: Paneles de consumidor llevados a cabo para la evaluación de las muestras.

Galleta	Galleta tipo oblea rellena			Galleta tipo soda		
Panel	1	2	3	4	5	6
Cantidad de muestras evaluadas	6	6	6	6	6	6
Cantidad de panelistas	54	53	52	45	54	56

### a. Aceptación

A los consumidores, se les presentaron todas las muestras al finalizar el período del almacenamiento. El diseño fue completamente aleatorizado, es decir, que panelistas diferentes evaluaron el número de muestras presentado cada día en el Cuadro No. 3. Se realizaron 3 paneles de consumidor por tipo de galleta, con el objetivo de evitar la saturación de los evaluadores con demasiadas muestras. De esta manera, cada panelista evaluó un total de 6 muestras. Los consumidores generalmente pueden evaluar más de 3-4 muestras, sobretodo si lo solamente van a evaluar la aceptabilidad de las mismas (Hough & Garitta, 2012).

#### 1) Escala hedónica de 9 puntos

Los panelistas evaluaron la aceptabilidad general, de textura y de sabor de cada muestra, mediante una escala hedónica de 9 puntos, como lo realizó Montes Villanueva y Trinidad (2009)

en la evaluación de muffins. Dicha escala se encuentra en la sección de Anexos y abarca desde “me disgusta muchísimo” con calificación de 1, hasta “me gusta muchísimo” con calificación de 9.

## 2) Aleatorización

El total de muestras (18) por tipo de galleta, fue aleatorizado para su evaluación tanto por panel de consumidor como por panel entrenado. Se escogieron sets de 6 muestras al azar, para ser presentadas en los múltiples paneles. En un estudio realizado por Calligaris *et al.* (2007) cada consumidor recibió 6 muestras correspondientes a 6 tiempos aleatorios de almacenamiento.

Cuadro No. 4: Asignación de número aleatorios y códigos de tres dígitos a galletas tipo **soda**.

Almacenamiento	Días de almacenamiento	Número aleatorio	Código de tres dígitos
Cabina 1 (36°C)	43	1	849
	64	16	712
	92	10	497
	106	14	243
	127	6	934
	148	3	681
Cabina 2 (39°C)	43	12	232
	64	14	093
	92	17	579
	106	9	228
	127	2	851
	148	15	918
Ambiente	13	7	627
	82	5	113
	117	13	165
Inicial	Muestra 1	18	406
	Muestra 2	11	565
	Muestra 3	8	726

Cuadro No. 5: Aleatorización de galletas tipo **soda**.

Evaluación sesión 1			Evaluación sesión 2			Evaluación sesión 3		
Número	Código	Días	Número	Código	Días	Número	Código	Días
1	849	43 (1)	16	712	64 (1)	3	681	148 (1)
10	497	92 (1)	14	243	106 (1)	15	918	148 (2)
6	934	127 (1)	4	093	64 (2)	7	627	13 (A)
12	232	23 (2)	17	579	92 (2)	5	113	82 (A)
9	228	106 (2)	2	851	127 (2)	11	565	0 (M2)
18	406	0 (M1)	13	165	117 (A)	8	726	0 (M3)

\*Dentro del paréntesis se encuentra la condición de almacenamiento, los números 1 y 2 hacen referencia a las cabinas 1 y 2, respectivamente. Por otro lado, la letra A hace referencia al ambiente y la letra M a las muestras iniciales.

Cuadro No. 6: Asignación de números aleatorios y códigos a galletas tipo **oblea rellena**.

Almacenamiento	Días de almacenamiento	Número aleatorio	Código de tres dígitos
Cabina 1 (36°C)	30	7	147
	43	4	815
	57	9	388
	71	15	504
	85	16	184
	99	14	722
Cabina 2 (39°C)	30	5	293
	43	12	195
	57	11	240
	71	18	749
	85	2	051
	99	8	795
Ambiente	13	17	923
	82	3	329
	117	13	675
Inicial	Muestra 1	1	962
	Muestra 2	10	513
	Muestra 3	6	109

Cuadro No. 7: Aleatorización de galletas tipo **oblea rellena**.

Evaluación sesión 1			Evaluación sesión 2			Evaluación sesión 3		
Número	Código	Días	Número	Código	Días	Número	Código	Días
8	795	99 (2)	16	184	85 (1)	9	388	57 (1)
1	962	M1	4	815	43 (1)	5	293	30 (2)
12	195	43 (2)	2	051	85 (2)	11	240	57 (2)
7	147	30 (1)	17	923	13 (A)	18	749	71 (2)
10	513	M2	3	329	82 (A)	13	675	117 (A)
15	504	71 (1)	14	722	99 (1)	6	109	M3

\*Dentro del paréntesis se encuentra la condición de almacenamiento, los números 1 y 2 hacen referencia a las cabinas 1 y 2, respectivamente. Por otro lado, la letra A hace referencia al ambiente y la M a las muestras iniciales.

## F. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

Estas pruebas buscaban cuantificar lo determinado sensorialmente. Todos los análisis fisicoquímicos se realizaron en triplicado con muestras provenientes de distintos paquetes individuales.

### 1. Humedad

Se determinó la humedad de las muestras, por medio de una balanza de humedad marca OHAUS MB23. El procedimiento realizado consistió en triturar la muestra, a manera de obtener la homogenización de la misma y aumentar el área superficial para promover el secado. Posteriormente se pesaron 1.5 gramos y se colocaron en la balanza para determinar la diferencia de peso por pérdida de agua y el porcentaje de humedad respectivo. Este análisis se realizó inmediatamente después de abrir el paquete debido a que las muestras son altamente higroscópicas.

En un estudio realizado por Puma Isuiza (2018) se determinó que el valor crítico de humedad, para galletas saladas, consistió en 6.3%. Asimismo, se determinó que las galletas tipo soda son aceptadas por el consumidor hasta un valor de humedad de 6.8%, según Sirpatrawan (2009).

### 2. Actividad de agua

Se determinó la actividad de agua de las muestras por medio del equipo Aqua Lab modelo Series 3 TE. El procedimiento a seguir consistió en triturar la muestra, colocarla en el porta-muestra e introducirla en el equipo. Este análisis, al igual que el análisis de humedad, se realizó inmediatamente después de abrir el paquete debido a que las muestras son altamente higroscópicas.

### 3. Dureza

La dureza instrumental (g), la deformación según dureza (mm) y el trabajo requerido (mJ), se determinaron por medio de un texturómetro de Brookfield modelo CT3 10K. Se utilizó el accesorio cilíndrico TA39 debido a que es el recomendado en el manual de usuario del equipo, para muestras rígidas de forma definida. Este accesorio se utilizó en un estudio que se presenta como ejemplo en este manual, en el que se determinaron los cambios de textura en dos tipos de galletas. Las condiciones de las pruebas fueron las siguientes, carga de activación de 7g y velocidad del test de 5 mm/s, con un valor meta del 50% de deformación.

Se realizaron tres repeticiones por galleta y se analizaron tres galletas provenientes de diferentes paquetes, por muestra. En el estudio realizado por Puma Isuiza (2018) se realizaron tres repeticiones por paquete. Esta prueba es útil para darle seguimiento a los cambios que surgen como resultado de la migración de humedad hacia el interior del empaque. (Cauvain & Young, 2009)

### 4. Color

La medición de color de las muestras se realizó implementando un colorímetro marca HunterLab modelo MiniScan EZ. Se realizaron tres mediciones por galleta y tres galletas provenientes de distintos paquetes, por muestra. A partir de los datos  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  obtenidos, se calcularon la tonalidad (h) y la pureza (C) utilizando las ecuaciones Ec. 1 y Ec. 2, respectivamente.

### 5. Índice de peróxidos

A pesar de que las galletas tipo oblea rellena se encontraban contenidas en un empaque metalizado y sellado, es posible que el incremento en la temperatura generara peróxidos y enranciamiento. Para establecer si era necesario determinar el índice de peróxidos de todas las muestras (18), se evaluaron muestras frescas versus muestras almacenadas dentro de las cabinas aceleradas por más de 6 meses. No se observó variación significativa, por lo que este análisis fue descartado.

Para la determinación del índice de peróxidos, primero se extrajo la grasa del relleno mediante el método de Soxhlet. Posteriormente, se tomó como referencia el método AOAC 965.33. Se pesó la grasa extraída del relleno, y se le adicionó 15mL de una mezcla de ácido acético y cloroformo en proporción 3/2. Posteriormente se añadió 0.5mL de yoduro de potasio saturado en agua y se dejó reposar 10 minutos en un lugar oscuro. Luego, se adicionaron 15mL de agua destilada y se agitó. Se tituló con solución de tiosulfato de sodio 0.1M hasta que estuvo a punto de desaparecer el color

amarillo. Por último, se añadió 0.5mL de almidón al 1% y se continuó titulando hasta que desapareciera el color azul. El índice de peróxidos se obtuvo calculando los miliequivalentes de tiosulfato de sodio utilizados en la titulación por kilogramo de muestra, por medio de la siguiente ecuación.

$$\text{Índice de peróxidos} = \frac{S * M * 1000}{g} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde S se refiere al de tiosulfato de sodio usados para titular corregidos con el blanco en mililitros, M a la molaridad de la muestra y g al peso de la muestra en gramos.

#### G. ANÁLISIS DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL DESCRIPTOR CRÍTICO

Al finalizar la parte experimental se obtuvieron series de datos sensoriales y fisicoquímicos. Para determinar el descriptor crítico, se obtuvieron los coeficientes de correlación de Pearson de cada parámetro medido respecto a la aceptabilidad (general, de textura, de sabor) por parte de los consumidores. Se determinó si existía o no una correlación entre la aceptabilidad y las demás variables, mediante el valor P obtenido a partir de un modelo lineal con RStudio que se muestra en el Anexo No. 9. La hipótesis nula del análisis de correlación era que no existía correlación entre las variables y la hipótesis alternativa era que la correlación entre las variables no es igual a cero. El valor P debía ser menor al alfa de 0.05 para concluir que si existía correlación.

#### H. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE CORTE

Los puntos de corte, es decir, los valores límite de los descriptores críticos de cada galleta, se determinaron mediante dos métodos.

El primero se basa en el error promedio de cuadrados, obtenido a partir de un análisis de varianza (de dos factores con una sola muestra por grupo) de los resultados de aceptabilidad de las diferentes muestras. Por otro lado, el segundo método consistió en tomar una aceptabilidad de 5, que hace referencia a “ni me gusta ni me disgusta”, como fin de la vida útil. Esta calificación fue utilizada en estudios como el realizado a muffins de zanahoria y de chocolate por Montes Villanueva y Trinidad (2009), por Pérez (2003) en pechugas de pollo cocidas y empacadas al vacío y en un ejemplo encontrado en el libro Food Processing Technology de Fellows (2017). Los límites se determinan según el riesgo que se esté dispuesto a permitir, en cuanto a la vida útil (Calligaris, Manzocco, Kravina, & Nicoli, 2007).

A continuación se muestra el ejemplo del cálculo del punto de corte de galletas tipo **oblea rellena cabina 2**, por ambos métodos descritos anteriormente.

1. Método 1: Promedio de cuadrados de la aceptabilidad de las muestras a lo largo del tiempo de almacenamiento

Para obtener el error promedio de cuadrados, requerido en el primer método, se realizó un análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo. Esto fue posible a través de Excel, habiendo tabulado los datos de aceptabilidad de las muestras a lo largo del tiempo.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ACEPTABILIDAD DE TEXTURA							
2								
3		Días de almacenamiento						
4	Consumidor	0	30	43	57	71	85	99
5	1	7	7	9	3	3	8	4
6	2	8	8	7	6	2	3	2
7	3	7	8	1	6	4	1	1
8	4	8	8	8	6	5	6	4
9	5	7	4	4	4	5	2	4
10	6	8	6	3	1	4	3	1
11	7	9	7	7	1	5	3	3
12	8	8	2	5	1	1	3	3
13	9	8	8	3	3	1	4	4
14	10	8	5	3	5	1	6	1
15	11	7	2	6	1	2	7	6
16	12	7	3	5	1	3	5	3
17	13	5	8	6	2	3	6	4
18	14	8	9	4	4	5	3	4
19	15	8	3	4	1	4	2	4
20	16	8	3	5	5	5	4	4
21	17	7	6	4	4	2	3	3
22	18	7	7	7	4	5	4	4
23	19	6	3	6	3	6	5	4
24	20	8	5	4	2	3	4	3
25	21	7	9	8	2	8	5	5
26	22	8	6	7	4	5	2	2
27	23	8	5	6	5	4	6	5
28	24	5	3	6	4	5	6	4
29	25	8	8	5	3	7	3	3
30	26	8	4	7	1	7	3	3
31	27	6	5	6	5	6	4	7
32	28	7	6	7	3	5	3	2

Figura No. 5: Ejemplo de la tabulación en Excel de los datos de aceptabilidad de textura de muestras de galleta tipo **oblea rellena cabina 2** a lo largo del tiempo, para el análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo.

En la pestaña de “Datos” y opción de “Análisis de datos”, se seleccionó la opción de “Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo”, como se muestra en la Figura No. 6.

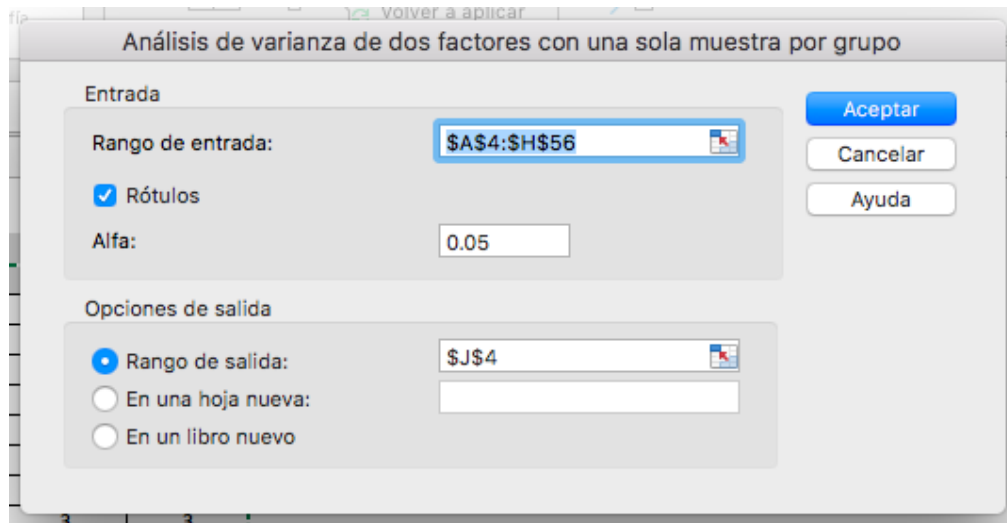


Figura No. 6: Ventana de Excel para la definición de rango de entrada y salida del análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo.

El rango de entrada coincide con la matriz de datos de la Figura No. 5. Se dio “clic” en “Aceptar”, obteniendo la siguiente información.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	194.980464	51	3.823146353	1.32788671	0.077939021	1.38911373
Columnas	710.7985348	6	118.4664225	41.1467345	1.19214E-36	2.128254607
Error	881.010989	306	2.879120879			
Total	1786.789988	363				

Figura No. 7: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo obtenido en Excel.

La celda sombreada corresponde al error promedio de cuadrados. Que se sustituyó en la Ec. 4 como valor (MSE) para obtener el valor límite por debajo del cual la aceptabilidad sensorial de las muestras se habrá reducido significativamente (S), basada en una escala de aceptabilidad de 9 puntos. Sustituyendo en dicha ecuación, se obtuvo lo siguiente.

$$S = 7.4226 - 1.645 \sqrt{\frac{2(2.8791)}{52}} = 6.8753$$

Debido a que el alfa ( $\alpha$ ) es 0.05, el valor de  $Z_{\alpha}$  correspondiente es de 1.645. Los consumidores (n) fueron 52 y la aceptabilidad inicial de la muestra consistió en 7.4226.



Al obtener la aceptabilidad a la cual se habrá reducido significativamente la aceptación por parte de los consumidores (6.8753), se procedió a realizar una regresión entre la aceptabilidad de las muestras y el descriptor crítico determinado (en este caso, la humedad).

Cuadro No. 8: Aceptabilidad y humedad de las muestras de galletas tipo **oblea rellena cabina 2**, a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Días de almacenamiento en la cabina 2	Humedad (%)	Aceptabilidad de textura
0	1.57	7.42
43	2.17	5.98
64	2.27	5.09
92	2.63	3.40
106	3.03	3.91
127	3.27	4.25
148	4.37	3.30

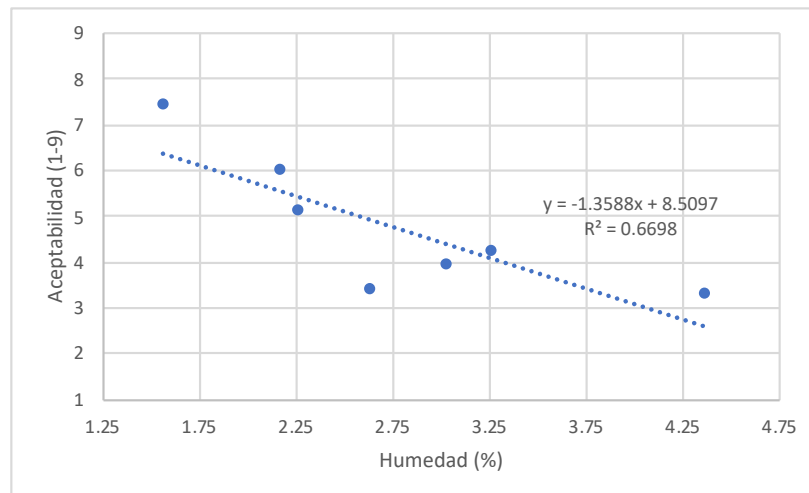


Figura No. 8: Aceptabilidad de galletas tipo **oblea rellena cabina 2**, respecto al descriptor crítico “humedad” de las muestras.

Las regresiones entre la aceptabilidad y el descriptor crítico de las demás muestras se encuentran en el Anexo No. 6.

Una vez obtenida la regresión, se sustituyó el valor de aceptabilidad límite obtenido (S), pudiendo determinar la humedad correspondiente.

$$6.8753 = -1.3588x + 8.5097$$

$$x = 1.20\% \text{ de humedad}$$

Este valor corresponde al punto de corte, según la metodología basada en el error promedio de cuadrados.

## 2. Método 2: Aceptabilidad límite de 5 en una escala de 9 puntos

Primero se realizó una regresión entre los resultados de aceptabilidad respecto al tiempo de almacenamiento a dicha condición (en este caso, cabina 2). Los datos se encuentran en el Cuadro No. 8.

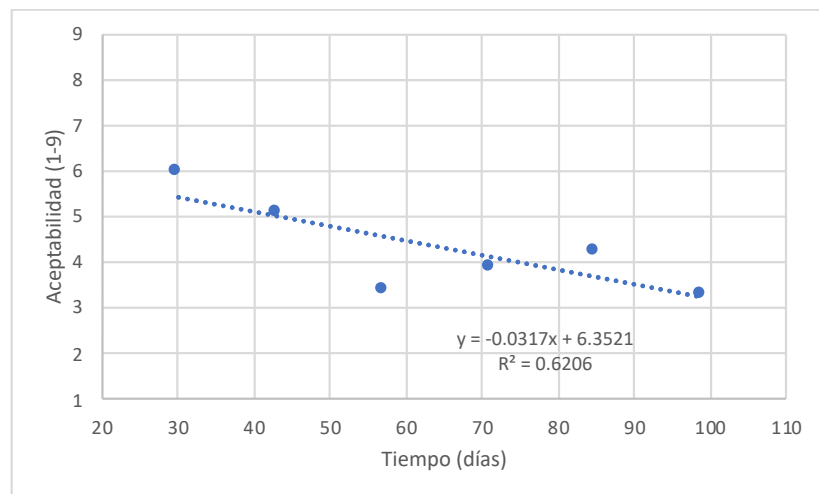


Figura No. 9: Aceptabilidad de textura de galletas tipo **oblea rellena cabina 2** a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Se sustituyó entonces, la calificación límite de 5 en la ecuación obteniendo los días de almacenamiento.

$$5 = -0.0317x + 6.3521$$

$$x = 42 \text{ días en la cabina 2}$$

Se procedió a graficar el descriptor crítico (humedad) a lo largo del tiempo de almacenamiento en la cabina 2. Los datos se encuentran en el Cuadro No. 8.

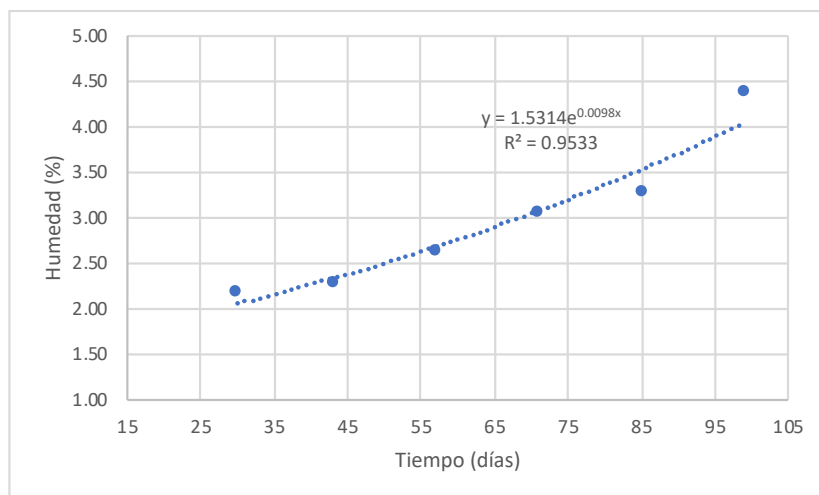


Figura No. 10: Humedad de galletas tipo **oblea rellena cabina 2** a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Una vez obtenida la regresión, se calculó la humedad límite sustituyendo los días de almacenamiento determinados anteriormente. Como se puede observar, los datos de la humedad en las muestras a lo largo del tiempo presentan un comportamiento exponencial.

$$y = 1.5314e^{0.0098 \cdot 42}$$

$$y = 2.311\% \text{ de humedad}$$

Este valor corresponde al punto de corte, según la metodología basada en una aceptabilidad límite de 5 en una escala de 9 puntos.

Todos los puntos de corte determinados en este estudio se obtuvieron de la misma forma, para ambas metodologías.

## I. DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL

A partir entonces, del punto de corte establecido para el descriptor crítico, se procedió a calcular el tiempo de vida útil a 25°C. Para poder determinar la constante o velocidad de deterioro (k) a dicha temperatura a partir de las diferentes condiciones de almacenamiento, se determinaron las constantes o velocidades (k) a cada condición. Estas constantes se extrajeron de las regresiones entre el descriptor crítico (humedad) versus tiempo de almacenamiento a cada condición, mostrada en la Figura No. 18 de la sección de resultados.

Cuadro No. 9: Velocidades de deterioro (k) de los cambios de humedad a través del tiempo de almacenamiento a diferentes condiciones de galletas tipo **oblea rellena**.

Condición	Temperatura (°C)	Temperatura (K)	Inverso de la temperatura (1/T(K))	Constante k (velocidad de deterioro)	Log (k)
Cabina 2	39.30	312.45	0.00320051	0.0098	-2.0087739
Cabina 1	36.19	309.34	0.00323269	0.0051	-2.2924298
Ambiente	21.00	294.15	0.00339963	0.0015	-2.8239087

Partiendo de las casillas sombreadas se obtuvo la regresión que se encuentra en Figura No. 18 de la sección de resultados. De dicha regresión, se procedió a calcular la velocidad de deterioro (k) a 25°C.

$$\log(k) = -12.55 * \ln\left(\frac{1}{25 + 273.15}\right) - 74.179 = -2.6742$$

$$k_{25^{\circ}\text{C}} = 10^{-2.6742} = -0.0021176$$

Las constantes k del Cuadro No. 9 son el negativo ( $k = -m$ ) del número extraído de las gráficas con la forma  $y = A_0 e^{mt}$ . Sin embargo, al calcular el logaritmo de un número negativo resulta en error, por lo que el signo se le asignó hasta el final.

Una vez obtenida la k a la temperatura a la que se quiere determinar la vida útil, se hace uso de la Ec. 9 por ser haber sido catalogada como una reacción de primer orden, al seguir un comportamiento exponencial.

$$\ln(2.311) = \ln(1.567) - (-0.0021176)t$$

$$t \cong 183 \text{ días (6 meses)}$$

Se utilizó como valor límite el punto de corte obtenido a partir del método 2: Aceptabilidad límite de 5 en una escala de 9 puntos, ejemplificado en la sección H inciso 2, de la metodología.

Los tiempos de vida útil determinados en este estudio se obtuvieron de esta forma. Cabe resaltar que la vida útil es específica según las condiciones y empaques utilizados.

## VII. RESULTADOS

### A. ANÁLISIS DE CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Cuadro No. 10: Condiciones dentro de las cabinas de almacenamiento.

Data-logger	Número de muestras	Promedio de temperatura (°C)	Desviación estándar (°C)	Promedio de humedad relativa (%)	Desviación estándar (%)
Cabina 1	4700	38.69	0.42	78.76	1.10
Cabina 2	4702	39.70	2.04	76.07	9.15

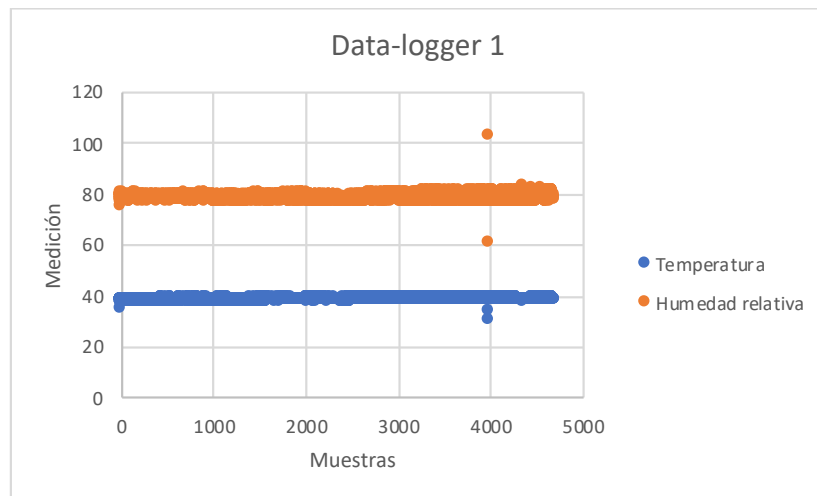


Figura No. 11: Temperatura y humedad relativa a lo largo del tiempo en la cabina 1.

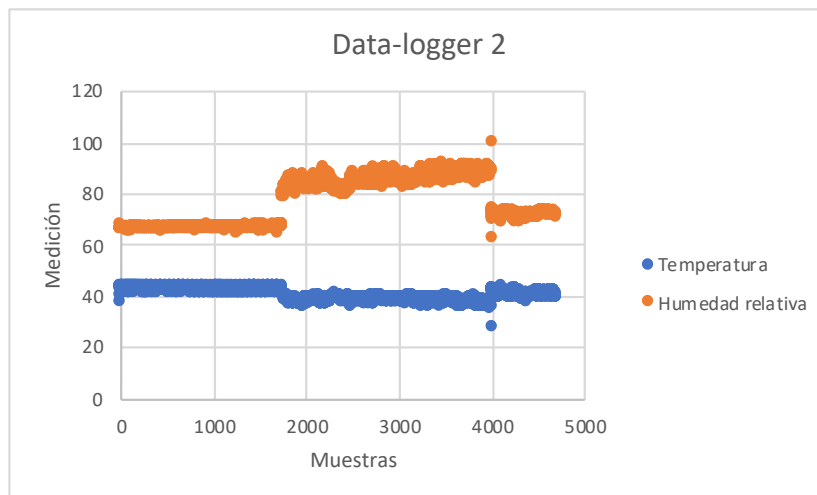


Figura No. 12: Temperatura y humedad relativa a lo largo del tiempo en la cabina 2.

Cuadro No. 11: Corrección de temperatura y humedad relativa según la última calibración de los data-loggers.

Data-logger	Corrección de temperatura (°C)	Corrección de humedad relativa (%)
Cabina 1	-2.5	-5.0
Cabina 2	-0.4	-2.2

Cuadro No. 12: Condiciones finales dentro de las cabinas de almacenamiento.

Cabina	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Cabina 1	36.19±0.42	73.76±1.10
Cabina 2	39.30±2.04	73.87±9.15

Cuadro No. 13: Condiciones ambiente.

Número de muestras	Promedio de temperatura (°C)	Desviación estándar (°C)	Promedio de humedad relativa (%)	Desviación estándar (%)
90	21.0	1.0	70.5	4.5

## B. DETERMINACIÓN DEL MÉTODO DE ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS AMBIENTE

Cuadro No. 14: Panel de consumidor para la evaluación del congelamiento de las muestras ambiente.

Galleta	Consumidores evaluados	*Número mínimo de aciertos para concluir diferencia significativa	Número real de aciertos	Diferencia significativa entre muestras previamente congeladas y sin congelar
Soda	54	26	17	No
Oblea rellena	54	26	22	No

\*El número mínimo de aciertos para concluir si existe o no diferencia significativa se obtuvo del Cuadro No. 33 de la sección de Anexos No. 3.

### C. DESCRIPTORES EN GALLETAS TIPO SODA

Cuadro No. 15: Promedios de calificaciones de atributos, obtenidos con el panel entrenado en galletas tipo **soda**.

Condición	Días de almacenamiento	Atributos			
		Tostado durante consumo	Tostado residual	Rancio durante consumo	Rancio residual
Cabina 1	43	5.89	5.44	0.92	0.67
	64	5.71	4.76	1.44	1.32
	92	5.66	4.97	2.21	2.53
	106	5.41	4.58	2.28	2.25
	127	5.05	4.65	3.39	3.45
	148	4.44	4.06	4.44	5.33
Cabina 2	43	5.47	4.91	2.29	2.62
	64	5.78	5.05	2.79	3.07
	92	5.06	4.19	3.58	3.42
	106	4.94	4.63	3.39	3.89
	127	4.47	3.61	4.75	5.58
	148	3.89	3.66	6.61	7.08
Ambiente	13	6.11	5.64	0.22	0.17
	82	5.83	5.56	0.86	0.78
	117	5.97	5.29	0.21	0.37
Inicial	Muestra 1	5.69	5.22	0.58	0.86
	Muestra 2	5.97	5.77	0.11	0.00
	Muestra 3	5.67	5.39	0.28	0.44
	Promedio	5.78	5.46	0.32	0.43

Cuadro No. 16: Promedios de calificaciones de atributos de textura, obtenidos con el panel entrenado en galletas tipo **soda**.

Condición	Días de almacenamiento	Atributos				
		Dureza en primera mordida	Crujencia en primera mordida	Dureza durante consumo	Crujencia durante consumo	Adhesividad
Cabina 1	43	6.69	6.19	6.00	5.81	4.36
	64	6.97	5.87	6.13	5.39	4.87
	92	7.02	5.84	6.29	5.55	4.55
	106	6.64	6.25	5.89	5.47	4.58
	127	6.82	5.95	6.32	5.47	4.76
	148	7.22	5.97	6.47	5.11	4.86
Cabina 2	43	6.82	6.21	5.79	5.68	4.50
	64	7.03	6.18	6.47	5.79	4.55
	92	7.08	5.64	6.33	5.25	4.39
	106	6.95	5.89	6.55	5.42	4.87
	127	7.42	5.33	6.19	4.64	4.25
	148	6.31	5.56	6.44	5.11	4.67
Ambiente	13	6.86	7.36	6.22	6.44	5.03
	82	6.72	6.33	5.94	5.56	4.72
	117	7.47	7.08	6.39	6.32	4.92
Inicial	Muestra 1	6.53	6.61	5.94	5.83	4.17
	Muestra 2	6.83	6.97	6.44	6.19	4.39
	Muestra 3	7.50	6.75	6.89	6.31	5.00
	Promedio	6.95	6.78	6.42	6.11	4.52



Cuadro No. 17: Promedio de la aceptabilidad de galletas tipo **soda** con panel de consumidores.

Condición	Días de almacenamiento	Aceptabilidad		
		General	Textura	Sabor
Cabina 1	43	6.56	6.36	6.42
	64	6.06	6.54	5.83
	92	5.27	5.31	4.80
	106	6.02	5.98	5.35
	127	5.29	5.16	4.91
	148	4.75	4.63	4.16
Cabina 2	43	6.64	6.33	6.31
	64	6.30	6.26	6.17
	92	6.39	6.26	5.98
	106	6.18	5.98	5.91
	127	6.22	5.98	5.94
	148	5.14	5.52	4.80
Ambiente	13	6.43	6.66	6.50
	82	6.84	6.98	6.86
	117	6.57	7.17	6.96
Inicial	Muestra 1	6.73	6.91	7.04
	Muestra 2	6.71	7.05	6.82
	Muestra 3	6.68	7.04	6.88
	Promedio	6.71	7.00	6.91

Cuadro No. 18: Promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados en galletas tipo **soda**.

Condición	Días de almacenamiento	Humedad (%)	Aw	Dureza (g)	Deformación (mm)	Trabajo (mJ)	Chroma	Hue
Cabina 1	43	3.90	0.227	528	1.40	5.63	29.88	1.47
	64	4.03	0.205	574	0.98	5.93	28.22	1.47
	92	4.30	0.235	703	1.24	6.27	29.00	0.11
	106	4.47	0.283	582	1.30	5.48	28.32	1.47
	127	4.73	0.238	650	1.33	7.82	27.61	0.09
	148	5.00	0.301	653	1.12	5.03	27.50	0.11
Cabina 2	43	3.03	0.188	541	1.49	4.50	28.40	0.12
	64	3.70	0.188	572	1.44	6.14	27.18	1.49
	92	3.67	0.200	555	1.14	5.46	29.65	1.47
	106	4.37	0.264	634	1.36	7.30	27.40	0.09
	127	3.83	0.223	655	0.96	7.07	31.18	1.45
	148	3.90	0.191	558	1.33	5.57	28.86	0.12
Ambiente	13	2.27	0.105	661	1.29	5.09	31.41	0.13
	82	2.40	0.109	614	1.24	5.91	30.30	0.11
	117	2.67	0.078	667	1.27	5.42	30.48	1.45
Inicial	Muestra 1	1.87	0.077	591	0.83	5.03	30.31	0.11
	Muestra 2	2.33	0.122	447	1.32	4.22	30.88	0.12
	Muestra 3	2.27	0.108	565	0.78	4.73	31.41	0.11
	Promedio	2.16	0.102	534	0.98	4.66	30.87	0.11

#### D. DESCRIPTORES EN GALLETAS TIPO OBLEA RELLENA

Cuadro No. 19: Promedios de calificaciones de atributos, obtenidos con el panel entrenado en galletas tipo **oblea rellena**.

Condición	Días de almacenamiento	Atributos	
		Rancio durante consumo	Rancio residual
Cabina 1	30	1.41	1.15
	43	1.11	1.50
	57	4.00	3.80
	71	3.24	3.22
	85	3.40	3.40
	99	3.83	4.36
Cabina 2	30	1.39	1.67
	43	1.88	2.24
	57	5.20	5.57
	71	6.14	6.81
	85	4.71	4.38
	99	6.52	6.67
Ambiente	13	0.19	0.14
	82	0.38	0.62
	117	0.48	0.39
Inicial	Muestra 1	0.47	0.50
	Muestra 2	0.36	0.58
	Muestra 3	0.04	0.13
	Promedio	0.29	0.40

Cuadro No. 20: Promedios de calificaciones de atributos de textura, obtenidos con el panel  
entrenado en galletas tipo **oblea rellena**.

Condición	Días de almacenamiento	Atributos				
		Dureza en primera mordida	Crujencia en primera mordida	Dureza durante consumo	Crujencia durante consumo	Adhesividad
Cabina 1	30	6.72	4.39	6.00	4.17	5.09
	43	6.92	5.36	6.39	4.94	5.61
	57	7.63	3.09	6.96	2.50	6.11
	71	6.85	4.74	6.13	4.26	4.76
	85	7.62	5.02	6.57	4.36	4.95
	99	7.08	4.25	6.28	3.47	6.00
Cabina 2	30	6.69	4.83	6.03	5.06	4.67
	43	6.81	5.33	5.98	4.93	4.74
	57	7.43	3.76	7.15	3.13	4.96
	71	7.44	3.75	6.78	3.06	6.36
	85	6.69	5.05	5.95	4.24	4.88
	99	7.55	4.45	5.98	3.86	5.38
Ambiente	13	6.67	5.43	5.88	4.71	4.76
	82	6.43	5.02	6.07	4.86	5.00
	117	6.26	5.22	5.48	4.85	4.28
Inicial	Muestra 1	5.56	4.31	4.83	4.11	4.61
	Muestra 2	6.56	5.58	5.36	5.42	4.42
	Muestra 3	5.96	5.76	5.43	5.09	4.74
	Promedio	6.02	5.22	5.21	4.87	4.59

Cuadro No. 21: Promedio de la aceptabilidad de galletas tipo **oblea rellena** con panel de consumidores.

Condición	Días de almacenamiento	Aceptabilidad		
		General	Textura	Sabor
Cabina 1	30	6.51	5.96	6.62
	43	6.72	6.24	6.54
	57	6.31	5.79	6.46
	71	5.55	4.55	5.55
	85	5.70	4.89	5.55
	99	5.30	4.44	4.96
Cabina 2	30	6.41	5.98	6.28
	43	6.00	5.09	6.09
	57	4.92	3.40	4.45
	71	4.70	3.91	4.24
	85	5.21	4.25	4.60
	99	3.89	3.30	3.00
Ambiente	13	7.23	7.83	7.15
	82	6.81	7.36	6.91
	117	6.57	6.23	6.55
Inicial	Muestra 1	6.96	7.33	6.98
	Muestra 2	6.98	7.46	6.85
	Muestra 3	7.15	7.47	7.04
	Promedio	7.03	7.42	6.96

Cuadro No. 22: Promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados en galletas tipo **oblea rellena**.

Condición	Días de almacenamiento	Humedad (%)	Aw	Dureza (g)	Deformación (mm)	Trabajo (mJ)	Chroma	Hue
Cabina 1	30	2.50	0.425	434	1.88	4.97	37.62	0.23
	43	2.67	0.468	442	2.39	5.42	34.37	0.24
	57	2.97	0.481	322	2.28	3.72	36.53	0.24
	71	3.23	0.419	433	2.30	6.26	33.65	0.24
	85	3.30	0.420	507	2.80	6.69	35.55	0.23
	99	3.53	0.442	424	2.28	6.48	38.56	0.21
Cabina 2	30	2.17	0.475	425	1.85	4.59	38.19	0.23
	43	2.27	0.452	348	2.08	4.30	36.48	0.24
	57	2.63	0.416	606	2.36	9.06	32.51	0.23
	71	3.03	0.456	502	1.89	6.29	35.73	0.23
	85	3.27	0.450	572	2.68	7.83	34.04	0.23
	99	4.37	0.441	638	2.88	9.57	31.21	0.23
Ambiente	13	1.73	0.465	274	1.61	3.44	35.63	0.23
	82	1.87	0.443	255	1.07	3.20	35.08	0.24
	117	2.03	0.407	395	2.18	4.54	33.59	0.23
Inicial	Muestra 1	1.70	0.464	268	2.60	3.07	34.82	0.23
	Muestra 2	1.50	0.438	399	1.90	4.56	39.62	0.21
	Muestra 3	1.50	0.505	322	2.50	4.13	39.08	0.24
	Promedio	1.57	0.469	330	2.33	3.92	37.84	0.23

## E. DETERMINACIÓN DEL DESCRIPTOR CRÍTICO

Cuadro No. 23: Coeficientes de correlación de Pearson y valor P de los atributos respecto a la aceptabilidad de las muestras de galletas tipo **soda**.

Atributo	Aceptabilidad general		Aceptabilidad de textura		Aceptabilidad de sabor	
	Coeficiente de Pearson	Valor P	Coeficiente de Pearson	Valor P	Coeficiente de Pearson	Valor P
Humedad	-0.30837	0.6530	-0.3529	0.6636	-0.41935	0.5097
Aw	-0.26836	0.5400	-0.3399	0.9133	-0.39334	0.1730
Dureza	-0.15481	0.6370	-0.1548	0.7206	-0.15848	0.1874
Deformación	-0.03671	0.2820	-0.0755	0.0554	-0.07616	0.8387
Trabajo	-0.12488	0.3810	-0.1686	0.0573	-0.16411	0.2102
Chroma	0.22927	0.6440	0.2650	0.5046	0.31314	0.9715
Hue	0.07318	0.7760	0.0575	0.3515	0.04717	0.8516
Tostado durante consumo	0.35213	0.9770	0.3679	0.6443	0.42940	0.0448
Tostado residual	0.35958	0.8830	0.3805	0.1888	0.43756	0.7232
Rancio durante consumo	-0.35983	0.3400	-0.3825	0.2404	-0.45598	0.5167
Rancio residual	-0.35779	0.2950	-0.3725	0.1988	-0.44893	0.7789
Dureza primera mordida	0.01546	0.4960	0.0892	0.1720	0.05604	0.5305
Crujencia primera mordida	0.26539	0.2280	0.3309	0.0346	0.37441	0.3361
Dureza en consumo	-0.09945	0.6550	-0.0143	0.5981	-0.09802	0.5544
Crujencia durante consumo	0.28784	0.3820	0.3400	0.0325	0.38182	0.1827
Adhesividad	0.02085	0.9520	0.0686	0.9837	0.04105	0.8915

\*Las casillas sombreadas muestran los atributos que presentan una correlación con la aceptabilidad de las muestras.

Cuadro No. 24: Coeficientes de correlación de Pearson de los atributos respecto a la aceptabilidad de las muestras de galletas tipo **oblea rellena**.

Atributo	Aceptabilidad general		Aceptabilidad de textura		Aceptabilidad de sabor	
	Coeficiente de Pearson	Valor P	Coeficiente de Pearson	Valor P	Coeficiente de Pearson	Valor P
Humedad	-0.43455	0.6230	-0.5361	0.000157	-0.47304	0.3346
Aw	0.18197	0.6270	0.2574	0.193913	0.17663	0.0935
Dureza	-0.41771	0.4190	-0.5318	0.001863	-0.48255	0.4593
Deformación	-0.21980	0.7080	-0.2940	0.905704	-0.26040	0.3907
Trabajo	-0.44269	0.4610	-0.5506	0.001733	-0.50953	0.1236
Chroma	0.25939	0.9950	0.3070	0.000605	0.29103	0.0226
Hue	0.06112	0.6630	0.0330	0.022390	0.08879	0.1784
Rancio durante consumo	-0.47500	0.7180	-0.5795	0.004176	-0.52230	0.4929
Rancio residual	-0.47632	0.8110	-0.5794	0.000568	-0.52448	0.5817
Dureza en primera mordida	-0.34409	0.2760	-0.4477	0.002834	-0.36447	0.2390
Crujencia en primera mordida	0.24386	0.6180	0.3172	0.072275	0.23912	0.9605
Dureza durante consumo	-0.25773	0.1920	-0.3830	0.010771	-0.26118	0.0784
Crujencia durante consumo	0.29342	0.6930	0.3749	0.032971	0.30194	0.7008
Adhesividad	-0.22704	0.6110	-0.2719	0.000609	-0.24096	0.3345

\*Las casillas sombreadas muestran los atributos que presentan una correlación con la aceptación de las muestras.



Cuadro No. 25: Descriptor crítico de cada tipo de galleta, según su correlación con la aceptabilidad de los consumidores.

Galleta	Aceptabilidad	Descriptor crítico
Tipo soda	Textura	Crujencia durante consumo
Tipo oblea rellena	Textura	Humedad

F. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE CORTE

Cuadro No. 26: Valores (S) por debajo de los cuales la aceptabilidad del producto almacenado se habrá reducido significativamente basado en una escala de aceptabilidad de textura 1-9.

Galleta	Valor S (aceptabilidad en escala de 1-9)		Error del promedio de cuadrados	
	Cabina 1	Cabina 2	Cabina 1	Cabina 2
Tipo soda	6.535	6.499	2.112	2.426
Tipo oblea rellena	6.782	6.875	3.942	3.879

Cuadro No. 27: Puntos de corte basados en el promedio de cuadrados de la aceptabilidad de las muestras a lo largo del tiempo de almacenamiento, según los descriptores críticos.

Galleta	Descriptor crítico	Punto de corte	
		Cabina 1	Cabina 2
Tipo soda	Crujencia durante consumo	Calificación de 5.820	Calificación de 5.845
Tipo oblea rellena	Humedad	Humedad de 2.068	Humedad de 1.203

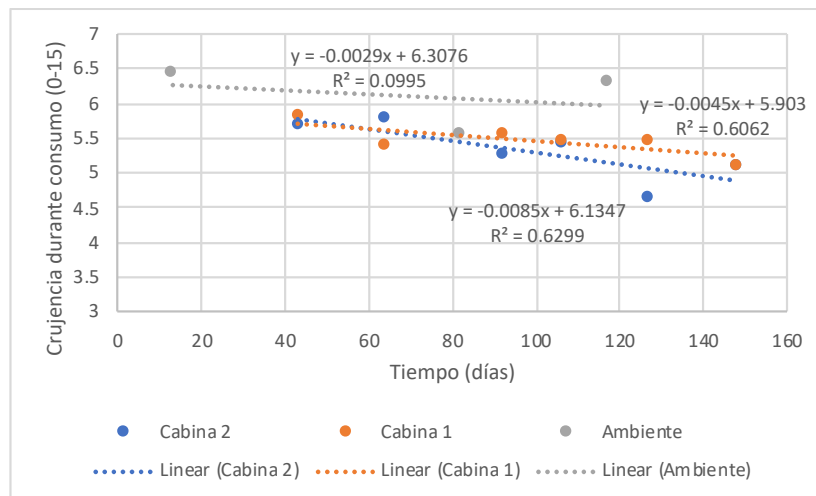


Figura No. 13: Calificación por panel entrenado del atributo “crujencia durante consumo” en galletas tipo **soda**, a lo largo del tiempo de almacenamiento.

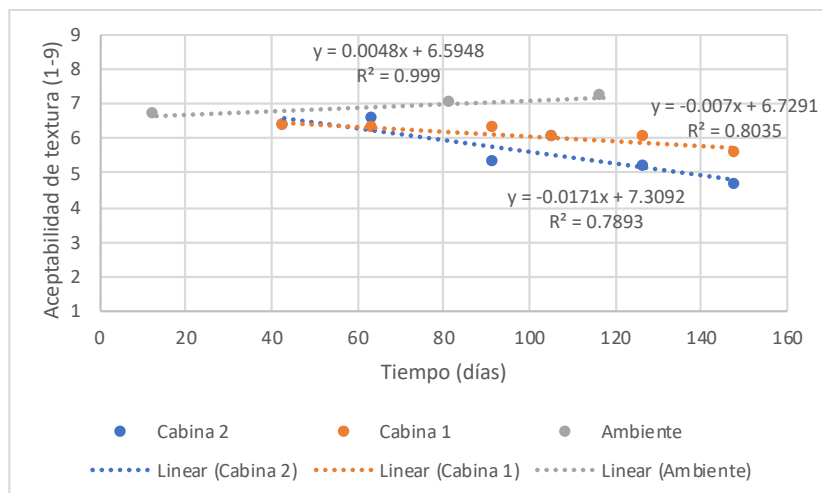


Figura No. 14: Aceptabilidad de textura de galletas tipo **soda** a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Cuadro No. 28: Comparación de puntos de corte obtenidos en galletas tipo **soda**.

Puntos de corte				
Metodología	Calculados utilizando el error promedio de cuadrados		Calculados a partir de una aceptabilidad de 5 por parte de los consumidores	
Almacenamiento	Cabina 1	Cabina 2	Cabina 1	Cabina 2
Calificación de "crujencia durante consumo"	5.820	5.845	4.792	4.987

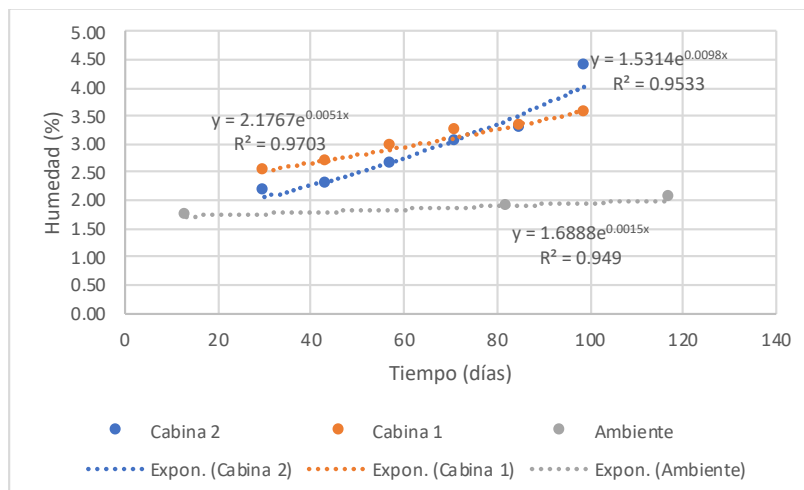


Figura No. 15: Atributo “humedad” en galletas tipo **oblea rellena**, a lo largo del tiempo de almacenamiento.

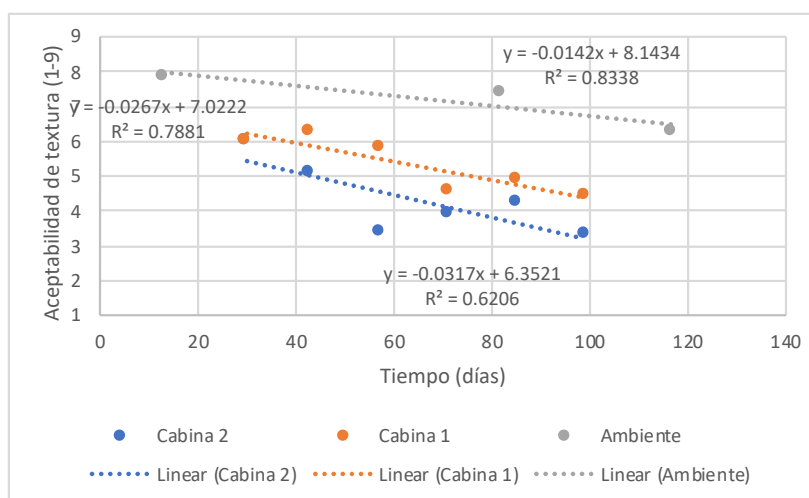


Figura No. 16: Aceptabilidad de textura de galletas tipo **oblea rellena** a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Cuadro No. 29: Comparación de puntos de corte obtenidos en galletas tipo **oblea rellena**.

Puntos de corte				
Metodología	Calculados utilizando el error promedio de cuadrados		Calculados a partir de una aceptabilidad de 5 por parte de los consumidores	
Almacenamiento	Cabina 1	Cabina 2	Cabina 1	Cabina 2
Humedad (%)	2.068	1.203	3.191	2.311

## G. DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL A 25°C

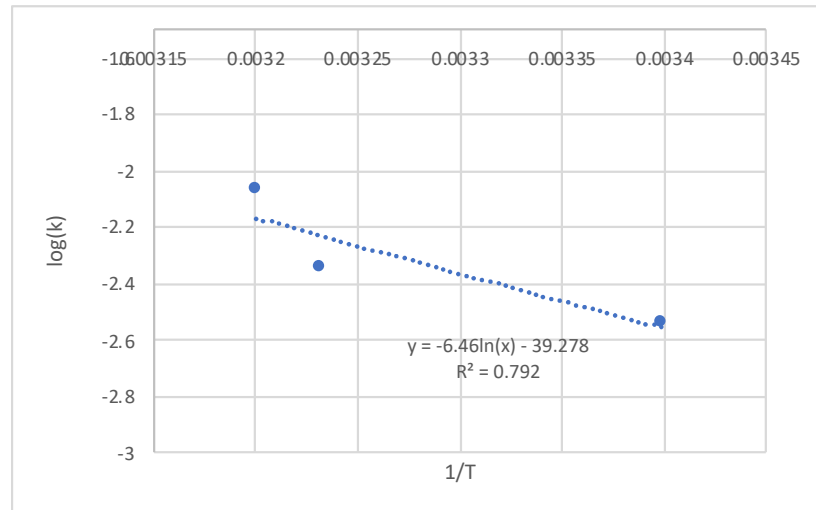


Figura No. 17: Gráfica para la obtención de la velocidad de deterioro (k) a 25°C, para las galletas tipo **soda** según el atributo “crujencia durante consumo”.

Cuadro No. 30: Vida útil a 25°C determinada a partir del descriptor crítico “crujencia durante consumo” de las galletas tipo **soda**.

Velocidad de deterioro (k) a 25°C	Calificación inicial del atributo “crujencia durante consumo”	Calificación límite (punto de corte)	Vida útil a 25°C
0.0033766	6.111	4.987	332 días (11 meses)

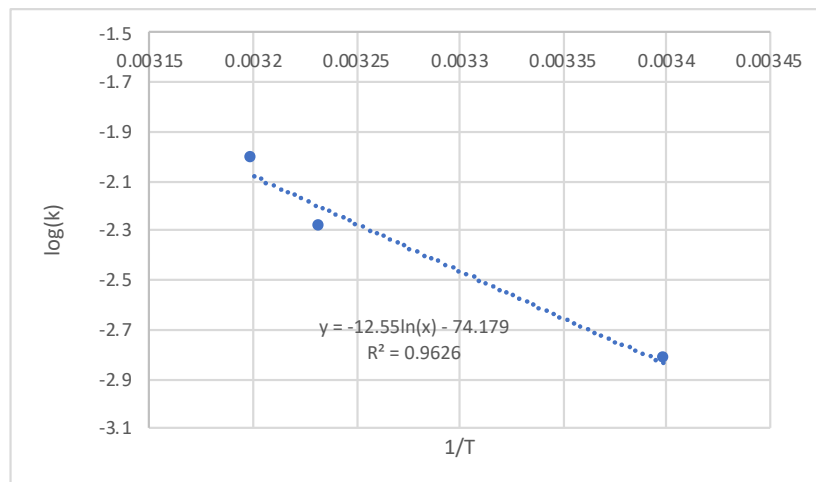


Figura No. 18: Gráfica para la obtención de la velocidad de deterioro (k) a 25°C, para las galletas tipo **oblea rellena** según el atributo “humedad”.

Cuadro No. 31: Vida útil a 25°C determinada a partir del descriptor crítico “humedad” de las galletas tipo **oblea rellena**.

Velocidad de deterioro (k) a 25°C	Humedad inicial	Humedad límite (punto de corte)	Vida útil a 25°C
-0.0021176	1.567	2.311	183 días (6 meses)

## VIII. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio consistía en determinar la vida útil sensorial de galletas tipo soda y oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas. Para esto se analizó el comportamiento de ciertos descriptores sensoriales y parámetros fisicoquímicos, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Según la correlación con el grado de aceptabilidad de las muestras, se eligió el descriptor crítico de cada tipo de galleta. Por último se obtuvo la vida útil a 25°C por medio del principio de Arrhenius.

Al analizar las diferentes condiciones de almacenamiento, se puede observar en la Figura No. 11 que la cabina 1 presentó condiciones estables tanto de temperatura como de humedad relativa, a lo largo del tiempo. Por otro lado, la cabina 2 presentó variaciones notables en la humedad relativa, sin embargo la temperatura se mantuvo estable a lo largo del tiempo del estudio.

Para la determinación final de las condiciones, fue necesario aplicar las correcciones correspondientes según la última calibración de los data-loggers que se encuentra en el Cuadro No. 11. Las condiciones finales de la cabina 1 consistieron en una temperatura de  $36.19 \pm 0.42^\circ\text{C}$  y una humedad relativa de  $73.76 \pm 1.10\%$ . Por otro lado, las condiciones finales de la cabina 2 consistieron en  $39.30 \pm 2.04^\circ\text{C}$  de temperatura y  $73.87 \pm 9.15\%$  de humedad relativa. Se decidió utilizar las mediciones recopiladas por medio de los data-loggers y no las condiciones preestablecidas en el equipo, con el objetivo de aumentar la sensibilidad de los cálculos y resultados.

Por último, las condiciones ambientales de almacenamiento finales correspondieron a una temperatura de  $21.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$  y a una humedad relativa de  $70.5 \pm 4.5\%$ , como se muestra en el Cuadro No. 13. Podría resultar conveniente realizar la recopilación de datos de condiciones ambiente a lo largo del tiempo de estudio y en horas del día establecidas, y no únicamente durante 30 días a horas aleatorias para identificar cualquier posible variación. Sin embargo, las galletas en cuestión son estables a dichas condiciones (ambientales) sobretodo durante los primeros meses de su vida útil, por lo que cualquier ligera variación se considera despreciable. La humedad relativa no consistía en la variable a acelerar por lo que debía ser lo más similar posible, controlándose en las tres condiciones.

En cuanto a la determinación del método de almacenamiento de las muestras ambiente, se encontró que no había una diferencia significativa entre las muestras congeladas (y descongeladas)

y las muestras sin congelar en cuanto a la percepción del consumidor, como se muestra en el Cuadro No. 14. Por lo mismo, las muestras ambiente se congelaron a las diferentes fechas establecidas y se evaluaron al finalizar el almacenamiento inverso junto con todas las demás.

Como descriptores sensoriales relevantes en galletas tipo soda se escogieron el tostado durante consumo y residual, rancio durante consumo y residual, y la textura (dureza y crujencia en primera mordida, dureza y crujencia durante consumo, y adhesividad) para evaluar por panel entrenado. Los atributos mencionados anteriormente se consideran como más propensos a cambiar durante el tiempo logrando un rechazo por parte del consumidor. Conforme el tiempo de almacenamiento, se observaron tendencias como la disminución del descriptor tostado tanto durante consumo como residual a lo largo del tiempo, así como un aumento del descriptor rancio durante consumo y residual, como se muestra en el Cuadro No. 15.

En cuanto a los atributos de textura no se observó una tendencia definida en los resultados del panel entrenado, como se muestra en el Cuadro No. 16, ni en los resultados fisicoquímicos (dureza instrumental, deformación y trabajo) obtenidos a través del texturómetro y contenidos en el Cuadro No. 18. Esto se debe a que la galleta tipo soda no presenta una superficie ni densidad uniforme, debido principalmente a las burbujas de dióxido de carbono formadas por la digestión de azúcares de la levadura, durante el proceso de fermentación que conlleva la elaboración de las mismas (Manley, 1983).

Al analizar la aceptabilidad de las muestras por parte del consumidor, se puede observar que disminuye conforme el tiempo dentro de las cabinas aceleradas. Sin embargo, las muestras ambiente se presentaron como más aceptables conforme pasó el tiempo que las más frescas, tanto para el sabor como para la textura, como se muestra en el Cuadro No. 17, en la Figura No. 14 (textura) y en el Anexo. No. 17 (sabor). Esto indica que la percepción de la galleta tipo soda por parte del consumidor, no se ve alterada durante sus primeros cuatro meses de vida útil. También, por esto mismo, para la determinación de los puntos de corte se utilizaron únicamente los datos obtenidos por medio de las condiciones aceleradas. Se determinó que la aceptabilidad inicial de las muestras consistía en una calificación de 7 en la escala de 9 puntos, que hace referencia a “me gusta bastante”.

De los resultados fisicoquímicos en las galletas tipo soda, expuestos en el Cuadro No. 18, la mejor tendencia detectada consistió en un aumento de la humedad de las muestras a lo largo del

tiempo. Los resultados de color no presentaron un comportamiento definido a lo largo del tiempo, lo que indica que no es un factor de interés ya que no varía a los 148 días de almacenamiento a las condiciones especificadas. Los bajos valores de actividad de agua brindan evidencia acerca del bajo riesgo microbiológico de los productos en cuestión, sustentando la elección de realizar un estudio de vida útil sensorial y no microbiológico.

En cuanto a las galletas tipo oblea rellena, se analizaron los descriptores sensoriales de rancio durante consumo y residual, debido a su alto contenido de grasa en el relleno. Así como también, los atributos de textura (dureza y crujencia en primera mordida, dureza y crujencia durante consumo, y adhesividad) debido a que la oblea es muy susceptible a factores como el aumento de humedad, que pueden inducir a cambios en dicho atributo. Se puede observar una tendencia de aumento en los atributos de rancidez como se muestra en el Cuadro No. 19, así como ninguna tendencia definida para los atributos de textura como se muestra en el Cuadro No. 20 y en el Anexo No. 8. A diferencia de las galletas tipo soda, se observó una mejor tendencia en los resultados instrumentales de textura (dureza, deformación y trabajo) debido a que la galleta presenta una superficie más uniforme. Todas las mediciones se realizaron en el mismo lado de las galletas, por lo que las variaciones observadas en dichos parámetros se pueden deber a la distribución del relleno.

Al analizar la aceptabilidad de las galletas tipo oblea rellena, se determinó una tendencia de disminución a lo largo del tiempo a las tres condiciones de almacenamiento (cabina 1, cabina 2 y ambiente). Esto indica que los tiempos de almacenamiento y los intervalos de extracción fueron adecuadamente establecidos.

Al igual que las galletas tipo soda, las galletas tipo oblea rellena presentaron un aumento definido en su contenido de humedad conforme al paso del tiempo. Esto se debe a la migración de humedad al interior del empaque que existe y que aumenta con la temperatura y el tiempo. A pesar del aumento de humedad, la actividad de agua se mantuvo por debajo de 0.6 evitando cualquier proliferación de microorganismos patógenos (Gimferrer, 2012) y sustentando la elección de un estudio sensorial. Estas galletas tampoco presentaron tendencia alguna en su pureza y tonalidad de color (chroma y hue, respectivamente) y como se puede observar en el Anexo No. 8.

Como posibles descriptores críticos de las galletas tipo soda se encontraron los atributos de “crujencia en primera mordida” y “crujencia durante consumo” con respecto a la aceptación de textura, y el atributo de tostado durante consumo con respecto a la aceptación de sabor. Esto debido



a que sus valores P resultaron menores que el alfa de 0.05, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alternativa, concluyendo que existía correlación entre la aceptabilidad de las muestras y dichos atributos.

Por otro lado, como posibles descriptores críticos de las galletas tipo oblea rellena se encontraron los siguientes atributos con respecto a la aceptabilidad de la textura de las muestras: humedad, dureza, trabajo, chroma (o pureza), hue (o tonalidad), rancio durante consumo, rancio residual, dureza en primera mordida, crujencia en primera mordida, dureza durante consumo, crujencia durante consumo y adhesividad. Con respecto a la aceptabilidad de sabor, se determinó que una correlación con el atributo chroma (o pureza). Como se puede observar, la aceptación de este tipo de galleta se correlaciona directamente con su textura.

Para escoger el descriptor crítico de las galletas tipo soda, se analizaron el atributo de tostado durante consumo por presentar el mayor coeficiente de Pearson y el atributo de “crujencia durante consumo” por presentar el segundo mayor coeficiente de Pearson de los tres. El atributo de crujencia en primera mordida no se analizó, pues puede ser subjetivo y presentar más variabilidad por las características de la superficie de la galleta, que se mencionaban anteriormente. Posteriormente, al calcular los diferentes puntos de corte y los respectivos tiempos de vida útil, se determinó que el atributo “crujencia durante consumo” correspondía al descriptor crítico. Este comportamiento se da de manera lineal indicando orden cero, como se muestra en la Figura No. 13.

En cuanto a las galletas tipo oblea rellena, se escogió como descriptor crítico su contenido de humedad. Esto se debe a la tendencia definida que presentó a lo largo del tiempo, como se muestra en la Figura No. 15, con valores de  $R^2$  mayores a 0.95. Además de ser una medida práctica y reproducible. Cabe resaltar que es una reacción de primer orden, al presentar un comportamiento exponencial.

Para ambas galletas se determinaron los puntos de corte de dos formas: utilizando el error promedio de cuadrados de la aceptabilidad de las muestras a lo largo del tiempo de almacenamiento y utilizando una aceptabilidad límite de 5 (que hace referencia a “ni me gusta, ni me disgusta”) por parte del consumidor. Como puntos de corte finales, se decidió utilizar los obtenidos a partir de una aceptabilidad 5 por parte del consumidor debido a que es al consumidor a quien va dirigido el producto (Hough, 2010). Se escogió el punto de corte (obtenido mediante dicha metodología) que

presentara el menor riesgo, es decir, el que limitara la vida útil para ambas galletas, como se muestra en el Cuadro No. 28 y en el Cuadro No. 29. Tanto para las galletas tipo soda como para las obleas rellenas, consistió en el punto de corte determinado a partir de la condición de almacenamiento de la cabina 2.

Las velocidades de deterioro a 25°C fueron de 0.0033766 para la galleta tipo soda y de -0.0021176 para la galleta tipo oblea. A partir de esto se determinó la vida útil de cada una, a mencionadas condiciones y al utilizar el empaque propio de las muestras.

La vida útil a 25°C y al utilizar el empaque propio de las muestras de la galleta tipo soda resultó en 11 meses respecto al descriptor crítico de “crujencia durante consumo”, con una calificación límite de 4.987 por el panel entrenado, como se muestra en el Cuadro No. 30. Este atributo fue el limitante, pues según el otro descriptor potencial (tostado durante consumo) la vida útil consistiría en 13 meses, como se muestra en el Anexo No. 7. Actualmente, según el fabricante, la vida útil de la galleta tipo soda es de 7 meses. En el estudio realizado por Puma Isuiza et al. (2018) se estableció como descriptor crítico la humedad con un valor límite de 6.38%. Por otro lado, en el estudio realizado por Bustamante (2015) se utilizó 8% como valor límite de humedad, obteniendo una vida útil de 8 meses.

Por último, como se muestra en el Cuadro No. 31, la vida útil de la galleta tipo oblea rellena a 25°C y al utilizar el empaque propio de las muestras resultó en 6 meses, con una humedad límite de 2.311%. Este valor coincide con la actual vida útil del producto, según el fabricante.

## IX. CONCLUSIONES

1. Se determinó que las condiciones finales de almacenamiento fueron de  $36.19 \pm 0.42^\circ\text{C}$  y  $73.76 \pm 1.10\%$  en la cabina 1,  $39.30 \pm 2.04^\circ\text{C}$  y  $73.87 \pm 9.15\%$  en la cabina 2 y,  $21.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$  y  $70.5 \pm 4.5\%$  en el ambiente.
2. La combinación del almacenamiento inverso, condiciones aceleradas y congelamiento de muestras ambiente, permitió la determinación de la vida útil de galletas tipo soda y oblea rellena en menor tiempo.
3. El coeficiente de correlación de Pearson resultó útil en la determinación del grado de correlación entre la aceptabilidad de las muestras y los distintos descriptores analizados.
4. El descriptor crítico de las galletas tipo soda corresponde al atributo de “crujencia durante consumo” con una calificación límite de 4.987 por el panel entrenado.
5. El descriptor crítico de las galletas tipo oblea rellena corresponde al atributo “humedad” con un valor límite de 2.311%.
6. Las velocidades de deterioro a  $25^\circ\text{C}$  fueron de 0.0033766 para la galleta tipo soda y de -0.0021176 para la galleta tipo oblea.
7. La vida útil bajo las condiciones establecidas y empaques utilizados de la galleta tipo soda es de 11 meses según el descriptor crítico “crujencia durante consumo”.
8. La vida útil bajo las condiciones establecidas y empaques utilizados de la galleta tipo oblea rellena es de 6 meses según el descriptor crítico “humedad”.

## X. RECOMENDACIONES

En estudios posteriores de vida útil sensorial acelerada convendría tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para que la estimación de tiempo sea lo más cercana posible a la realidad.

Para la recopilación de los datos de condiciones ambiente podría resultar conveniente la toma de datos a lo largo del tiempo de estudio y en ciertas horas del día (previamente establecidas) en lugar de únicamente recopilar datos durante 30 días a horas aleatorias. De esta manera sería posible identificar cualquier variación. Asimismo, se podría implementar una tercera cabina de almacenamiento para el control de esta tercera condición definida.

Si se recomienda contar con data-loggers dentro de las cabinas y no basarse en las condiciones previamente programadas. Como se pudo observar, las condiciones pre-programadas de las cabinas de 35°C (cabina 1) y 45°C (cabina 2), no correspondieron con las determinadas a través de los data-loggers.

Durante el almacenamiento, se recomienda realizar una rotación periódica de las muestras dentro de las cabinas. Esto con el objetivo de controlar las variables de posición dentro de la cabina y de contacto entre las muestras dentro. Asimismo, se recomienda controlar la variable luz debido a que las cabinas tenían puerta de vidrio. Para esto se debe tapar la puerta de vidrio con un material que no deje pasar la luz, y simular la luz en un anaquel. Por último, se recomienda congelar todas las muestras luego de extraerse de sus respectivas condiciones (y no únicamente las muestras ambiente).

En cuanto a las galletas tipo soda, debido a que la aceptabilidad de las muestras ambiente por parte del consumidor en lugar de disminuir conforme el paso del tiempo aumentó, se recomienda aumentar el tiempo ambiente. Además, podría resultar conveniente aumentar las temperaturas de almacenamiento para lograr un deterioro mayor en menos tiempo. En cuanto a las mediciones de textura, se recomienda realizar más mediciones pues 9 mediciones por muestra no fue suficiente para determinar alguna tendencia. También se podría utilizar otro accesorio u otro tipo de test en el texturómetro. Es posible también basarse en otros análisis que conlleven mediciones más estables a lo largo del tiempo.

En estos tipos de galletas no es relevante realizar las mediciones de color, debido a que no presentan ningún comportamiento en específico a lo largo del tiempo de estudio y probablemente no es un factor que influya en la aceptabilidad por parte de los consumidores.

Por último se recomienda validar los tiempos de vida útil por medio de un estudio en tiempo real.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2010). *Estadística para negocios y economía*. México D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
- ASTM. (2005). Standard guide for sensory evaluation methods to determine sensory shelf life of consumer products. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Astiazarán, I., & Martínez, J. A. (2000). *Alimentos: Composición y Propiedades*. Madrid, España: McGraw Hill.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Pearson Educación.
- Baixauli, R., Salvador, A., & Fiszman, S. M. (2008). Textural and color changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *European Food Research and Technology*, 523-530.
- Betts, G. (2011). How to determine microbiological shelf-life of products. UK: Campden BRI .
- Boatella Riera, J., Codony Salcedo, R., & López Alegret, P. (2004). *Química y Bioquímica de los Alimentos II*. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.
- Bustamante Oyague, B. (2015). Estudio de la vida útil de galleta salada mediante la ecuación de Arrhenius. Perú: Universidad Nacional de Callao.
- Butler, G., Larmond, E., & Poste. (1991). *Laboratory methods for sensory analysis of food*. Ottawa: Research Branch Agriculture Canada.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2009). Bakery food manufacture and quality: water control and effects. John Wiley & Sons.
- Calligaris, S., Manzocco, L., Kravina, G., & Nicoli, M. C. (2007). Shelf-life Modeling of Bakery Products by Using Oxidation Indices . *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004-2009.
- Costell, E. (2002). *Evaluación sensorial de la textura de los alimentos*. Valencia, España: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos.
- Cruz, A. G., Walter, E. H., Silva Cadena, R., & Santana, A. S. (2010). Survival analysis methodology to predict the shelf-life of probiotic flavored yogurt. *Food Res*, 1444-1448.

- *Diccionario etimológico*. (2016). Obtenido de Radicación de la palabra Sensorial: <http://etimologias.dechile.net/?sensorial>
- Espinosa Manfugás, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. El Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Fellows, P. J. (2017). *Food Processing Technology (Fourth edition)*. Woodhead Publishing, Elsevier .
- Fernández, A., Rojas, E., García, A., Mejía, J., & Bravo, A. (2016). Evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas enriquecidas con subproductos proteicos de suero de quesería. *Revista Científica, Vol. XXVI, N° 2, 71-79*.
- Gambaro, A., Fiszman, S., Giménez, A., Varela, P., & Salvador, A. (2004). Consumer acceptability compared with sensory instrumental measures of white pan bread: Sensory shelf-life estimation by survival analysis. *Journal of Food Science. 69, S401-S405*.
- Goncalves, A., López-Caballero, M., & Núñez, M. (2003). Quality changes of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) packed in modified atmosphere. *Journal of Food Science, 2586-2590*.
- Hernández, E. (2005). *La Evaluación Sensorial*. Bogotá, D. C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- *Historia de la Galletas*. (s.f.). Obtenido de <https://www.curiosfera.com/historia-de-las-galletas/>
- Hough, G. (2010). *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*. Boca Raton, FL: Taylor and Francis Group, LLC.
- Hough, G., & Garitta, L. (2012). Methodology For Sensory Shelf Life Estimation: A Review. *Journal of Sensory Studies , 137-147*.
- IFST. (1993). Shelf life of foods: Guidelines for its determination and prediction. London: Institute of Food Science and Technology.
- *Instituto de la Galleta*. (s.f.). Obtenido de Nutrición y Salud: <http://institutodelagalleta.com/historia.php?cl=2>
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). *Stability of Shelf-life of Foods*. New York: CRC Press.

- Larmond, E. (1977). *Laboratory methods for sensory evaluation of foods*. Ottawa, Canada: Food Research Institute.
- Lee, J., & Resurrección, A. V. (2006). Consumer acceptance of roasted peanuts affected by storage temperature and humidity conditions . *LWT - Food Science and Technology*. 39, 872-882.
- MacFie, H., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. (1989). Design to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies* 4, 129-148.
- Manley, D. J. (1983). *Tecnología de la industria galletera. Galletas, crackers y otros horneados*. . Zaragoza, España: Acribia .
- Meeker, W. Q., & Escobar, L. A. (1990). *Statistical methods for reliability data*. New York: John Wiley & Sons.
- Meilgaard, Civille, & M. C. . (2007). *Sensory evaluation techniques*. Boca Raton: CRC Press.
- Montes Villanueva, N. D., & Trinidad, M. A. (2009). Estimating Sensory Shelf Life of Chocolate and Carrot Cupcakes using Acceptance Tests. *Journal of Sensory Studies*, 260-279.
- Navas Calderón, M. L. (2007). *Estimación de la vida útil sensorial y fisicoquímica de la mayonesa baja en grasa*. Bogotá, Colombia: Universidad De La Salle, Facultad de Ingeniería de Alimentos.
- O'Sullivan, M. (2017). *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development*. Woodhead Publishing.
- Pérez, M., Cosano, G., Gimeno, R., Alcalá, E., & Rodríguez, A. (2003). Evaluation of vacuum-packed sliced cooked chicken breast, shelf-life estimation. *Journal of Food Quality*, 105-122.
- Puma Isuiza, G. G., Liñan Perez, J. F., Coavoy Sánchez, I., Coronado Olano, J., Salas Valerio, W. F., & Vargas Delgado, L. F. (2018). Vida de anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. *Anales Científicos* 79, 218-225.



- Salvador, A., Varela, P., & Fiszman, S. (2007). Consumer acceptability and shelf life of "flor de invierno" pears (*Pyrus communis* L) under different storage conditions. *Journal of Sensory Studies* 22, 243-255.
- Sánchez-González, J. A., & Pérez Cueva, J. A. (2016). Vida útil sensorial del queso mantecoso por pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*, 215-222.
- Schmidt, K., & Bouma, J. (1992). Estimating shelf life of cottage cheese using hazard analysis. *J. Dairy Sci.*, 2922-2927.
- Sirpatrawan, U. (2009). Shelf life simulation of packaged rice crackers. *Journal of Food Quality* 32, 224-239.
- Talens Oliag, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Valero, A., Carrasco, E., & García-Gimeno, R. M. (2012). Principles and Methodologies for the Determination of Shelf-Life in Foods. En *Trends in Vital Food and Control Engineering*. Universidad de Córdoba, España: Centro Tecnológico del Cárnico.
- Van Boekel, M. A. (2008). Kinetic modeling of food quality: a critical review. En *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (págs. 144-158).
- Wade, P. (1988). Biscuits, Cookies and Crackers. The principles of the craft. Londres: Elsevier Applied Science.
- Witting De Penna, E. (2005). *Estudios de vida útil de alimentos: Un enfoque sensorial*. Lambayeque, Perú: VII: Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos .

## XII. ANEXOS

Anexo No. 1: Fechas correspondientes a los días de almacenamiento.

Fechas correspondientes a los días de almacenamiento de las galletas tipo **soda**.

Condición	Días de almacenamiento	Fecha
Cabina 1	43	12/04/19
	64	3/05/19
	92	31/05/19
	106	14/06/19
	127	5/07/19
	148	26/07/19
Cabina 2	43	12/04/19
	64	3/05/19
	92	31/05/19
	106	14/06/19
	127	5/07/19
	148	26/07/19
Ambiente	13	14/03/19
	82	21/05/19
	117	17/06/19

Fechas correspondientes a los días de almacenamiento de las galletas tipo **oblea rellena**.

Condición	Días de almacenamiento	Fecha
Cabina 1	30	29/03/19
	43	12/04/19
	57	26/04/19
	71	10/05/19
	85	24/05/19
	99	7/06/19
Cabina 2	30	29/03/19
	43	12/04/19
	57	26/04/19
	71	10/05/19
	85	24/05/19
	99	7/06/19
Ambiente	13	14/03/19
	82	21/05/19
	117	17/06/19

Anexo No. 2: Recopilación de condiciones ambientales.

Día	Temperaturas (°C)			Promedio (°C)	Humedad relativa (%)			Promedio (%)
1	22.3	22.2	22.0	22.2	71	70	68	69.7
2	21.9	23.3	22.2	22.5	70	68	70	69.3
3	21.7	22.2	20.6	21.5	64	67	65	65.3
4	22.2	22.3	22.2	22.2	64	62	64	63.3
5	22	23.2	20.7	22.0	52	62	57	57.0
6	21.3	21.1	21.0	21.1	64	67	67	66.0
7	22.3	20.6	21.1	21.3	71	70	71	70.7
8	22.2	21.8	19.1	21.0	64	64	52	60.0
9	20.0	19.7	20.3	20.0	67	67	68	67.3
10	21.9	21.8	20.1	21.6	71	70	70	70.3
11	20.1	19.1	19.2	19.5	72	72	74	72.7
12	22.3	21.9	20.7	21.6	71	72	72	71.7
13	19.8	19.1	19.8	19.6	72	73	72	72.3
14	21.9	21.8	20.1	21.3	71	70	74	71.7
15	19.8	19.3	20.3	19.8	72	79	72	74.3
16	21.2	20.5	20.7	20.8	77	78	79	78.0
17	20.1	19.7	19.8	19.9	72	70	70	70.7
18	20.3	20.0	20.7	20.3	74	73	70	72.3
19	19.9	19.4	19.3	19.5	70	73	74	72.3
20	21.9	21.7	22.3	22.0	74	72	72	72.7
21	22.2	21.2	21.1	21.5	73	72	72	72.3
22	20.7	20.1	20.0	20.3	74	71	72	72.3
23	22.2	23.1	21.9	22.4	71	70	74	71.7
24	20.1	19.7	19.8	19.9	72	79	72	74.3
25	20.3	20.0	20.7	20.3	71	70	70	70.3
26	21.7	22.2	20.6	21.5	72	72	74	72.7
27	22.2	22.3	22.2	22.2	73	72	72	72.3
28	19.9	19.4	19.3	19.5	74	71	72	72.3
29	21.9	21.7	22.3	22.0	71	70	74	71.7
30	22.2	21.2	21.1	21.5	77	78	79	78.0

Anexo No. 3: Número de respuestas correctas necesarias para establecer diferencia significativa en una prueba triangular.

Número de juicios	Nivel de significancia		
	5%	1%	0.1%
7	5	6	7
8	6	7	8
9	6	7	8
10	7	8	9
11	7	8	9
12	8	9	10
13	8	9	10
14	9	10	11
15	9	10	12
16	10	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14
20	11	13	14
21	12	13	15
22	12	14	15
23	13	14	16
24	13	14	16
25	13	15	17
35	18	19	21
40	20	22	24
45	22	24	26
50	24	26	28
60	28	30	33
70	32	34	37
80	35	38	41
85	37	40	43

(Hernández, 2005)

Anexo No. 4: Hojas maestras para las evaluaciones sensoriales.

Hoja maestra para la prueba triangular de evaluación del método de congelamiento para el almacenamiento de las muestras ambiente de las galletas tipo **soda**.

<b>A</b>	<b>Referencia</b>	713	318
<b>B</b>	<b>Congelada</b>	189	632

<b>MASTER SHEET</b>					
<b>Panelista</b>	<b>Orden</b>	<b>Códigos</b>			<b>Diferente</b>
<b>1</b>	AAB	713	318	189	189
<b>2</b>	ABA	713	189	318	189
<b>3</b>	BAA	189	713	318	189
<b>4</b>	ABB	713	189	632	713
<b>5</b>	BAB	189	713	632	713
<b>6</b>	BBA	189	632	713	713
<b>7</b>	AAB	713	318	632	632
<b>8</b>	ABA	713	632	318	632
<b>9</b>	BAA	632	713	318	632
<b>10</b>	ABB	318	189	632	318
<b>11</b>	BAB	189	318	632	318
<b>12</b>	BBA	189	632	318	318

Hoja maestra para la prueba triangular de evaluación del método de congelamiento para el almacenamiento de las muestras ambiente de las galletas tipo **oblea rellena**.

<b>A</b>	<b>Referencia</b>	359	907
<b>B</b>	<b>Congelada</b>	542	212

<b>MASTER SHEET</b>					
<b>Panelista</b>	<b>Orden</b>	<b>Códigos</b>			<b>Diferente</b>
<b>1</b>	AAB	359	907	542	542
<b>2</b>	ABA	359	542	907	542
<b>3</b>	BAA	542	359	907	542
<b>4</b>	ABB	359	542	212	359
<b>5</b>	BAB	542	359	212	359
<b>6</b>	BBA	542	212	359	359
<b>7</b>	AAB	359	907	212	212
<b>8</b>	ABA	359	212	907	212
<b>9</b>	BAA	212	359	907	212
<b>10</b>	ABB	907	542	212	907
<b>11</b>	BAB	542	907	212	907
<b>12</b>	BBA	542	212	907	907

Hoja maestra utilizada para las pruebas sensoriales de galletas tipo **soda**.

<b>Panelista</b>	<b>Orden día 1</b>					
1	849	228	232	934	497	406
2	232	497	934	228	406	849
3	232	934	497	228	849	406
4	228	934	497	232	406	849
5	849	406	228	497	934	232
6	406	849	934	497	228	232
7	406	934	228	232	497	849
8	934	232	228	497	849	406
<b>Panelista</b>	<b>Orden día 2</b>					
1	712	851	579	93	243	165
2	579	243	93	851	165	712
3	579	93	243	851	712	165
4	851	93	243	579	165	712
5	712	165	851	243	93	579
6	165	712	93	243	851	579
7	165	93	851	579	243	712
8	93	579	851	243	712	165
<b>Panelista</b>	<b>Orden día 3</b>					
1	681	565	113	627	918	726
2	113	918	627	565	726	681
3	113	627	918	565	681	726
4	565	627	918	113	726	681
5	681	726	565	918	627	113
6	726	681	627	918	565	113
7	726	627	565	113	918	681
8	627	113	565	918	681	726

Hoja maestra utilizada para las pruebas sensoriales de galletas tipo **oblea rellena**.

<b>Panelista</b>	<b>Orden día 1</b>					
1	795	513	147	195	962	504
2	147	962	195	513	504	795
3	147	195	962	513	795	504
4	513	195	962	147	504	795
5	795	504	513	962	195	147
6	504	795	195	962	513	147
7	504	195	513	147	962	795
8	195	147	513	962	795	504
<b>Panelista</b>	<b>Orden día 2</b>					
1	184	329	923	51	815	722
2	923	815	51	329	722	184
3	923	51	815	329	184	722
4	329	51	815	923	722	184
5	184	722	329	815	51	923
6	722	184	51	815	329	923
7	722	51	329	923	815	184
8	51	923	329	815	184	722
<b>Panelista</b>	<b>Orden día 3</b>					
1	388	675	749	240	293	109
2	749	293	240	675	109	388
3	749	240	293	675	388	109
4	675	240	293	749	109	388
5	388	109	675	293	240	749
6	109	388	240	293	675	749
7	109	240	675	749	293	388
8	240	749	675	293	388	109



Anexo No. 5: Cuestionarios de las evaluaciones sensoriales realizadas.

Cuestionario usado para la prueba triangular de evaluación del método de congelamiento para el almacenamiento de las muestras ambiente.

Universidad del Valle de Guatemala  
Análisis Sensorial de Alimentos

**EVALUACIÓN SENSORIAL**

Por favor marque una opción.

**Género:**

F      M

**Edad:**

Menor de 18 años      18 – 24 años      25 – 32 años      33 – 39 años      Mayor de 40 años

**INSTRUCCIONES:** Pruebe las tres muestras que tiene enfrente, de izquierda a derecha, tomando agua entre cada una. De estas tres, dos son iguales y una diferente. Escriba el número de la muestra que es DIFERENTE a las otras dos. Usted debe escoger únicamente una muestra.

NOTA: No es necesario que coma toda la muestra.

Muestra diferente: \_\_\_\_\_

¡GRACIAS!

Cuestionario de atributos a medir en galletas tipo **soda**, por panel entrenado.

Nombre: \_\_\_\_\_

**TOME UN SORBO DE AGUA PARA ENJUAGARSE LA BOCA.  
Recuerde hacer esto antes de probar cada muestra.**

**CUANDO RESPONDA CUALQUIER PREGUNTA, ASEGÚRESE DE QUE EL  
NÚMERO DE MUESTRA COINCIDA CON EL NÚMERO EN LA BOLETA.**

**GALLETAS SODA**

Pruebe cada muestra de galleta que se le irá entregando y evalúe los atributos utilizando la escala de 0 a 15. Puede usar incrementos de 0.5.

- 0: Ninguno
- 2: Apenas detectable
- 5: Moderado
- 10: Fuerte
- 15: Extremo

Descriptor						
Rancio						
Tostado						
Bicarbonato						
<b>Residual</b>						
Rancio						
Tostado						
Bicarbonato						

Cuestionario de atributos a medir en galletas tipo **oblea rellena**, por panel entrenado.

Nombre: \_\_\_\_\_

**TOME UN SORBO DE AGUA PARA ENJUAGARSE LA BOCA.  
Recuerde hacer esto antes de probar cada muestra.**

**CUANDO RESPONDA CUALQUIER PREGUNTA, ASEGÚRESE DE QUE EL  
NÚMERO DE MUESTRA COINCIDA CON EL NÚMERO EN LA BOLETA.**

**GALLETAS WAFFLE**

Pruebe cada muestra de galleta que se le irá entregando y evalúe los atributos utilizando la escala de 0 a 15. Puede usar incrementos de 0.5.

- 0: Ninguno
- 2: Apenas detectable
- 5: Moderado
- 10: Fuerte
- 15: Extremo

Descriptor						
Dulce						
Leche						
Rancio						
<b>Residual</b>						
Dulce						
Harina						
Rancio						

Cuestionario de atributos de textura a medir en ambos tipos de galleta, por panel entrenado.

**CUESTIONARIO: EVALUACIÓN DE TEXTURA**

**TOME UN SORBO DE AGUA PARA ENJUAGARSE LA BOCA**

**Recuerde hacer esto antes de probar cada muestra.**

**CUANDO RESPONDA CUALQUIER PREGUNTA, ASEGÚRESE DE QUE EL NÚMERO EN EL VASO COINCIDA CON EL NÚMERO EN LA BOLETA.**

**GALLETAS**

**Analice las características de textura (Revise su hoja de referencias) usando el orden del siguiente cuadro.**

**Dureza:** Con las muelas. FUERZA que se necesita hacer con los molares para deformar la muestra.

**Crujencia:** Con las muelas. VOLUMEN del sonido al masticar.

**Adhesividad:** Con los molares o incisivos (“colmillos”). NIVEL DE DEFORMACIÓN de la muestra.

Muestra							
PRIMERA MORDIDA	Dureza						
	Crujencia						
DURANTE EL CONSUMO	Dureza						
	Crujencia						
	Adhesividad						

Boleta de evaluación de aceptabilidad de las muestras, por panel de consumidor.

**Género:**  
F  M

**Edad:**  
Menor de 18 años      18 – 24 años      25 – 32 años      33 – 39 años      Mayor de 40 años

**INSTRUCCIONES:** Pruebe las siguientes muestras, una por una, de izquierda a derecha. Beba agua entre cada una. Escriba el código de la muestra que va a evaluar en el espacio indicado y marque qué tanto le gusta. No es necesario que coma toda la muestra.

Código de la muestra: \_\_\_\_\_

**Marque en la escala CUÁNTO LE GUSTA la muestra.**

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

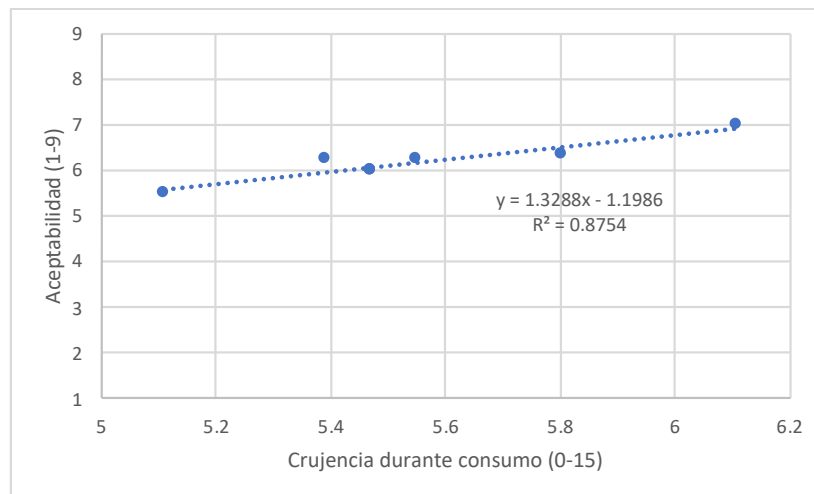
**Marque en la escala CUÁNTO LE GUSTA LA TEXTURA de la muestra.**

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

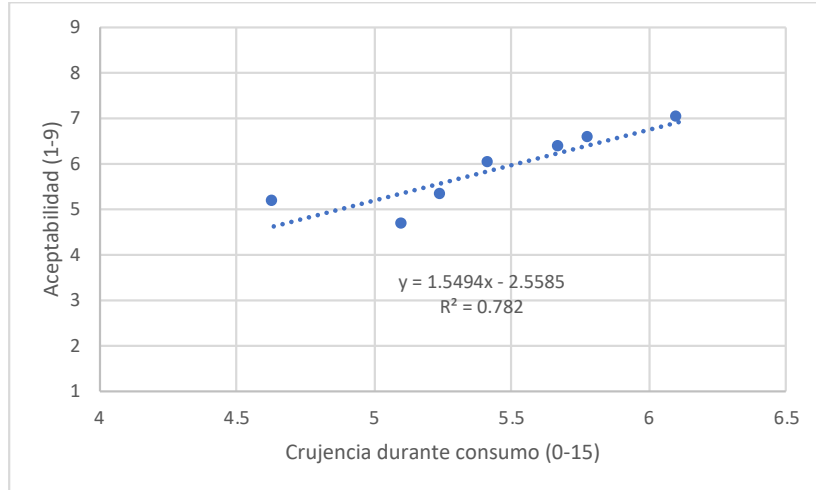
**Marque en la escala CUÁNTO LE GUSTA EL SABOR de la muestra.**

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

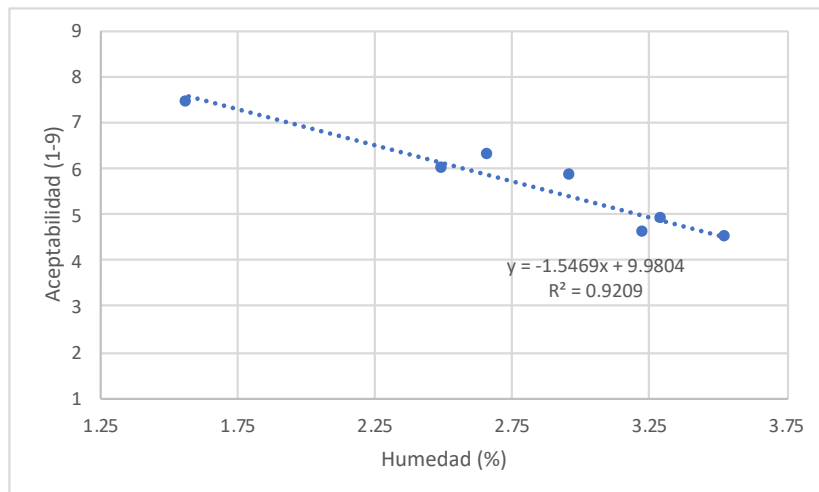
Anexo No. 6: Aceptabilidad de las muestras respecto al descriptor crítico.



Aceptabilidad de textura de galletas tipo **soda cabina 1**, respecto a la calificación del panel entrenado del descriptor crítico “crujencia durante consumo”.



Aceptabilidad de textura de galletas tipo **soda cabina 2**, respecto a la calificación del panel entrenado del descriptor crítico “crujencia durante consumo”.

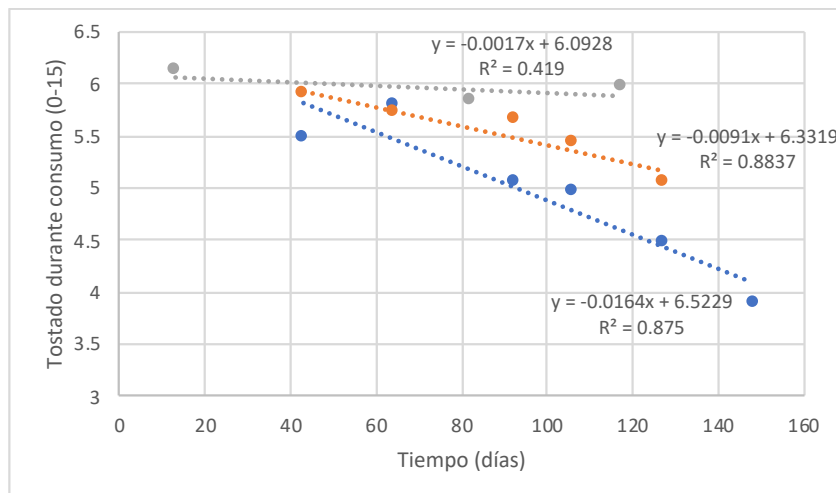


Aceptabilidad de textura de galletas tipo **oblea rellena cabina 1**, respecto al descriptor crítico “humedad” de las muestras.

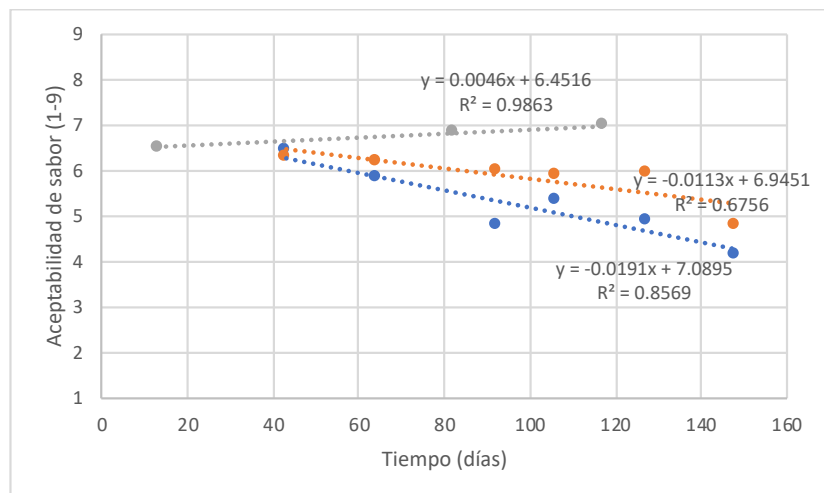
Anexo No. 7: Comparación entre descriptores críticos potenciales para la determinación de la vida útil de galletas tipo **soda**.

Comparación entre descriptores críticos potenciales en galletas tipo **soda**, según la aceptabilidad de los consumidores.

Galleta	Aceptabilidad	Descriptor
Tipo soda	Textura	Crujencia durante consumo
	Sabor	Tostado durante consumo



Calificación por panel entrenado del atributo tostado durante consumo en galletas tipo **soda**, a lo largo del tiempo de almacenamiento.



Aceptabilidad de sabor de galletas tipo **soda** a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Valores (S) por debajo de los cuales la aceptabilidad del producto almacenado se habrá reducido significativamente basado en una escala de aceptabilidad de 9 puntos.

Descriptor	Valor S (aceptabilidad en escala de 1-9)		Error del promedio de cuadrados	
	Cabina 1	Cabina 2	Cabina 1	Cabina 2
Crujencia durante consumo	6.535	6.499	2.112	2.426
Tostado durante consumo	6.439	6.396	2.013	2.381

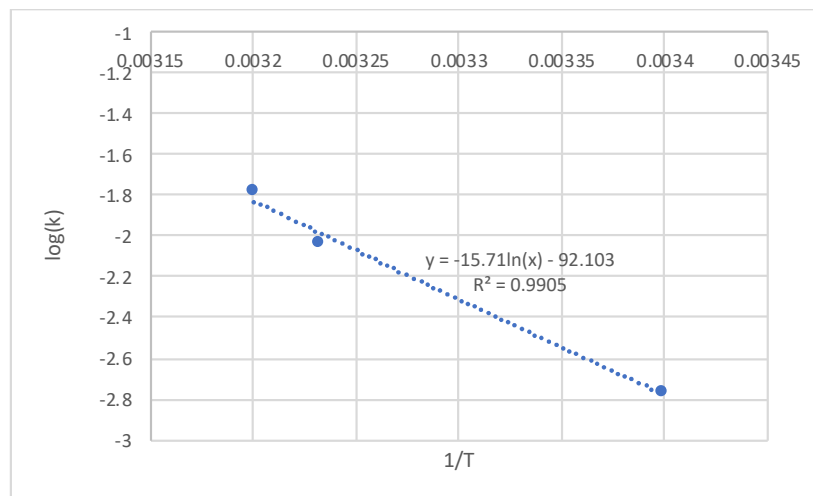
Comparación de puntos de corte obtenidos en galletas tipo **soda**, según los descriptores potenciales.

Metodología	Puntos de corte			
	Calculados utilizando el error promedio de cuadrados		Calculados a partir de una aceptabilidad de 5 por parte de los consumidores	
	Cabina 1	Cabina 2	Cabina 1	Cabina 2
Almacenamiento				
Calificación de crujencia durante consumo	5.820	5.845	4.792	4.987
Calificación de tostado durante consumo	5.679	5.534	4.767	4.735



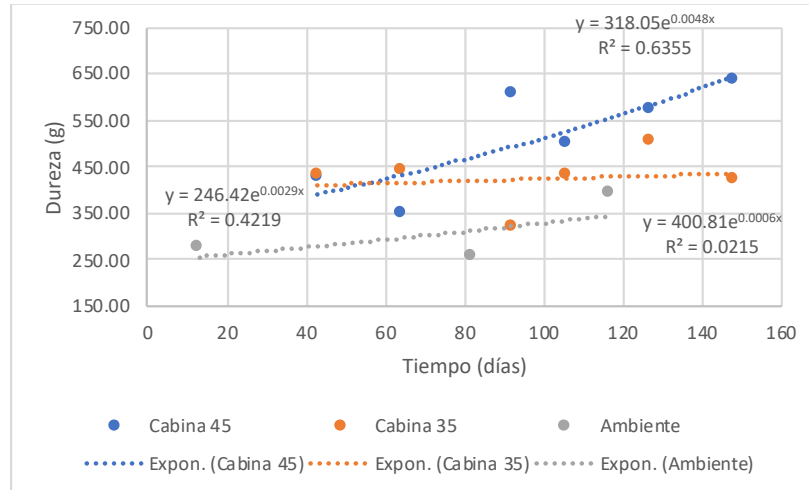
Vida útil a 25°C determinada a partir de los descriptores críticos potenciales de las galletas tipo **soda**.

Descriptor	Velocidad de deterioro (k) a 25°C	Calificación inicial de cada atributo	Calificación límite (punto de corte)	Vida útil a 25°C
Crujencia durante consumo	0.0033766	6.111	4.987	332 días (11 meses)
Tostado durante consumo	0.0025483	5.778	4.767	396 días (13 meses)

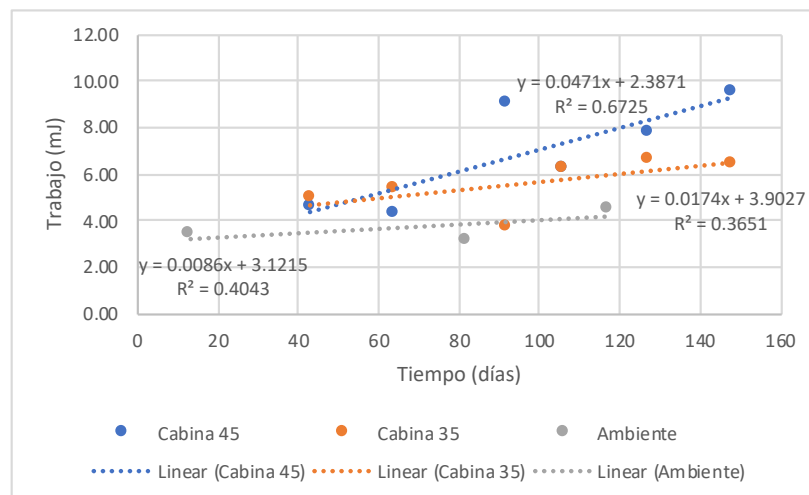


Gráfica para la obtención de la velocidad de deterioro (k) a 25°C, para las galletas tipo **soda** según el atributo “tostado durante consumo”.

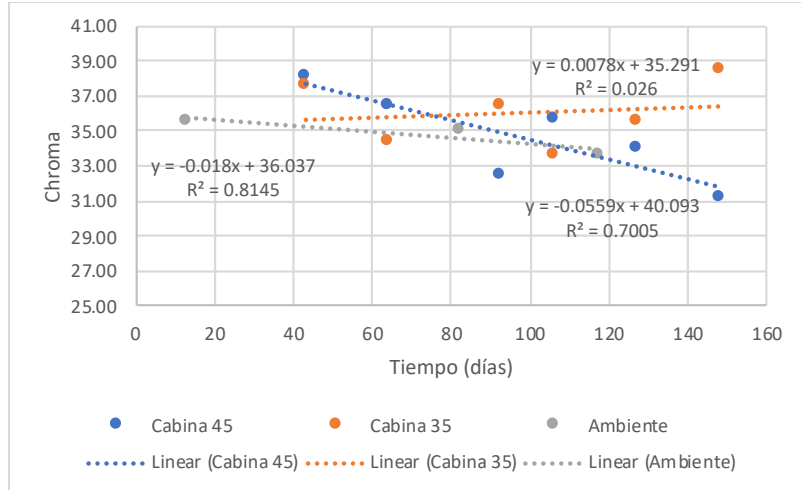
Anexo No. 8: Atributos correlacionados con la aceptación de textura de galletas tipo **oblea rellena**.



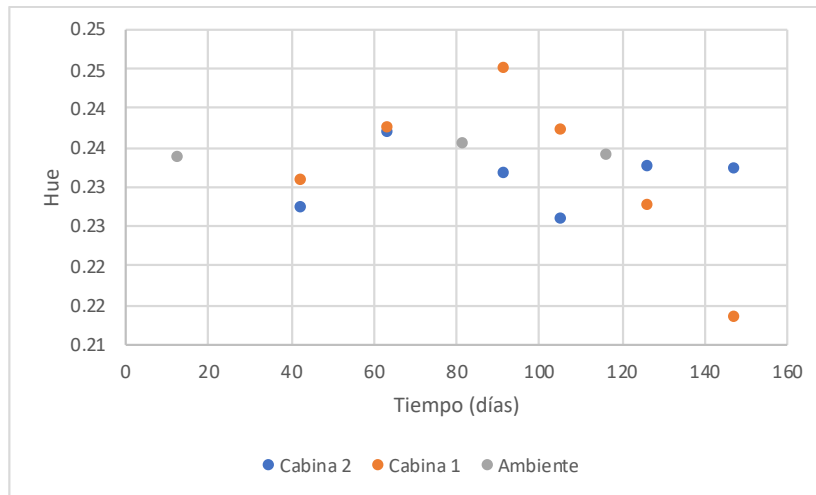
Dureza instrumental de galletas tipo **oblea rellena**, a lo largo del tiempo de almacenamiento.



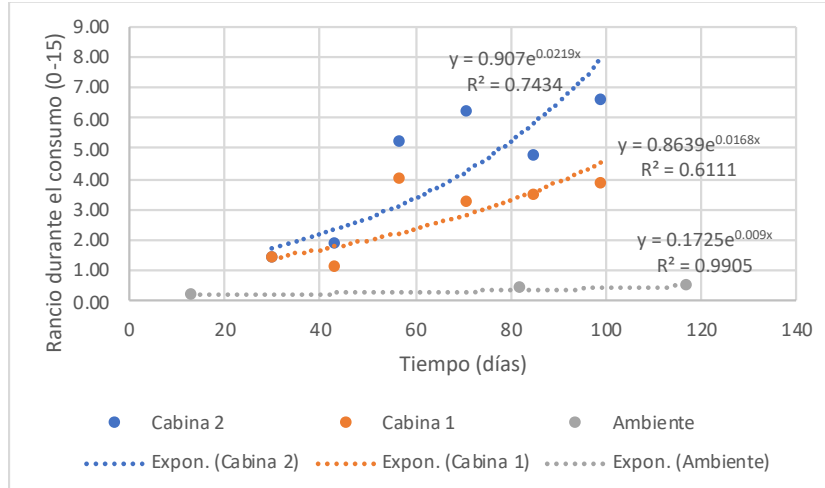
Trabajo de deformación de galletas tipo **oblea rellena**, a lo largo del tiempo de almacenamiento



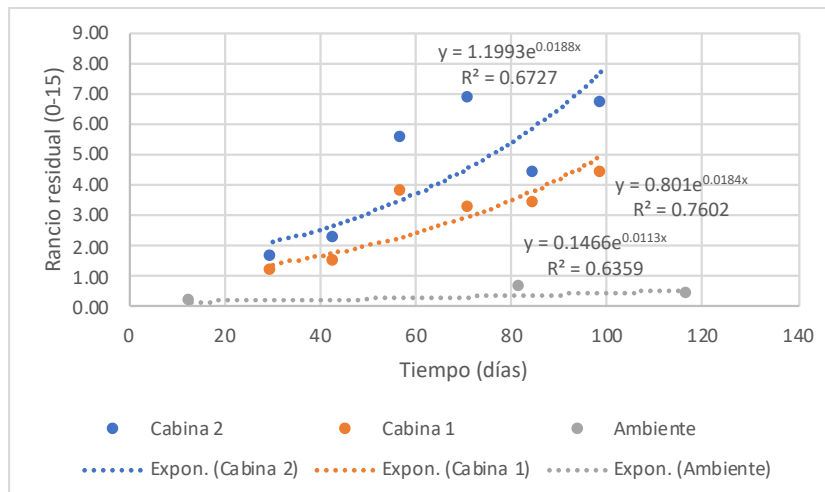
Pureza de color de galletas tipo **oblea rellena**, a lo largo del tiempo de almacenamiento.



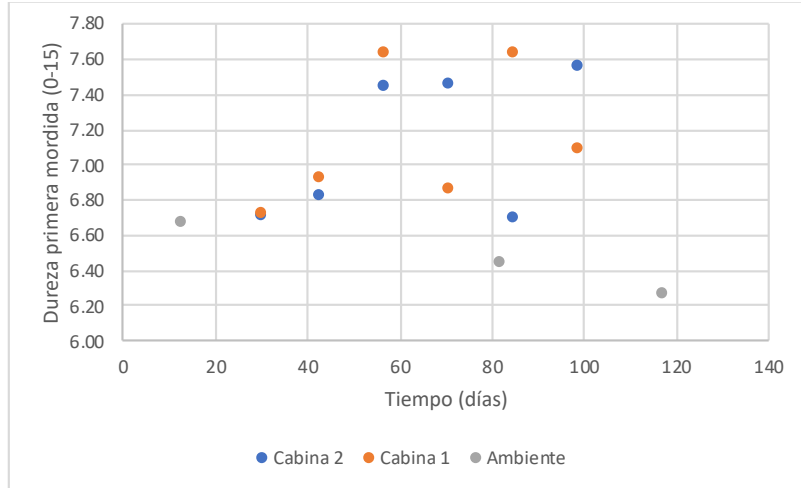
Tonalidad de galletas tipo **oblea rellena**, a lo largo del tiempo de almacenamiento.



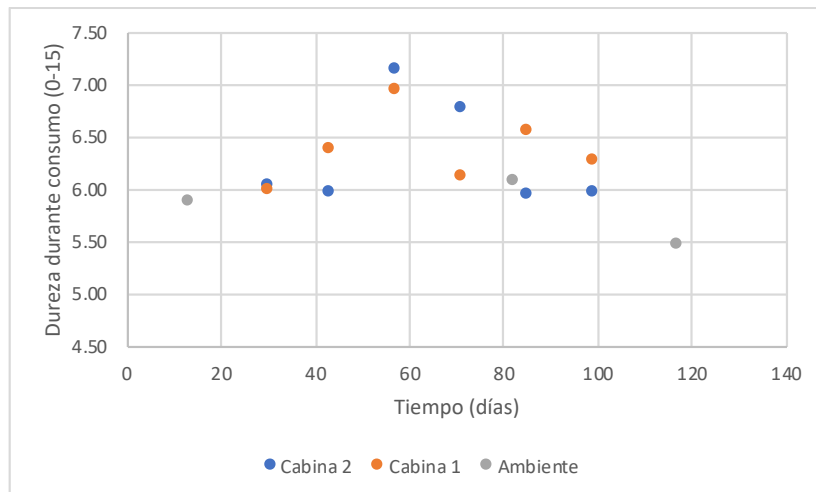
Calificación del atributo “rancio durante consumo” del panel entrenado, de galletas tipo **oblea rellena** a lo largo del tiempo de almacenamiento.



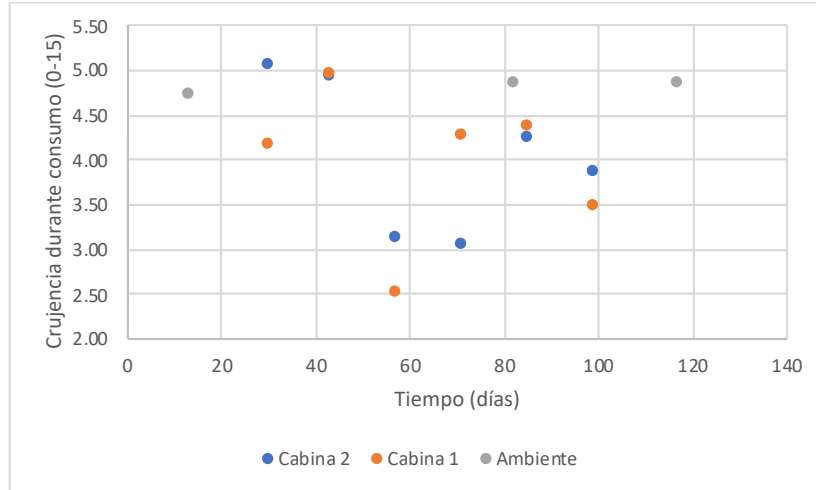
Calificación del atributo “rancio residual” del panel entrenado, de galletas tipo **oblea rellena** a lo largo del tiempo de almacenamiento.



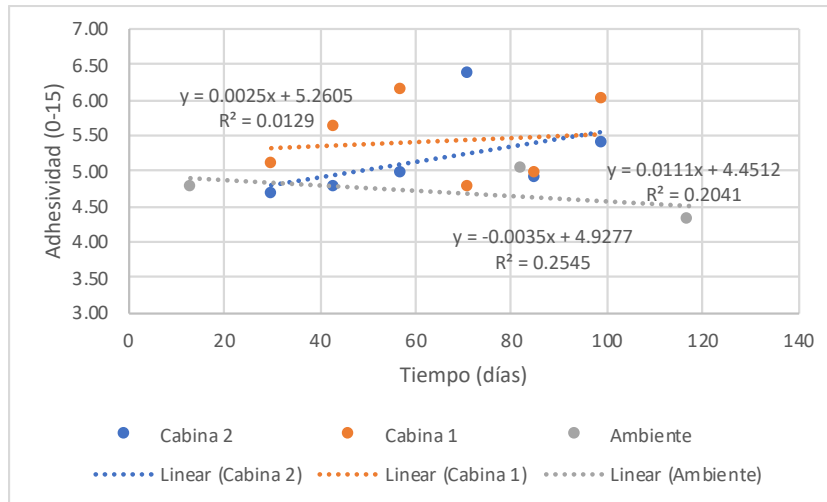
Calificación del atributo “rancio primera mordida” del panel entrenado, de galletas tipo **oblea rellena** a lo largo del tiempo de almacenamiento.



Calificación del atributo “dureza durante consumo” del panel entrenado, de galletas tipo **oblea rellena** a lo largo del tiempo de almacenamiento.



Calificación del atributo “crujencia durante consumo” del panel entrenado, de galletas tipo **oblea rellena** a lo largo del tiempo de almacenamiento.



Calificación del atributo “adhesividad” del panel entrenado, de galletas tipo **oblea rellena** a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Anexo No. 9: Resultados de correlación obtenidos en RStudio.

```

Call:
lm(formula = general ~ ., data = soda)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.9660 -0.5537 -0.0142  0.5102  4.8607

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.2775191  2.4450037   0.523   0.601
textura      0.3193157  0.0255601  12.493 <2e-16 ***
sabor       0.4534518  0.0263214  17.228 <2e-16 ***
humedad    -0.2854599  0.6338503  -0.450   0.653
aw         3.4919662  5.7022041   0.612   0.540
dureza      0.0004612  0.0009771   0.472   0.637
deformacion 0.7462118  0.6932814   1.076   0.282
trabajo     0.1655773  0.1890401   0.876   0.381
chroma      0.0405471  0.0878223   0.462   0.644
hue        -0.0394961  0.1387885  -0.285   0.776
tostadoD   -0.0122954  0.4181278  -0.029   0.977
tostadoR    0.0564569  0.3834466   0.147   0.883
rancioD    -0.5914888  0.6199461  -0.954   0.340
rancioR     0.4912114  0.4690946   1.047   0.295
durezaP    -0.4655096  0.6838065  -0.681   0.496
crujenciaP -1.0006751  0.8286309  -1.208   0.228
durezaD     0.2220043  0.4962413   0.447   0.655
crujenciaD  0.9172194  1.0482939   0.875   0.382
adhesividadD 0.0127193  0.2128713   0.060   0.952
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Atributos respecto a la aceptabilidad general en galletas tipo **soda**.

```

Call:
lm(formula = textura ~ ., data = soda)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.2995 -0.5972  0.0663  0.7528  4.3439

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.0867222  2.9279564  -0.713  0.4762
general      0.4580389  0.0366644  12.493 <2e-16 ***
sabor        0.3692455  0.0341745  10.805 <2e-16 ***
humedad      0.3302561  0.7591560   0.435  0.6636
aw           0.7435253  6.8307808   0.109  0.9133
dureza       0.0004188  0.0011704   0.358  0.7206
deformacion -1.5905372  0.8291847  -1.918  0.0554 .
trabajo      -0.4303046  0.2260559  -1.904  0.0573 .
chroma       -0.0702090  0.1051696  -0.668  0.5046
hue          0.1548742  0.1661524   0.932  0.3515
tostadoD     0.2312643  0.5007253   0.462  0.6443
tostadoR     0.6033716  0.4588168   1.315  0.1888
rancioD      0.8720620  0.7423063   1.175  0.2404
rancioR     -0.7223187  0.5616540  -1.286  0.1988
durezaP      1.1185117  0.8183515   1.367  0.1720
crujenciaP   2.0965782  0.9907973   2.116  0.0346 *
durezaD     -0.3133602  0.5943132  -0.527  0.5981
crujenciaD  -2.6826867  1.2529001  -2.141  0.0325 *
adhesividadD -0.0052177  0.2549523  -0.020  0.9837
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Atributos respecto a la aceptabilidad de textura en galletas tipo **soda**.



```

Call:
lm(formula = sabor ~ ., data = soda)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.7582 -0.5803  0.0864  0.5775  3.4161

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   6.902161   2.663460    2.591  0.00971 **
general        0.541906   0.031456   17.228 < 2e-16 ***
textura        0.307628   0.028472   10.805 < 2e-16 ***
humedad        0.456989   0.692832    0.660  0.50968
aw            -8.493658   6.228533   -1.364  0.17301
dureza        -0.001408   0.001067   -1.319  0.18742
deformacion    0.154402   0.758354    0.204  0.83871
trabajo        0.259042   0.206566    1.254  0.21015
chroma         0.003429   0.096018    0.036  0.97152
hue           -0.028392   0.151726   -0.187  0.85160
tostadoD      -0.916274   0.456085   -2.009  0.04483 *
tostadoR       0.148491   0.419157    0.354  0.72323
rancioD       -0.439797   0.677902   -0.649  0.51666
rancioR        0.144069   0.513097    0.281  0.77894
durezaP       -0.469107   0.747560   -0.628  0.53048
crujenciaP    -0.872021   0.906117   -0.962  0.33612
durezaD       -0.320825   0.542442   -0.591  0.55437
crujenciaD     1.527226   1.145351    1.333  0.18273
adhesividadD -0.031766   0.232707   -0.137  0.89145
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Atributos respecto a la aceptabilidad de sabor en galletas tipo **soda**.

```

Call:
lm(formula = general ~ ., data = wafer)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.8310 -0.6369 -0.0228  0.5379  6.0062

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.0732644  2.4210759   0.856   0.392
textura      0.3057546  0.0265179  11.530 <2e-16 ***
sabor       0.4067472  0.0277548  14.655 <2e-16 ***
humedad     0.1362368  0.2767199   0.492   0.623
aw          1.7321815  3.5644225   0.486   0.627
dureza      0.0022328  0.0027590   0.809   0.419
deformacion 0.0879890  0.2349094   0.375   0.708
trabajo     -0.1165390  0.1580329  -0.737   0.461
chroma      -0.0002254  0.0332800  -0.007   0.995
hue         -4.2876634  9.8406924  -0.436   0.663
rancioD     -0.1703978  0.4721563  -0.361   0.718
rancioR      0.0893875  0.3731399   0.240   0.811
durezaP     -0.2741473  0.2512796  -1.091   0.276
crujenciaP  0.1764454  0.3539454   0.499   0.618
durezaD     0.3782508  0.2899748   1.304   0.192
crujenciaD  -0.2265918  0.5747454  -0.394   0.693
adhesividad -0.1702426  0.3342845  -0.509   0.611
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Atributos respecto a la aceptabilidad general en galletas tipo **oblea rellena**.

```

Call:
lm(formula = textura ~ ., data = wafer)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.8170 -0.7232  0.0696  0.7979  5.1542

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.181427   2.782549    1.143 0.253183
general        0.404116   0.035049   11.530 < 2e-16 ***
sabor          0.403335   0.032826   12.287 < 2e-16 ***
humedad       -1.198193   0.315771   -3.795 0.000157 ***
aw             5.323160   4.094691    1.300 0.193913
dureza        -0.009849   0.003157   -3.120 0.001863 **
deformacion    0.032002   0.270082    0.118 0.905704
trabajo        0.567968   0.180792    3.142 0.001733 **
chroma        -0.130833   0.038023   -3.441 0.000605 ***
hue           -25.809962  11.283249   -2.287 0.022390 *
rancioD        1.552056   0.540495    2.872 0.004176 **
rancioR       -1.474225   0.426299   -3.458 0.000568 ***
durezaP        0.861103   0.287703    2.993 0.002834 **
crujenciaP    -0.731045   0.406271   -1.799 0.072275 .
durezaD       -0.849638   0.332522   -2.555 0.010771 *
crujenciaD     1.407815   0.659219    2.136 0.032971 *
adhesividad    1.313621   0.381976    3.439 0.000609 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Atributos respecto a la aceptabilidad de textura en galletas tipo **oblea rellena**.

```

Call:
lm(formula = sabor ~ ., data = wafer)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.2517 -0.6481  0.1106  0.7704  4.7253

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.990270   2.564447  -0.386   0.6995
general      0.456064   0.031120  14.655 <2e-16 ***
textura      0.342164   0.027847  12.287 <2e-16 ***
humedad      0.282788   0.292909   0.965   0.3346
aw          -6.328567   3.769174  -1.679   0.0935 .
dureza       0.002163   0.002922   0.740   0.4593
deformacion  0.213521   0.248665   0.859   0.3907
trabajo     -0.257663   0.167177  -1.541   0.1236
chroma       0.080235   0.035143   2.283   0.0226 *
hue         14.021707  10.411251   1.347   0.1784
rancioD     -0.342867   0.499871  -0.686   0.4929
rancioR      0.217696   0.395063   0.551   0.5817
durezaP     -0.313482   0.266050  -1.178   0.2390
crujenciaP  0.018592   0.374838   0.050   0.9605
durezaD      0.540654   0.306824   1.762   0.0784 .
crujenciaD  -0.233921   0.608595  -0.384   0.7008
adhesividad -0.341678   0.353844  -0.966   0.3345
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Atributos respecto a la aceptabilidad de sabor en galletas tipo **oblea rellena**.